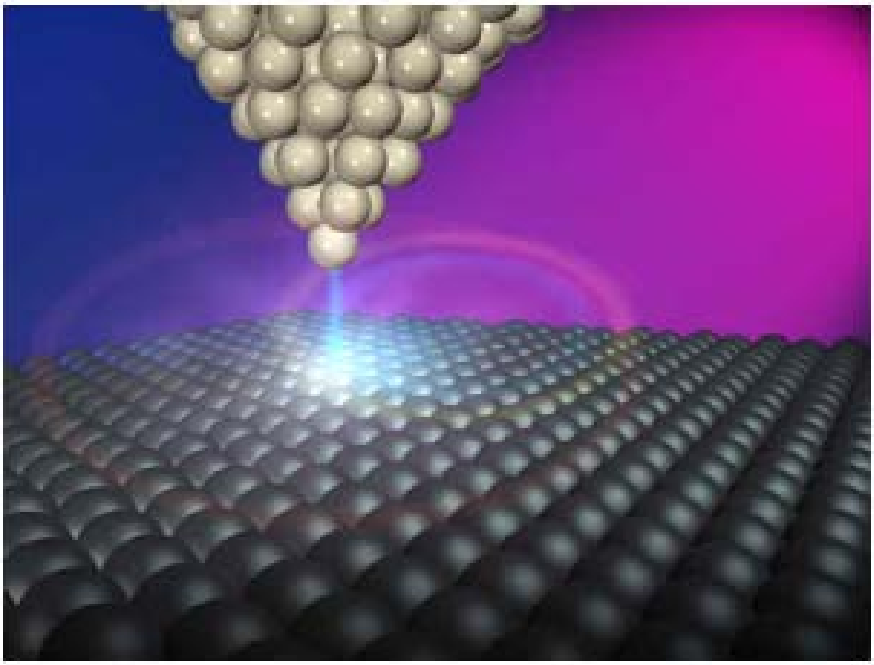
ریاست جمهوری

دبیرخانه ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

گذری بر کاربردهای فناوری نانو

به همراه

درخت صنعت نانو (کاربردهای فناوری نانو)



فضای جهانی– شماره ۲/۱

ویرایش اول

مهر ۱۳۸۳

بسمه تعالی

ریاست جمهوری

دبیرخانه ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

گذری بر کاربردهای فناوری نانو

به همراه

درخت صنعت نانو (کاربردهای فناوری نانو)

فضای جهانی– شماره ۲/۱

ویرایش اول

مهر ۱۳۸۳

عنوان گزارش: گذری بر کاربردهای فناوری‌نانو به همراه درخت صنعت نانو(کاربردهای فناوری‌نانو)
ویرایش: اول
تاریخ ویرایش: مهر ۱۳۸۳
آدرس دبیرخانه: تهران – بزرگراه چمران- صدمتر بالاتر از پل گیشا- جنب پمپ بنـزین- انتهـای کوچـه هـشتم- پلاک ۲۴- دبیرخانه ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
صندوق پستی: ۱۳۳۶-۱۴۳۹۵
تلفن: ۸۰۲۷۱۳۵
دورنگار: ۸۰۲۷۱۳۴
آدرس سایت: www.IranNano.org
پست الکترونیکی: setad@ IranNano.org

پیشگفتار دبیرخانه ستاد

ستاد ویژهٔ توسعه فناوری نانو بر این باور است که موفقیت در یک فناوری مهم و آینده‌ساز جز با برنامه‌ریزی و پیگیری بلندمدت ممکن نخواهد بود. ضرورت تدوین برنامهٔ بلندمدت در اولین جلسهٔ ستاد مورد تاکید جناب آقای رییس جمهور بود و ماموریت اصلی نیز توسط ایشان اعلام گردید. در جلسات هماهنگی ستاد نیز این مهم بارها مورد تاکید قرار گرفته است و تدوین آن به دبیرخانهٔ ستاد محول گشت.

در برنامهٔ بلندمدت توسعه فناوری نانو، باید جایگاه تک‌تک بازیگران عرصه فناوری نانو در کشور، از دانشگاه‌ها گرفته تا شرکت‌های تجاری مشخص شود و برای هر بخش از کشور بسته به ظرفیت‌ها و توانمندی‌های آن بخش، نقشی در زمینه توسعه فناوری نانو پیش‌بینی شود. ناگفته پیداست که تدوین چنین برنامه جامعی نیازمند داشتن اطلاعات و تحلیل‌های وسیعی هم در مورد فضای داخلی و هم در بعد جهانی است.

دبیرخانه ستاد در راستای تدوین برنامه بلندمدت توسعهٔ فناوری نانو کشور از زمان تشکیل خود اقدام به تشکیل گروه‌های مطالعاتی مختلف در زمینه‌های مورد نیاز کرد. مهم‌ترین فعالیت‌های مطالعاتی تعریف شده به تفکیک فضای جهانی و فضای داخلی عبارتند از:

الف: فضای جهانی نانو

۱. وضعیت سرمایه‌گذاری‌های بخش خصوصی و سرمایه گذاری خطرپذیر در جهان
۲. شناسایی فناوری‌های نانو و حوزه‌های کاربرد آن (نقشه فناوری نانو)
۳. بررسی مراکز علمی و پژوهشی فعال در فناوری نانو در جهان
۴. شناسایی بازارهای حال و آینده فناوری نانو
۵. رفتار دولت‌های جهان در فناوری نانو
۶. آموزش فناوری نانو در جهان
۷. بررسی رفتار شرکت‌های جهان در مواجهه با فناوری نانو
۸. بررسی جهانی شاخص‌های توسعهٔ علم و فناوری نانو (مقالات و پتنتها)

۹. شناسایی شبکه‌های فناوری نانو جهان

ب: فضای داخلی

۱. موانع و راهکارهای توسعه سرمایه‌گذاری در فناوری نانو در ایران به‌ویژه توسط بخش خصوصی
۲. چشم‌انداز ۲۰ سالهٔ کشور و فرصتها و جهت‌گیری‌های توسعه و معضلات ملی و تأثیرات فناوری نانو در آنها
۳. بررسی تجربهٔ کشور در فناوری‌های جدید
۴. شناسایی متخصصان کشور
۵. شناسایی تجهیزات آزمایشگاهی و دیگر زیرساختهای موجود کشور

نتیجه این مطالعات به صورت گزارش‌های مختلف انتشار می‌یابد تا همه علاقمندان به فناوری نانو در کشور به ویژه سیاستگذارن، مدیران بخش‌های دولتی و خصوصی و کارشناسان دستگاه‌های درگیر بتوانند با داشتن اطلاعات کافی، سیاست‌ها و تصمیم‌های درستی در جهت توسعه فناوری نانو اتخاذ کنند.

به‌دلیل استمرار فعالیت گروه‌های مطالعاتی، گزارش‌های منتشر شده از طرف دبیرخانه همواره در حال تکمیل و اصلاح است و ممکن است در ویرایش‌های اول دارای نقایصی باشند. دبیرخانه ستاد از هرگونه پیشنهاد اصلاحی از طرف خوانندگان محترم استقبال می‌نماید.

در گزارش حاضر کاربردهای فناوری‌نانو را در صنایع مختلف بررسی کرده، ودر آخر نیز درخت صنعت نانوفناوری ارائه می‌شود.

فهرست مطالب

خلاصه ۱

کاربردهای نزدیک (۲ تا ۳ سال) ۱

کاربردهای میان‌مدت(۴ تا ۷ سال) ۱

کاربردهای دور(۸ سال و بیشتر) ۲

۱- صنایع هوافضا و دفاعی ۳

۱-۱- مواد ساختمانی ۸

۱-۲- روکش‌ها ۱۲

۱-۳- سوخت ۱۲

۱-۴- سیستم‌های الکترونیکی و الکترومکانیکی ۱۲

۱-۵- تسلیحات ۱۳

۱-۶- نظارت و مراقبت ۱۴

۱-۷- یونیفورم‌های هوشمند ۱۵

۱-۸- حفاظت جانی و زیست‌محیطی ۱۶

۱-۹- شرکت‌های متمرکز دربه‌کارگیری فناوری نانو در صنعت هوافضا و دفاعی ۱۶

۲- صنعت خودروسازی و حمل و نقل ۱۸

۲-۱- مواد ساختمانی و روکش‌ها ۲۰

۲-۲- سنسورها ۲۳

۲-۳- صفحات نمایشگر ۲۴

۲-۴- مبدل‌های کاتالیستی و فیلترها ۲۴

۲-۵- نیرو محرکه ۲۴

۲-۶- شرکتهای استفاده کننده از فناوری نانو در صنعت خودروسازی ۲۷

۳- فناوری اطلاعات و مخابرات ۳۰

۳-۱- فتولیتوگرافی ۳۱

۳-۲- الکترونیک و اپتوالکترونیک ۳۱

۳-۲-۱- پردازنده‌ها ۳۳

۳-۲-۲- ذخیره‌سازی داده ۳۵

۳-۳- فناوری‌های صفحات نمایشگر ۴۵

۳-۴- محاسبه کوانتومی ۴۷

۳-۵- ارتباطات از راه دور ۴۸

۳-۵-۱- فناوری‌های بی‌سیم ٤٨

۳-۵-۲- جابجایی نوری ٤٩

۳-۵-۳- کلیدزنی نوری ۵۰

۳-۶- مطالعات بیشتر ۵۱

۳-۷- شرکت‌های استفاده کننده از فناوری نانو در بازار فناوری اطلاعات و ارتباطات ۵۲

٤- تولید و توزیع انرژی ٦١

۴-۱- پیل‌های سوختی ۶۵

۴-۲- انرژی خورشیدی ۶۸

۴-۳- باتری‌های قابل شارژ ۷۰

۴-۴- انتقال نیرو ۷۱

۴-۵- روشنایی ۷۳

۴-۶- صرفه‌جویی انرژی ۷۳

۴-۷- شرکت‌های استفاده کننده از فناوری نانو در بازار تولید و توزیع انرژی ۷۴

۵- پزشکی و داروسازی ۷۸

۵-۱- تشخیص، تحلیل و اکتشاف ۸۱

۵-۲- دارورسانی ۸۶

۵-۳- اعضای مصنوعی ۸۸

۵-۴- عوامل ضدمیکروبی، ضدویروسی و ضدقارچی ۹۰

۵-۵- شرکت‌های استفاده‌کننده از فناوری نانو در بازار پزشکی و داروسازی ۹۲

٦- مواد شیمیایی و مواد پیشرفته ۱۰۵

۶-۱- کاتالیست‌ها ۱۰۶

۶-۲- فیلتراسیون و غشاها ۱۰۷

۶-۳- روکش‌ها و رنگ‌ها ۱۰۸

۶-۴- ساینده‌ها ۱۰۸

۶-۵- روان‌کننده‌ها ۱۰۹

۶-۶- کامپوزیت‌ها و مواد ساختمانی ۱۱۰

۶-۷- شرکت‌های استفاده‌کننده از فناوری نانو در بازارهای مواد شیمیایی و پیشرفته ۱۱۳

۷- ساخت و ساز ۱۲۵

۸- نساجی ۱۲۸

۸-۱- شرکتهای استفاده کننده از فناوری نانو در منسوجات ۱۳۰

۹- کشاورزی ۱۳۲

۹-۱- شرکتهای استفاده کننده از فناوری نانو در کشاورزی ۱۳۳

۱۰- محیط زیست ۱۳٤

۱۱- درخت صنعت نانو (کاربردهای فناوری نانو) ۱۳۶

خلاصه

توانایی بشر برای کنترل دنیا در مقیاس اتم‌ها و مولکول‌ها به نقطه‌ای بحرانی رسیده است، پیشرفت‌های علمی در حوزه‌های مختلف در حال رشد سریع و بارور کردن یکدیگر هستند و با مقادیر بی‌نظیری از سرمایه‌گذاری‌های دولتی، سرمایه‌گذاری شرکت‌ها و مقادیر رو به رشد و جالب توجهی از سرمایه‌گذاری‌های مخاطره‌آمیز حمایت می‌شوند. انقلاب فناوری نانو با صراحت تمام شروع شده است و سرانجام تمامی ابعاد زندگی ما را تحت تأثیر قرار خواهد داد. فناوری نانو به سرعت در بسیاری از جبهه‌ها در حال پیشرفت است و به نظر می‌رسد سریعاً پویایی برخی از بزرگترین صنایع، از فناوری اطلاعات تا تولید انرژی و هوافضا، را تحت تأثیر قرار دهد. این پیشرفت‌ها مربوط به آیندهٔ خیلی دوری نیستند، بلکه در همین نزدیکی ما هستند. بذر برخی از آنها از قبل پاشیده شده و در سال‌های نزدیک به بار خواهند نشست.

در این جا بازه زمانی تأثیرات فناوری نانو بر برخی صنایع را مورد توجه قرار می‌دهیم.

کاربردهای نزدیک (۲ تا ۳ سال)

فناوری نانو در کوتاه‌مدت توانایی ایجاد کامپوزیت‌های سبک‌تر، مستحکم‌تر، با خواصی نظیر هدایت الکتریکی، مقاومت بالا در برابر مواد شیمیایی و حرارت و همچنین امکان بهبود بازیافت یا افزایش مقاومت دربرابر عبور گازها را دارا می‌باشد، در نتیجه بیشتر صنایع مانند خودروسازی و هوانوردی را تحت تأثیر قرار خواهد داد.

کاربردهای میان‌مدت(٤ تا ۷ سال)

فناوری نانو در میان‌مدت با تأثیر بر انواع صنایع تحولات گوناگونی را ایجاد خواهد کرد.

ذخیره و توزیع انرژی: باتری‌ها، پیل‌های سوختی و خورشیدی، تحت تأثیر نانوذرات، نانولوله‌ها و دیگر فناوری‌های نانو، با افزایش بازده ذخیره انرژی، سرعت شارژ و تخلیه انقلابی را در صنعت انرژی ایجاد خواهند کرد.

هوافضا: انتظار می‌رود که نانوکامپوزیت‌ها با کاهش درصد وزن و درنتیجه کاهش مصرف سوخت تحولی عظیم در اقتصاد صنایع هوانوردی و هواپیماسازی بوجود آورند.

پزشکی: مهم‌ترین تأثیرات فناوری نانو در زمینهٔ دارورسانی، استفاده از مواد زیست‌سازگارتر در ساخت اندام‌های مصنوعی و استفاده از نانوسیالات در آنالیز و تشخیص سریع بیماری‌ها، خواهد بود.

الکترونیک: فناوری نانو در عرصه حافظه و ذخیره‌سازی داده‌ها و همچنین در بخش پردازنده‌ها با استفاده از نانوسیم‌ها و نانولوله‌ها، تحولی شگرف در این صنعت ایجاد خواهند کرد.

کاربردهای دور(۸ سال و بیشتر)

ساخت مواد جدید با استفاده از ماشین‌های مولکولی موسوم به آراینده‌ها[1] و همچنین آماده‌کردن این ماشین‌ها برای کپی‌برداری ازخودشان ازجمله ایده‌های مهم و چالش‌برانگیز در کاربردهای بلندمدت فناوری نانو می‌باشند. هر چند این کاربردها ممکن است تا سال‌ها از تجاری‌سازی به دور باشند.

[1] -assemblers

فصل اول

صنایع هوافضا ودفاعی

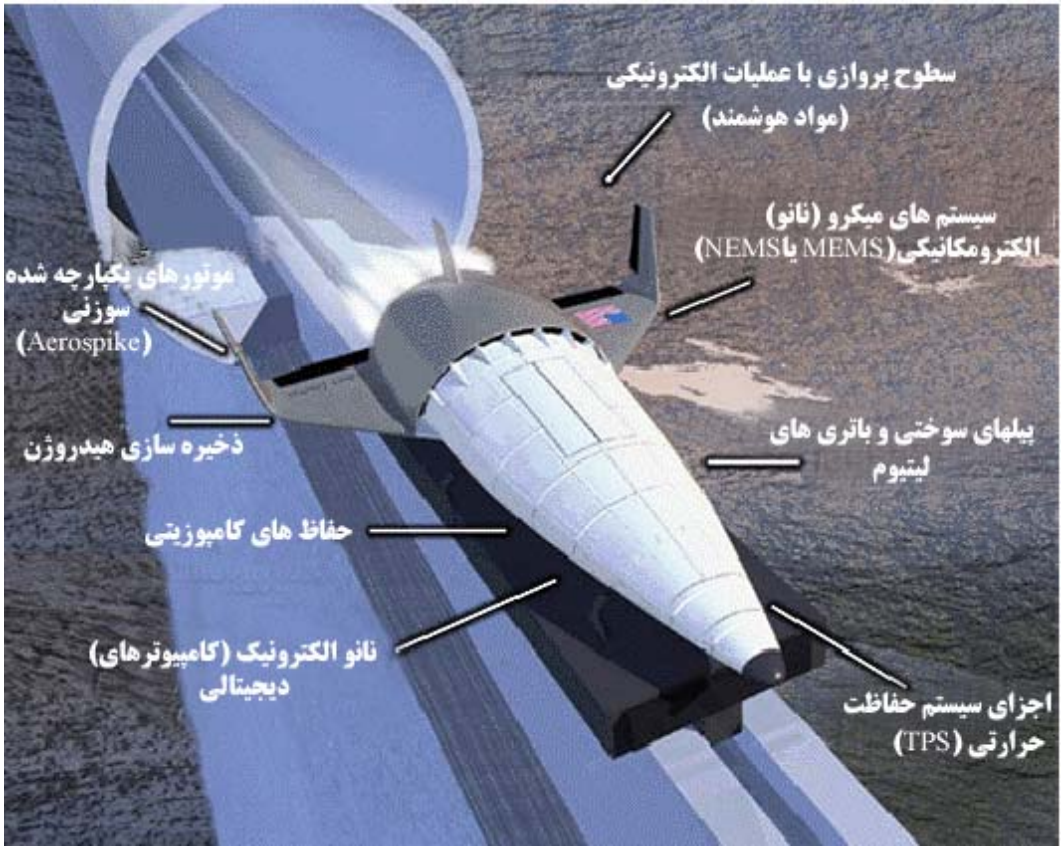
۱- صنایع هوافضا و دفاعی

شرکت‌های هوافضای انگلیسی در سپتامبر ۲۰۰۰، بیش از ۴۰۰ میلیارد دلار در بخش هوافضا و دفاعی در سطح جهان درآمد داشتند، که هواپیماهای غیرنظامی بخشی به مراتب بزرگتر از بقیه (در حدود دو برابر درآمد بخش دفاعی) بود. در نوامبر ۲۰۰۱، وزارت بازرگانی آمریکا اعلام کرد، بازار صنعت فضایی جهان در حد ۸۳ میلیارد دلار و با رشد سالانه ۱۶درصدی می‌باشد.

صنایع هوافضا و دفاعی از منظر تاریخی محرک ابداعات تکنولوژیکی بوده است. راهکارهای تکنولوژیکی و به طور خاص فناوری نانو، برای اهداف جاه‌طلبانه‌ای از ترابری افراد بر فراز اقیانوس‌ها گرفته تا حراست ملت‌ها از دشمنان و مسافرت به سیارات دوردست، فرصت‌های بسیاری دارند. به نظر می‌رسد این راهکارها شامل موارد زیر باشد: هوانوردی تجاری، ترابری هوایی، هواپیماهای نظامی، بالگردها، فضانوردی، هواپیماهای بدون سرنشین، سیستم‌های اسلحه، فرماندهی، کنترل، ارتباطات و جاسوسی، زیردریایی‌ها و اتاقک‌های دریایی[1]، تانک‌ها و نبرد زمینی، تجهیز و لجستیک سربازان، و سیستم‌های مربوط به پشتیبانی از موارد فوق.

[1] Naval Vessels

خریداران فناوری‌های هوافضا و دفـاعی اغلـب، سـازمانهای دولتـی و پیمانکـاران رده اول نظـامی[1] هستند، که دارای بودجه‌ای هنگفت و اغماضی بالا نسبت به ریسک‌های فناوری‌های جدید می‌باشند. صـرف هزینه‌ها نوعاً بر یک مبنای "برنامه‌ای" صورت می‌گیرد، که بـه فنـاوری‌هـای مـدرن بـه چـشم بهبوددهنـده استانداردها در یک کاربرد نسل جدید نگریسته می‌شود. مثـالی از ایـن برنامـه‌هـا، برنامـه جنگنـده هجـومی مشترک لاکهید مارتین و هواپیمای ایرباس A380 می‌باشد. اولویت‌های صرف هزینه به شـدت تحـت تـاثیر وقایع و روندهای جاری است. مثلاً واقعه ۱۱ سپتامبر اثر مهیجی بر پیشگامی‌های تجـاری و نظـامی برجـای گذاشته است.



شکل ۱-۱ تصویری از برنامه های مرکز تحقیقات ناسا در آمز

[1] Prime Contractors

مسافرت فضایی نیز با چالشهایی روبروست. برنامه‌های جاه‌طلبانه باید درگیر زندگی درازمدت‌تر در فضا شود. راه‌اندازی چرخه[1] هوا و آب، پایداری در برابر سطوح بالای تشعشع، بکارگیری بهتر انرژی همگی در موفقیت ماموریت‌های فضایی و کاربردهای منتج بعدی روی زمین مؤثرند.

احتمالاً مهمترین تأثیر فناوری نانو در صنعت فضایی آینده از طریق کاهش وزن خواهد بود، در ابتدا با کامپوزیت‌های سبک‌وزن و بعد از طریق تجهیزات الکترونیکی کوچکتر و لذا سبکتر در مرسوم‌ترین محموله فضایی، یعنی ماهواره. روکش‌ها نیز به طور اجتناب‌ناپذیری کاربردهایی همچون حفاظت وسایل الکترونیکی در برابر تشعشع و حفاظت حرارتی برای ورود مجدد به جو خواهند داشت. همچنین امید می‌رود به طور مشابه با ساخت یک پوست مصنوعی بتوان انسانها را نیز از تشعشع محافظت نمود.

سازمان فضایی آمریکا، ناسا، در حمایت از فناوری نانو بسیار فعال است و در مرکز تحقیقاتی آمز خود مرکزی برای فناوری نانو دارد. در واقع ناسا یکی از اولین سازمانهای دولتی آمریکاست، که از فناوری نانو پشتیبانی کرد. بودجه تحقیقاتی ناسا عمدتاً مواد و الکترونیک را هدف گرفته است، هر چند آنها پروژه‌ای نیز در فناوری محاسباتی مولکولی دارند. آدرس سایت فناوری نانو ناسا عبارت است از:

http://www.ipt.arc.nasa.gov

در کل حمایت سازمانهای فضایی دیگر در دنیا، اندک از تحقیقات اندک است و این تا حدی به فاصله بیشتر آنها با برنامه‌های نظامی مربوط است.

صنعت هواپیماهای تجاری، بیشترین تأثیر فناوری نانو را در نانوکامپوزیت‌های کاهنده وزن خواهد یافت. در یک مقیاس کوچکتر، فناوری‌های نمایشگر جدید- که سبکی را به ارمغان می‌آورند- به سرعت به

[1] Recirculation

هواپیماهای بین قاره‌ای راه خواهند یافت، به طوری که هر مسافر می‌تواند صفحه نمایشگر مخصوص به خود را داشته باشد.

چون صنعت هوانوردی تجاری از بعضی جهات بسیار متفاوت با صنایع فضایی و دفاعی است، و ممکن است بیشتر در صنعت حمل و نقل مدنظر قرار گیرد، لازم است در کنار مشخصات این صنعت به ابعاد دیگری نیز توجه داشت. این مسایل نزدیکی صنعت هوانوردی تجاری را با صنعت هوافضای نظامی نشان می‌دهد. به خاطر داشته باشید که این منظر مربوط به آمریکاست.

جدول ۱ بخشهای مختلف صنایع هوافضا و حمل و نقل

	هوافضا/نظامی	هوانوردی تجاری	حمل و نقل
ساخت و تولید	واحدهای تولید ناپیوسته(۱تا ۱۰۰واحد)	تولید ناپیوسته (۱ تا ۱۰۰واحد)	خطوط تولید پیوسته برای خودروها، تولید ناپیوسته(بیش از ۱۰۰واحد) برای خطوط راه‌آهن و مترو
نیرو	جت/توربوملخ/جامد	جت/ توربوملخ	احتراق، الکتریسیته
طراحی	مدلها و آئرودینامیک پرواز	مدلها و آئرودینامیک پرواز	سلایق مشتریان، بعضی از موارد آئرودینامیک
واسطه‌های کاربری در اتاق خلبان	نمایشگرهای چندکارکردی، ابزارآلات تجاری مرسوم، خطوط راهنمای FAA ، به اضافه مهمات	نمایشگرهای چندکارکردی، ابزارآلات تجاری مرسوم، خطوط راهنمای FAA	با پیچیدگی بسیار کمتر
مواد	مواد مربوط به هوافضا	مواد مربوط به هوافضا	پلیمرها، آلیاژها، مواد با تقاضای بسیار محدود
پیمانکاران جزء	هوانوردی، جت‌ها و غیره برای امور نظامی	هوانوردی، جت‌ها و غیره برای موارد تجاری(نوعاً بخش متفاوتی با پیمانکاران نظامی هستند.)	مخلوط‌های معلق، ترمزها، قطعات و غیره در رابطه با خودروها یا دیگر وسایل حمل و نقل
رسانه‌ها	تداخل با موارد تجاری	تداخل با موارد نظامی	تداخل بسیار محدود
قوانین	اغلب در FAA است (البته اگر وجود داشته باشد!)	FAA	DOT، EPA و سازمانهای مصرف‌کننده

صنعت دفاعی در ایالات متحده، از طریق سازمانهایی همچون DARPA [1](سازمان پروژه‌های تحقیقات دفاعی پیشرفته) یک پشتیبان عمده تحقیقات فناوری نانو بوده است. علاقه آنها مثل کابردهای بالقوه فناوری نانو متنوع است، از نانوالکترونیک در سیستم‌های کوچک مراقبتی تا مواد ضدگلوله سبک‌تر.

۱۱سپتامبر و جنگ برضدتروریسم اولویت صرف هزینه برای امور نظامی و امنیت ملی را تجدید کرده است. گذشته از افزایش مناطق زد و خورد در دنیا، طبیعت تهدیدها متفاوت است و نیازمند راهکارهای جدید برای مراقبت، دفاع، ممانعت و تهاجم است. این موارد شامل دفاع در برابر حملات شیمیایی و زیستی همچون سیاه‌زخم، و تهدید محتمل حملات هسته‌ای نیز می‌شود.

لازم است وزن کلاهک‌های موشکی بیشتر، آشکارسازی هواپیماها و ماهواره‌های جاسوسی کمتر و خودپشتیبانی زیردریایی‌ها طولانی‌تر شود.

۱-۱- مواد ساختمانی

بزرگترین تأثیر فناوری نانو در فضاپیماها، هواپیماهای تجاری و حتی فناوری موشک کاهش وزن مواد ساختمانی سازه‌های بزرگ درونی یا بیرونی، جداره سیستم‌های درونی، اجزای موتور راکت یا صفحات خورشیدی خواهد بود. احتمالاً این تأثیر بیشتر در شکل نانوکامپوزیت‌های دارای نسبت استحکام به وزن برتر خواهد بود، هر چند مواد نانوبلورین نیز احتمالاً اثراتی خواهند داشت. در کوتاه‌مدت، پتانسیل بزرگی برای کامپوزیت‌های مبتنی بر نانوذرات سیلیکات خواهد بود، که هم‌اکنون راه خود را به سمت خودروها گشوده و صرفه وزنی ۱۰ تا ۱۵٪ را موجب شده‌اند. صرفه وزنی این مواد برای فضاپیماها و هواپیماهای تجاری از نظر صرفه‌جویی سوخت تأثیر بزرگتری نسبت به صنعت خودرو برجا خواهد گذاشت و قابلیت

[1] Defense Advanced Research Projects Agency

ارسال محموله‌های بزرگتر به مدار و افزایش برد موشک‌ها را به همراه خواهد داشت. پذیرش کامپوزیت‌های موجود در کوتاه‌مدت رخ خواهد داد. نرخ پذیرش بیش از این که به نوع ماده مربوط باشد به مقیاس‌های زمانی توسعه درازمدت این صنایع مربوط است، چون اشکال تجاری این کامپوزیت‌ها هم‌اکنون موجود است.

از آنجایی که ۹۰٪ از وزن یک راکت پیشران[1] آن است، به نظر می‌رسد بهبود ۱۰٪ مانده موجب صرفه چندانی نشود، اما صرفه‌جویی در این ۱۰٪ به صرفه‌جویی متناسبی در قسمت سوخت منتهی می‌شود. بنابراین مواد سبک‌تر سهم مهمی در کاهش هزینه‌های پرتاب خواهد داشت، که ۶۶۰۰-۴۴۰۰ دلار بر هر کیلوگرم و حتی بالاتر (مثلاً ۲۲۰۰۰ دلار بر کیلوگرم برای انتقال به ماه) می‌باشد. همچنین این مواد می‌توانند در نهایت موجب دستیابی به یک مرحله واحد برای به مدار فرستادن وسایل شوند (آخرین پروژه از چنین وسیله‌ای X-33 بود که در مارس ۲۰۰۱ پرتاب‌شد، هر چند گروههایی در حال کار روی روشهایی مثل بالگردهای بهبودیافته با راکت تا استفاده از منابع انرژی زمینی همچون لیزرهای بسیار پرقدرت هستند). به دلیل تأثیر بیش از حد وزن در هزینه پرتاب راکت، مواد سبک‌تر و قویتر علیرغم داشتن قیمت بالا در صنعت فضایی- نسبت به صنایعی همچون خودروسازی- دارای اهمیت اقتصادی بالایی می‌باشند.

در میان‌مدت اگر قابلیت نانولوله‌ها در مواد کامپوزیتی عملی شود. آنها نیز موجب ارتقایی دیگر- و احیاناً بسیار اساسی – در نسبت استحکام به وزن می‌شوند. با حجم کم نانولوله‌هایی که تاکنون تولید شده‌اند و تحقیقات شناخته‌شده اندک در به کارگیری خواص آنها در کامپوزیت‌ها، یک مقیاس زمانی ۵ تا ۱۰ ساله پیش‌بینی می‌شود. با این حال، بر خلاف نانوکامپوزیت‌های سیلیکاتی که در حدود ۳۰-۲۰ درصد نسبت استحکام به وزن را بهبود می‌دهند، انتظار می‌رود نانوکامپوزیت‌های نانولوله‌ای به راحتی ۱۰۰٪ و یا حتی

[1] Propellant

بیشتر این نسبت را ترقی دهند. نرخ سقوط قیمت این مواد در آینده، به کارگیری آنها در صنعت هوافضا یا خودروسازی را دیکته خواهد کرد. از آنجایی که صنعت هوافضا از کاهش وزن سود بیشتری را کسب می‌کند، مواد جدید را با قیمت‌های بالاتری می‌پذیرد. اگر قیمت‌ها سریع پایین بیاید، پذیرش صنعت خودرو سریعتر خواهد بود، مثل نانوکامپوزیت‌های سیلیکاتی که چرخه توسعه محصول سریعتری دارند.

برای فضاپیماهای قابل استفاده مجدد، مقاومت حرارتی – برای مواجهه با دماهای بالای هنگام بازگشت به جو- خواسته‌ای دیگر است. اینجاست که نانوکامپوزیت‌های سرامیکی و نانولوله‌ای به دلیل طبیعت رسانش حرارتی بالای خود امیدواری می‌دهند. البته نانولوله‌های کربنی خود توانایی تحمل دماهای بسیار بالا را ندارند. نانولوله‌های نیترید بور مقاومت بسیار بالاتری به دما دارند و ممکن است نهایتاً ماده بهتری برای این کاربردها شناخته شوند، هر چند تحقیق روی خلق این مواد هنوز در مراحل بسیار ابتدایی قرار دارد.

مدیریت حرارتی فقط به بازگشت فضاپیماها مربوط نمی‌شود، در فضا دما به نحو افسارگسیخته‌ای بین دماهای بسیار پایین تا دماهای بسیار بالا در تغییر است. ماده طلایی رنگی که روی اغلب ماهواره‌ها دیده می‌شود، بالشتکی از لایه‌های نقره/کاپتون است که برای هدایت گرما استفاده می‌شوند.

با مواد توده‌ای یا روکش‌ها (بخش بعد)، و با توسعه مواد مقاوم در برابر حرارت، یا کاهش دما توسط رسانش سریع حرارت نیز می‌توان با دماهای بالا درگیر شد. همچنین نانوکامپوزیت‌ها می‌توانند مقاومت در برابر آسیب تشعشعی یا اکسیژن اتمی را- که یک عامل مرسوم ایجاد نقص در مواد مختلف است- بهبود دهد.

در مصارف نظامی نیز کامپوزیت‌ها موجب ارتقاء در نحوه حفاظت از قطعات الکترونیکی حساس در برابر تشعشع و خصوصیات دیگر همچون ناپیدایی در رادار می‌شوند.آئروژل‌ها برای حفاظت ماهواره‌ها از غبار بین ستاره‌ای مورداستفاده قرار گرفته‌اند.

یک ایده تأمل‌برانگیز متکی بر توسعه مواد ساختمانی قوی‌تر ایده بالابر فضایی است، که به زمانهای گذشته – لااقل درافسانه‌های علمی تخیلی– باز می‌گردد. این ایده عبارتست از بستن مستقیم یک ماهواره یا ایستگاه فضایی قرار گرفته در مدار با ریسمان به زمین و استفاده از این ریسمان برای حمل انسان و بار به آن ساختمان چرخان. در نیمه ۲۰۰۱ ناسا تحقیقاتی را منتشر کرد، که نشان می‌داد استحکام کشش و وزن کم نانولوله‌های کربنی لااقل آن‌قدر هست که این ایده را بتوان به شکل بنیادی اثبات کرد. با وجود موانع فنی مهمی که نیازمند فائق آمدن بر آنها هستیم و دوردست بودن این آرزو، بالابر فضایی می‌تواند هزینه جابجایی مواد به فضا را به نحو چشمگیری کاهش دهد.

در صنعت هواپیماهای تجاری، پذیرش کامپوزیت‌های سبکتر متأثر از صرفه‌جویی در سوخت خواهد بود. دلایلی زیادی وجود دارد که ما را به روند روبه افزاش قیمت‌های سوخت هوانوردی در درازمدت معتقد می‌کند– موردی که هم اکنون نیز یکی از هزینه‌های جاری عمده در این صنعت محسوب می‌شود. حتی یک ماده کامپوزیتی نسبتاً گرانقیمت نیز که موجب کاهش وزن می‌شود، می‌تواند برگشت سرمایه سریعی داشته باشد. این نوع کامپوزیت‌ها احتمالاً راه خود را به سوی هر چیزی در هواپیماها خواهند گشود؛ از بدنه تا صندلی و حتی مواد هدفون‌ها یا سینی‌های غذا.

در هواپیماهای نظامی و موشک‌ها هزینه عامل محرک نیست، اما کارایی این چنین است. مواد کامپوزیتی قوی‌تر و سبک‌تر مطمئناً در خور هواپیماهای جنگنده و به طور خاص هواپیماهای بدون سرنشین و موشک‌ها– که نیروهای گرانش از حد تحمل انسانی فراترند– خواهد بود.

۱-۲- روکش‌ها

فناوری‌های روکش‌دهی پیشرفته همچون موارد مبتنی بر نانوذرات سرامیکی می‌تواند به مقاومت حرارتی بهبود یافته و مصارفی- مشابه به آنچه در قسمت قبل در مورد مواد کامپوزیتی ذکر شد- با مقاومت حرارتی بالاتر منجر شود. مشابهاً آنها می‌توانند رقیبی برای کامپوزیت‌های توده‌ای باشند، تا خواصی همچون حفاظت قطعات الکترونیکی در برابر تشعشع (نانوکامپوزیت‌های فلزی) یا کاهش بازتاب رادار برای هواپیماهای استیلت- موردی که نانولوله‌های کربنی نیز قابلیت‌هایی را نشان داده‌اند- ارائه دهند.

۱-۳- سوخت

آلومینیوم نانوذره‌ای به عنوان جزیی از سوخت راکت ارزیابی می‌شود. ذرات میکرومتری آلومینیوم مدتها در پیشران‌های راکت به کار می‌رفته است؛ مثلاً برای پرتاب شاتل فضایی آمریکا حدود ۱/۱۰۰ تن پودر آلومینیوم استفاده می‌شود. از آنجایی که ذرات نانومتری موجب افزایش سرعت سوزش و یکنواختی احتراق می‌گردد، در طراحی‌های جدید موتور راکت جایگزینی پودرهای آلومینیوم میکرومتری با انواع نانومتری بررسی شده است. همچنین سطح ویژه بالای نانوذرات آلومینیوم می‌تواند این امکان را به ما بدهد، تا برای افزایش عدد اکتان سوخت و افزایش برد به ازای یک حجم سوخت ثابت از آنها به عنوان افزودنی سوخت‌های جت مرسوم استفاده کرد. سیلیکون نانوحفره‌ای نیز که می‌تواند به شدت منفجره باشد، به عنوان رقیبی برای آلومینیوم پیشنهاد شده است.

۱-٤- سیستم‌های الکترونیکی و الکترومکانیکی

مهمترین محرک کوچک‌سازی ابزارآلات در صنعت فضا، صرفه‌جویی در وزن است. اگرچه کوچک‌سازی سیستم‌های الکترونیکی جاری، کاهش وزن چندانی را در بر ندارد، توسعه سیستم‌های هوشمند

نیازهای محاسباتی بسیار بزرگتری را ممکن می‌سازد. در این جاست که کوچک‌سازی نقش اصلی خود را در کاهش وزن نشان خواهد داد؛ مخصوصاً برای پروژه‌هایی مثل کاوش مریخ که سیستم‌های هوشمندتر می‌توانند قابلیت ماموریت‌های بدون سرنشین را توسعه دهند.

به طور مشابه، کاهش وزن در ابزارآلاتی چون شتاب‌سنج و سیستم‌های ژیروسکوپ در این صنعت پذیرفته خواهد شد. در فناوری موشک نیرومندی سیستم‌های الکترونیکی و الکترومکانیکی مهمتر است و ممکن است محرک استفاده از مواد گوناگون موجود در صنایع غیر نظامی شود.

افزایش هوشمندی نیز یک محرک عمده در تحقیقات الکترونیک صنایع دفاع است. بیشترین کاربرد احتمالاً در سیستم‌های نظارتی خواهد بود، اما دقت و اعتماد به رسیدن موشک نیز بهبود می‌یابد.

انگیزه دیگر صنعت فضا برای حرکت به سمت نانوالکترونیک کاهش مصرف انرژی است. به علاوه مقاومت به تشعشع[1] نیز مطرح می‌باشد؛ مثلاً فناوری‌های RAM مغناطیسی کاهش مصرف انرژی و مقاومت به تشعشع را توأمان ارایه می‌دهد ولی درکاهش وزن خوب عمل نمی‌کند.

ارتقای فناوری پیل خورشیدی در ماهواره‌ها نیز با استقبال مواجه می‌شود؛ مخصوصاً اگر کاهش وزن یا بهبود خصوصیات مکانیکی را به همراه داشته باشد.

۱-۵- تسلیحات

اگرچه فناوری نانو می‌تواند از طریق مواد منفجره جدید، مواد جدید برای ساخت پوسته‌های رخنه کننده در زره، تسلیحات غیرمهلک همچون تثبیت کردن[2] پلیمرها، یا روشهای جدید پراکنش سلاحهای شیمیایی یا زیستی (به خاطر داشته باشید سلاحهای شیمیایی ممکن است غیر کشنده باشند) در توسعه تسلیحات نقشهایی داشته باشد، اما اثر عمده آن به احتمال قوی دفاعی خواهد بود. این مسأله از این واقعیت

[1] Radiation Hardness
[2] Immobilizing

ناشی می‌شود، که سازمانهای دفاعی آمریکا از پروژه‌های تحقیقاتی فراوانی در زمینه شناسایی و خنثی‌سازی عوامل شیمیایی و زیستی پشتیبانی کرده‌اند. فناوری‌های مبنا در این زمینه در موارد پزشکی و دارویی نیز قابل استفاده است. اطلاعات بیشتر را می‌توان در بخش‌های "مواد ضدمیکروبی" ، "عوامل ضدویروسی و ضدقارچی" و "شناسایی، آنالیز و کشف" یافت.

۱-٦- نظارت و مراقبت

تجارب نظامی اخیر در افغانستان اهمیت سیستم‌های مراقبت را مورد تأکید قرار داده است نظارت ماهواره‌ای جایگاه خود را به خوبی یافته و قابلیت آن مشخص است، اما ارزش سیستم‌های نظارت غیر انسانی -که می‌تواند مخاطرات سرزمین دشمن را بپذیرد- کاملاً شناخته نشده است. فعلاً این سیستم‌ها به زنبورهای نسبتاً بزرگ جثه محدود می‌شود، اما محققین زیادی در چند سال گذشته با وام‌گیری از طبیعت (سیستم‌های بینایی مگس یا سنجاقک) قطعاتی در اندازه حشرات ساخته‌اند.

در تولید ارزان قیمت هزاران قطعه ارزش بالقوه نظامی فوق‌العاده‌ای نهفته است. آنها می‌توانند در سرتاسر سرزمین دشمن پراکنده شده، به قابلیت‌های شناسایی و جاسوسی ساده‌ای مجهز شوند (مثل توانایی شناسایی یک شی شبیه انسان و سپس ارسال تصویر صحنه). مجموعه‌های غارنشین افغانستان توانایی مشهود چنین سیستم‌هایی را نشان داد.

فناوری نانوهایی که بیشترین اثر را روی توسعه این سیستم‌ها خواهند گذاشت، نانوالکترونیک /اپتوالکترونیک، سیستم‌های نوری، سیستم‌های میکرو و نانوالکترو مکانیکی و همچنین توسعه مواد سبک وزن و قوی (بعضی از مواد ساختمانی طبیعی دارای خصوصیاتی فیزیکی هستند که ما هنوز به آنها دست نیافته‌ایم) می‌باشد. با این حال توسعه نرم‌افزاری این سیستم‌ها نیز عاملی محدود کننده است که به طور تاریخی در برابر تلاشهای ما برای برابری با سیستم‌های حتی ساده طبیعت مقاومت می‌کرده است. اخیراً در

تقلید از سیستم‌های بینایی، ناوبری و مانوردهی حشراتی چون سنجاقک پیشرفت‌هایی صورت گرفته است بنابراین زمانی که ما بتوانیم با اجزایی چون مولکولهای آلی یا نانولوله‌ها پردازنده‌هایی بسازیم،این سیستم‌ها در دسترس خواهند بود. همچنین خلق و به کارگیری تعداد فراوانی از زنبورهای ساس شکل با قابلیت‌های قابل‌ملاحظه در شناسایی، ارتباط و حتی هوشمندی بسیار ابتدایی ممکن خواهد بود.

توجه داشته باشید که این سیستم‌ها به فراتر از مصارف نظامی بسط یافته و اثرات بزرگی را بر مواردی همچون حریم شخصی برجا خواهند گذاشت.

مطابق مقیاس‌های زمانی پیش‌بینی شده برای توسعه تجاری الکترونیک مولکولی، چنین سیستم‌هایی احتمالاً ۱۰ تا ۱۵ سال آینده وجود خواهند داشت- برای سرمایه‌گذار دارای اطلاعات کم فقط کافی است روند توسعه را پیگیری کند.

۱-۷- یونیفورم‌های هوشمند

نیروی زمینی آمریکا اخیراً موسسه فناوری نانوهای سرباز[1] را برای ایجاد یونیفورم‌های هوشمند به کمک فناوری نانو بنیان گذاشته است با این حال اکثر فناوری‌های مورد نظر فناوری‌های تشخیصی هستند که میکروفناوری نیز می‌تواند برای آنها کافی باشد. یک مورد که فناوری نانو بخش اصلی آن را تشکیل می‌دهد، خلق جلیقه‌های ضدگلوله سبک‌تر است، که به نظر می‌رسد نانولوله‌های کربنی نویدبخش آن باشند.

[1] The Institue for Soldier Nanotechnobgies

۱-۸- حفاظت جانی و زیست‌محیطی

تأثیر عمده فناوری نانو در این مورد احتمالاً در سیستم‌های کنترل و مراقبت کوچکتر و پیشرفته‌تر خواهد بود. احتمالاً نانوسیالات نه فقط وزن کمتر بلکه نظارت پیشرفته‌تر محیط زیست فضایی را در کوتاه مدت به همراه خواهد داشت.

بررسی تأثیرات اقامت طولانی مدت در فضا بر بدن انسان هنوز در حال انجام است و درک کامل آنها نیازمند زمان زیادی است. سیستم‌های آنالیز پزشکی مینیاتوری به فهم این اثرات کمک می‌کند، تا در نهایت بتوان از سلامت فضانوردان ارزیابی خوبی داشت. جذب این سیستم‌ها در صنعت فضا بر بدن انسان هنوز در حال انجام است و درک کامل آنها نیازمند زمان زیادی است سیستم‌های آنالیز پزشکی مینیاتوری به فهم این اثرات کمک می‌کند، تا بتوان از سلامت فضانوردان ارزیابی خوبی داشت. جذب این سیستم‌ها در صنعت فضا پیشگام نبوده و استفاده آنها در صنعت پزشکی و دارویی به طور کلی، به خاطر استفاده در صنعت فضا به تأخیر نخواهد افتاد. با این حال سیستم‌های مراقبت از راه دور پزشکی قابل کاشت در بدن می‌توانند به سرعت در فضا کاربرد پیدا کنند؛ چون امکانات پزشکی، پزشک و امکان بردن فضانوردان به زمین وجود ندارد.

۱-۹- شرکت‌های متمرکز دربه‌کارگیری فناوری نانو در صنعت هوافضا و دفاعی

واضح است که شرکتهای زیادی به بازار هوافضا و دفاعی خدمت‌رسانی می‌کنند، که تعدادی از آنها ممکن است درگیر فناوری نانو باشند. جدول شماره ۲ به فهرست شرکتهای فعال در این صنعت اختصاص دارد.

جدول ۲ شرکت‌های متمرکز دربه‌کارگیری فناوری نانو در صنعت هوافضا و دفاعی	
شرکت	فعالیت

BOEING	این شرکت هوانوردی در حال تحقیق روی استفاده از مواد مبتنی بر فناوری نانو در ساخت هواپیماست. استفاده از سنسورهای مبتنی بر فناوری نانو را نیز ادعا کرده است.
HYBRID PLASTICS	تولید کننده نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر سیلسزکیوکسان‌های الیگومری چندوجهی (POSS)[1] با همکاری آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی هوایی در حال تحقیق و توسعه روی استفاده از فناوری POSS در سیستم‌های راکت، هوانوردی و فضاپیماست.
MACH I INC.	ذرات بسیار ریز اکسید آهن را به عنوان کاتالیست سوخت جامد راکت می‌سازد.
NANOBIO	نانوامولسیون‌های ضدمیکروبی و واکسن نانوامولسیون مخاطی را تحت نام Nanoprotect تجاری می‌کند. در حال حاضر با نیروی زمینی آمریکا روی استفاده از این محصول به عنوان دفاع در برابر سلاحهای زیستی کار می‌کند.
TECHNANOGY	برای افزایش کارایی، با اختلاط نانوفلزات با فرمولاسیون‌های ویژه سوختی "نانوسوخت" می‌سازد. محصولات برنامه‌ریزی شده به بازار سوخت جت و راکت منتهی می‌شوند.
VERSILANT NANOTECHNOLOGIES	روی ساخت نانومواد مخصوصاً نانولوله‌های کربنی کار می‌کند. کمک بلاعوضی را از ناسا جهت توسعه مواد کامپوزیتی پراستحکام دریافت کرده است.

[1] Polyhedral Oligomeric Silsequioxanes

فصل دوم

صنایع خودروسازی و حمل ونقل

۲- صنعت خودروسازی و حمل و نقل

کل درآمد صنایع خودروسازی از یک تریلیون دلار فراتر می‌رود (مثلاً جنرال موتورز که حدود ۱۵/۱٪ از بازار ۲۰۰۱ را در دست داشت، ۱۷۷/۳ میلیارد دلار در این سال عایدی داشت).

بخش خودروسازی و حمل و نقل بعضی از ویژگیها و نظام‌های بخش هوافضا را دارد؛ اما با نیازمندی کمتر به تقاضا و ریسک‌پذیری. بنابراین راهیابی فناوری‌های پیشتازی -همچون سیستم‌های الکترومکانیکی به جای هیدرولیک- به درون خودروها، کامیون‌ها، خطوط ریلی، مترو و کشتی‌ها با تأخیر صورت خواهد گرفت.

الگوهای خرید وسائط نقلیه جدید تابع اقتصاد جهانی است. در شرایط رکود فعلی، عوامل اقتصادی مثل مصرف اندک سوخت و سوخت‌های جایگزین اهمیت فزاینده‌ای دارد. با افزایش تولید بیش از ظرفیت جهانی، افول مرزهای سوددهی و کاهش تصمیم‌گیری به خرید، تولیدکنندگان صنعت خودرو و حمل و نقل بیش از همیشه خواهان ملاحظه اصلاحاتی در محصول و فرآیند تولید می‌باشند.

خصوصیات صنعت خودرو، آن را به بازاری حاصلخیز برای ورود فناوری نانو تبدیل کرده است:

- این بازار بسیار بزرگ است؛ زمان توسعه سریعی برای محصولات جدید دارد (لااقل در مقایسه با دیگر محصولات دارای این پیچیدگی)؛
- در معرض فشارهای منظم بازار از جهت اقتصاد سوخت و ایمنی هستند؛
- و به شدت تحت تأثیر مد و فشارهای مشتریان در رابطه با سلیقه و تنوع است.

خودروها مثل البسه برای بسیاری از افراد فقط یک کالای ضروری نیستند، بلکه وسیله‌ای برای ابراز شأن ومنزلت و سبک زندگی فرد نیز به شمار می‌روند.

اندازه بازار خودرو دیکته می‌کند، که حتی اگر بهبود کمی در موارد موجود رخ دهد، فشارهای اقتصادی در این صنعت آنچنان است که اغلب ماده جدید کاملاً جای مواد موجود را به سرعت گرفته، مسیر سوددهی سریعی را برای توسعه دهندگان (سازندگان) آن فراهم می‌کند.

به دلیل کارکرد خودرو به عنوان یک سمبل شأنیت، این صنعت اغلب اولین نقطه ورود فناوری‌هایی است که بیش از عملکرد دارای نوگرایی هستند. روکش‌های الکتروکرومیک پنجره‌ها- که می‌توانند به صورت دلخواه یا خودکار شیشه‌ها را تیره سازند- یک کاربرد بالقوه فناوری نانو است، که احتمالاً پیش از رخنه به دیگر بازارها همچون صنعت ساختمان در ساخت خودروهای پیشرفته جایگاهی خواهد یافت.

در دهه اخیر میکروالکترونیک به یک بخش یکپارچه شده و مهم صنعت خودرو تبدیل شده است. البته در اینجا گمان نمی‌رود که نانوالکترونیک مزایای زیادی را ارائه دهد. وظایف پردازشی در خودروها نسبتاً ساده خواهند ماند و نیازی به کوچک‌سازی بیشتر آنها نخواهد بود. احتمالاً فناوری‌های غیر مقیاس‌نانو دیگری که بدون کاهش اندازه موجب کاهش هزینه یا افزایش سطح به‌دلخواه درآوری شوند، در این زمینه اثرگذار خواهند بود.

در پایان باید گفت، صنعت خودرو جایگاه بیشترین موفقیت تجاری سیستم‌های میکروالکترومکانیکی (MEMS)- به صورت شتاب‌سنج‌های مبتنی بر MEMS برای فعال‌سازی کیسه‌های هوا- است. مورد خاص شتاب‌سنج‌ها حتی وقتی عملاً به صورت انبوه تولید شوند، نباید الزاماً به عنوان معیاری برای پتانسیل آینده بازار MEMS و سپس NEMS در این بخش محسوب شوند. با این حال سنسورها به نحو روزافزونی راه خود را به سمت خودروها می‌گشایند و از شناسایی ساده فشار تایرها تا شناسایی لغزش چرخها برای پس‌خور به سیستم‌های کنترلی فعال مصارفی خواهند داشت و بنابراین به زمینه فعالی از توسعه تبدیل خواهند شد، اما احتمالاً فناوری MEMS تا مدتها برای آن‌ها کافی خواهد بود.

۲-۱- مواد ساختمانی و روکش‌ها

کامپوزیت‌های نانوذره سیلیکاتی پیش از این به بازار خودروها وارد شده‌اند- در سال ۲۰۰۱ هم جنرال موتورز و هم تویوتا شروع تولید محصول با این مواد را اعلام کردند. فایده آنها افزایش استحکام و کاهش وزن است که مورد آخر صرفه‌جویی در سوخت را به همراه دارد. محرک صرفه‌جویی در سوخت برای ورود مواد کامپوزیتی سبک‌تر در مناطق مختلف، متفاوت است.

در آمریکا که هزینه سوخت در آن پایین است، در سالهای اخیر روندی در جهت ساخت خودروهای بزرگتر و لذا پرمصرف‌تر وجود داشته است. در اروپا که قیمت سوخت بسیار بیشتر است، اقتصاد سوخت محرکی قوی بوده است. ملاحظات ایمنی محرکی برای پذیرش مواد ساختمانی قوی‌تر است، اما تاکنون به طور تاریخی تولیدکنندگان بسیار اندکی به آن بهای زیادی داده‌اند.

خودروهای موتوری در واقع احتمالات متفاوتی را برای مواد ساختمانی جدید مبتنی بر فناوری نانو ارایه می‌دهند. از استفاده "کربن بلک" در لاستیک‌ها، اغلب به عنوان یک کاربرد فناوری نانو یاد می‌شود، که به زمان متداول شدن این نام برمی‌گردد. در صورتی که هزینه تولید به اندازه کافی افول کند، باکی‌بال‌ها می‌توانند موجب بهبود در خاصیت ارتجاعی مواد شوند. بهبود خواص مکانیکی فرصتهایی را برای قسمت‌های مختلف از میل لنگ تا ضربه‌گیر فراهم می‌کند. در موتورهای احتراق داخلی فرصتهایی برای تغییر آلیاژهای فعلی با بهره‌مندی از خصوصیات ساختارهای نانوبلورین (استحکام و تحمل به دمای بیشتر) وجود دارد.

انتظار می‌رود با پیشرفت کامپوزیت‌ها ورود مواد قوی‌تر، سبک‌تر و مقاوم به خوردگی به درون خودروها به سرعت توسعه یابد. در هر حال با وجود این که کامپوزیت‌های مبتنی بر نانوذرات سیلیکاتی نسبتاً جدید، و بنابراین دور از بلوغ هستند، یافتن رقیب سریعی برای این فناوری بعید به نظر می‌رسد؛ چرا

که تولیدکنندگان مرسوم پلاستیک با تکیه بر چند تهیه کننده نسبتاً جدید نانوذرات همچون Southern Clay Products و Nanocor پیشتر تسلط بر این فناوری را آغاز کرده‌اند.

ممکن است تا مدتها هیچ پیشرفت بزرگی در مواد ساختمانی بزرگتر روی ندهد. نانوکامپوزیت‌های سیلیکاتی موجب ۱۵-۱۰٪ کاهش وزن می‌شوند- که تا ۲۵٪ نیز قابل توسعه است- اما بعد از آن فناوری دیگری وجود ندارد، که در کوتاه‌مدت موجب امیدواری بیشتری شود. پیشرفت مواد نانوبلورین را نیز می‌توان در نظر داشت. فولادهای نانوبلورین جدیدی ساخته شده‌اند که نسبت استحکام به وزن را به نحو قابل‌ملاحظه‌ای بهبود می‌دهند. این مسأله می‌تواند از جایگزینی فولاد با کامپوزیت‌های پلیمری- که می‌توانند جهشی واقعی در صنعت کامپوزیت و افولی واقعی در صنعت فولاد ایجاد کند- جلوگیری کند.

تغییر انقلاب‌گونه بعدی در استفاده از کامپوزیت‌ها در خودروها، احتمالاً به ورود کامپوزیت‌های مبتنی بر نانولوله‌های کربنی مربوط خواهد بود، که می‌توانند قدرتی بسیار بیشتر از نانوکامپوزیت‌های سیلیکاتی داشته باشند. برای اطلاعات بیشتر در مورد کامپوزیت‌های نانولوله‌ای بخش صنعت هوافضا و دفاعی را ببینید. نسبت به صنعت هوافضا، پذیرش کامپوزیت‌ها در صنعت خودرو مستلزم کاهش هزینه بیشتری از نظر صرفه‌جویی در سوخت می‌باشد (انرژی مورد نیاز برای بالا بردن جرمی به مدار به طرزی نجومی بیشتر از مقدار لازم برای شتاب‌دهی افقی آن به یکصد کیلومتر بر ساعت است؛ هر چند خودروها باید کار دوم را چندین بار انجام دهند).

کامپوزیت‌های نانولوله کربنی به احتمال قوی رسانا نیز خواهند بود؛ خاصیتی که پیشتر کامپوزیت‌های الیاف‌کربنی حائز آن بوده و رنگ‌آمیزی سریع با غبار باردار شده رنگ به روش الکترواستاتیک

را ممکن می‌سازد. لیفچه‌های[1] کربنی- که بزرگتر از نانولوله‌ها و کوچکتر از الیاف کربنی هستند پتانسیل خود را برای نفوذ به این بازار نمایش داده‌اند.

روکش‌های سرامیکی نانوذره‌ای موجب پایداری حرارتی و مقاومت به فرسایش در قطعات موتور می‌شود. این تکامل فنی خاص مدتی است که ادامه دارد و انتظار می‌رود بدون دگرگونی بزرگی به رشد سریع خود ادامه دهد.

فناوری روکش‌دهی مبتنی بر فناوری نانو، چه از طریق فرآیندهای سل‌ژل و چه روکش‌های نانوذره‌ای کاربردهایی را ارایه می‌دهد، که ممکن است در صنعت خودرو دارای جذابیت تجاری باشند. همان طور که قبلاً اشاره شد، روی پنجره‌های فتوکرومیک و الکتروکرومیک (یعنی پنجره‌هایی که به ترتیب تحت تأثیر نور و الکتریسته تغییر رنگ می‌دهند) تحقیقاتی صورت می‌گیرد و آنها را با گستره‌ای از روشهای مبتنی بر نانوذرات و فرآیند سل‌ژل می‌توان تولید کرد. این اشاره بر نکته‌ای دارد، که صنعت خودرو صرفاً برای داشتن "برش" در بازاریابی یک پذیرنده اولیه بعضی از فناوری‌ها است: به نظر می‌رسد بیشتر کار تجاری‌سازی این پنجره‌ها- علیرغم مزایای بالقوه بسیار بیشتر در صنعت ساخت و ساز- در صنعت خودروسازی انجام گیرد.

روکش‌های مبتنی بر نانوذره پتانسیل خود را به عنوان مواد خودپاک‌کن نیز نشان داده‌اند. BMW به همراه شرکت Creavis به دنبال این قضیه است؛ هر چند گریس می‌تواند این خواص خودپاک‌کنی را منهدم کند.

در ورای صنعت خودرو، فناوری نانو تأثیراتی داشته است؛ مثلاً در روکش‌های ضدخوردگی و ضدسایش مبتنی بر نانوذرات قایق‌ها. بازار قایق‌ها متنوع است و سریعترین جذب مواد تقویت شده با

[1] Fibrils

الیاف‌کربنی و فایبرگلاس را برای موارد تفریحی شاهد بوده است؛ اما کشتی‌های بزرگ اقیانوس پیما هنوز از فولاد ساخته می‌شوند؛ البته روکش‌های نانوذره‌ای دارای خواص ضدکثیفی[1] هم اکنون در آنها استفاده می‌شوند. اشکال جدید فولاد همچون محصول نانوبلورین ذکر شده NKK می‌تواند اثر خوبی روی صنعت کشتی‌های بزرگ داشته باشد، اما صرفه‌جویی وزنی اجزای ساختاری محرک قابل‌ملاحظه‌ای نخواهد بود.

دیگر عرصه‌های ترابری، مثل حمل و نقل عمومی با اتوبوس یا قطار در معرض فشارهایی مشابه صنعت خودروسازی در رابطه با وزن- و لذا صرفه‌جویی در سوخت می‌باشد.

۲-۲- سنسورها

به کارگیری فناوری سنسور در صنعت خودروسازی، مخصوصاً برای نظارت و کنترل موتور بسط زیادی پیدا کرده است. گذشته از این مسأله، مشهورترین سنسور خودرو شتاب‌سنج مبتنی بر MEMS است که ماشه کیسه‌های هوا را در هنگام تصادف می‌کشد. از آنجا که وزن سنسورها در وزن کل خودرو اثر چندانی ندارد، در واقع محرک اقتصادی کمی برای کوچکتر کردن آنها از مقیاس میکرونی فعلی وجود دارد؛ بنابراین کاهش بیشتر اندازه منوط به کاهش قیمت است. موازنه اقتصادی مشابهی نیز بر قطعات الکترونیکی درون خودرو حاکم است، که با توسعه راهکارهای ساخت ارزان تعداد اندکی از مدارات به دلخواه طراحی شده به کمک فناوری‌هایی چون چاپگر جوهرپاش[2]، در واقع اندازه قطعات امکان افزایش دارد. با این حال این فناوری اغلب برای ساخت الگوهای چاپی رسانا، بر نانوذرات فلزی متکی نیست.

[1] Anti-fouling
[2] Ink-Jet Printing

۲-۳- صفحات نمایشگر

صفحات نمایشگر مسطح- که مثلاً با تکیه بر نانولوله‌های کربنی به عنوان قطعات نشر میدانی کار می‌کنند- قطعاً به عنوان صفحات نمایشگر وضعیت خودرو کاربرد خواهند داشت. مثلاً Audi یک صفحه نمایشگر مسطح مبتنی بر FED[1] ساخت شرکت PixTech را مورد ارزیابی قرار داده است. فناوری‌های نوین نمایشگر در بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات از راه دور گنجانده شده است.

۲-٤- مبدل‌های کاتالیستی و فیلترها

هم نانوذرات و هم مواد نانوحفره‌ای قابلیت بالایی را در کاتالیز به طور عام ارایه می‌کنند و هیچ دلیلی وجود ندارد که مبدل‌های کاتالیستی یک استثناء باشند.

استفاده از نانوذرات در مبدل‌های کاتالیستی همان مزایایی را ارایه می‌دهد، که در هر راکتور کاتالیستی دیگری موجب می‌شود- افزایش سطح ویژه سرعت واکنش را افزایش می‌دهد. شرکتهایی همچون Nanophase برای توسعه چنین مصارفی، نانوذراتی با قطر تقریبی ۱۰ nm تهیه می‌کنند.

در مورد فیلتراسیون، انتشار ذرات از وسایل نقلیه دیزلی موجب نگرانی خاصی شده است و توسعه فناوری‌های نوین فیلتراسیون می‌تواند اثرگذار باشد. با این حال اندازه ذرات منتشره معمولاً در سطح میکرونی است و فیلتراسیون مقیاس‌نانو همیشه لازم نخواهد بود.

۲-۵- نیرو محرکه

عمده تأثیرات بالقوه فناوری نانو در تأمین نیروی خودروها و دیگر اشکال حمل و نقل، احتمالاً در پوشش فناوری رقیب "باتری‌ها" و "پیل‌های سوختی" خواهد بود.

---

[1]Field Emission Diode

تلاش برای ساخت خودروهای تجاری متکی بر نیروی الکتریکی باتری‌ها به دهه‌های پیش برمی‌گردد. گذشته از ناوگان وسایل نقلیه کوتاه‌برد، این خودروها تأثیر چندانی نداشته‌اند؛ هر چند خودروهای تلفیقی الکتریسیته و احتراق داخلی اخیراً به موفقیت تجاری دست یافته‌اند.

مشکل نیروی باتری این بوده، که این فناوری با سرسختی در مقابل بهبود توان بر واحد وزن (دانسیته توان) یا سرعت شارژ و تخلیه مقاومت می‌کرده است. اکنون فناوری نانو نویدبخش پیشرفت در این زمینه شده است.

استفاده از نانوذرات در باتری‌ها به پیش نمونه‌های باتری لیتیوم با سرعت شارژ و تخلیه‌ای ۱۰۰ بار بیشتر از انواع تجاری موجود منجر شده است (شرکت سوئیسی Xoliox که هم اکنون مالک Ntera است، با کمک گرفتن از نانوذرات Altair Nanotechnologies چنین ادعاهایی را برای باتری‌ها مطرح نموده است) یک پژوهش جدید نیز پیشنهاد می‌کند، که نانولوله‌های کربنی ممکن است ظرفیت باتری‌ها را دو برابر کنند.

با وجود این که پیشرفت فناوری باتری موجب افزایش بالقوه رخنه خودروهای الکتریکی به بازار می‌شود، غلبه برکارایی موتورهای احتراق داخلی برای آنها سخت خواهد بود و مطمئناً خودروهای شارژ شونده از منابع الکتریسیته مرکزی به نحو ناامید کننده‌ای ناکارا خواهند بود. لذا سیستم‌های مخلوط که موتور الکتریسیته لازم برای شارژر باتری را فراهم می‌کند ترقی بسیار بیشتری خواهند نمود.

یک علت عمده گرایش به فناوری‌های جدید در تأمین نیروی محرکه خودروها احتمالاً اشتیاق به کاهش انتشار آلاینده در شهرهای بزرگ دنیاست، که هنوز هم آلودگی خودروها مسایل فزاینده‌ای را ایجاد می‌کند. هر چه انرژی از شبکه نیرو- که با روشهای مرسوم همچون نیروگاههای سوخت فسیلی تأمین می‌شود- برداشت شود، معادلات اقتصادی و آلودگی روی خوشی به خودروهای صرفاً متکی بر باتری نشان نخواهند داد.

البته اگر برق به صورت خانگی از منابعی همچون انرژی خورشیدی تولید شود، خودروهـای صـرفاً متکی بر باتری می‌توانند واقعاً جذاب شوند. با این حال بسیاری از افراد نویدبخش‌ترین راه کاهش تصاعدی انتشارات را در پیل‌های سوختی می‌جویند.

سوخت بالقوه پیل‌های سوختی برای وسایل نقلیه موتوری هیدروژن (به دلیل تولید صرفاً آب ایده‌آل است) و هیدروکربن‌هایی چون متان می‌باشد. بحث‌های زیادی روی مقدار هیدروژنی که نانولوله‌های کربنـی قادر به جایدهی هستند وجود دارد، اما پژوهش روی آن فعال است. برای آزمون بزرگ استفاده از نانولوله‌هـا برای ذخیره هیدروژن ناچار به صبر برای احتمالاً یکی دو سال هستیم، تا نمونه‌های دارای کیفیت موثق برای تحقیق به خوبی در دسترس قرار گیرند.

با این حال حتی اگر ثابت شود نانولوله‌های کربنی ظرفیت کافی برای ذخیـره هیـدورژن را داشـته و ثابت شود پیل‌های سوختی به این شکل اقتصادی خواهند شد (وزارت انرژی آمریکا ظرفیت ۶/۵٪ وزنـی را به عنوان هدف برای عملی شدن استفاده از پیل‌سوختی مبتنی بر هیدورژن در وسایل نقلیه تعیین کرده اسـت. برخی از محققین ادعای گذر از این مرز را کرده‌اند، که البته چندان نامتناقض نیـست)، سـاخت شـبکه ملـی توزیع هیدروژن مطرح خواهد بود که ابداً چیز کـوچکی نیـست. مـشابه بـا ملاحظـات مربـوط بـه پـذیرش باتری‌ها برای تأمین نیروی محرکه خودروها، فناوری‌های دیگری همچون پیل‌هـای خورشـیدی- مخـصوصاً آنهایی که به جای الکتریسیته هیدورژن تولید می‌کنند- نیز می‌توانند طرز کاری خاص داشـته باشـند. وجـود توأم فناوری‌های باتری و پیل سوختی برای خودروها می‌تواند به شدت از تغییـرات مجمـوع بـازار تولیـد و توزیع انرژی متأثر شود. مباحث پیچیده مربوط به این موضوع در بخش تولید و توزیع انرژی آمده است.

۲-٦- شرکتهای استفاده کننده از فناوری نانو در صنعت خودروسازی

واضح است شرکتهای زیادی از یک یا چند راه به بازار خودرو و حمل و نقل خدمت‌رسانی می‌کنند، که بعضی از آنها ممکن است درگیر فناوری نانو باشند. به علاوه فناوری‌های خاصی چون کامپوزیت‌های سبک وزن، کامپوزیت‌های رسانا و روکش‌ها احتمالاً مورد توجه صنعت خودرو می‌باشند. جدول ۳ فهرست شرکتهایی را که به طور خاص از فناوری نانو در بازار خودرو و حمل و نقل استفاده می‌کنند نشان می‌دهد.

جدول۳ شرکتهای استفاده کننده از فناوری نانو در صنعت خودروسازی	
شرکت	**فعالیت**
AKTINA	صاحب یک فناوری نشاندن ذرات ریز روی گستره‌ای از سطوح برای مصارفی در انواع جدید مبدل‌های کاتالیستی است.
APYRON TECHNOLOGIES INC.	در حال توسعه یک دام[1] گوگردی برای موتورهای دیزل کم فعالیت می‌باشد.
BASELL	با همکاری جنرال موتورز یک الفین ترموپلاستیک نانوکامپوزیتی را توسعه داده است، که جنرال موتورز آن را برای خودروهایش پذیرفته است.
DEGUSSA	تولید یک دوده نانوساختاری را به عنوان افزودنی تایرهای خودرو جهت افزایش عمر محصول، کاهش اصطکاک و مصرف سوخت شروع خواهد کرد.

[1] Trap

DOW CHEMICALS	در حال توسعه فناوری تولید نانوکامپوزیت برای مصارف خودرو می‌باشد.
ENGELHARD	روی نانوذرات کاتالیستی اکسیداسیون برای موتورهای دیزلی کار می‌کند، تا انتشار گازهای سمی حاصل از احتراق سوخت دیزل را کاهش دهد.
GENERAL HYDROGEN	روی پیل‌های سوختی برای اهداف به حرکت درآوردن وسایل نقلیه در حال تحقیق و توسعه است.
GENERAL MOTORS	استفاده از پلاستیک‌های الفینی نانوکامپوزیت رس را برای قطعات بیرونی بعضی از وسایل نقلیه شروع کرده است. روی فناوری پیل سوختی نیز تحقیق می‌کند.
HYPERION CATALYSIS	توده درهمی از نانولوله‌های چند دیواره (۸ تا ۱۵ دیواره) را با نام لیفچه‌های[1] کربنی –که به عنوان افزودنی پلیمر به کار می‌برند– تولید می‌کنند. بازارهای هدف شامل صنعت خودروسازی نیز می‌شود، که خواص رسانایی نانولوله‌ها موجب پراکندگی بارهای ساکن و قابلیت رنگ‌آمیزی الکترواستاتیک قطعات می‌شود.
NANOCOR INC.	کانی‌های رس مقیاس‌نانو را برای استفاده از نانوکامپوزیت‌های پلاستیکی سبک وزن با استفاده از فناوری کسب امتیاز شده از تویوتا تولید می‌کند.

[1] Fibrils

NKK CORP.	تولید کننده فولاد. آنها از نانوذرات کربنی برای خلق فولادهای با استحکام کششی بالا استفاده می‌کنند، که تویوتا از آنها در خودروهایش بهره می‌برد.
OXONICA	روی یک نانوپودر کار می‌کند، که باعث بهبود فرآیند احتراق موتورها می‌شود.
SOUTHERN CLAY PRODUCTS	نانورس‌های مورد نیاز پروژه مشترک خود با جنرال موتورز و Montell را تأمین می‌کند. این مواد در تولید نانوکامپوزیت‌های ترموپلاستیک مورد استفاده در قطعات خودرو به کار می‌رود.
SUNYX SURFACE NANOTECHNOLOGIES GmbH	روی میکروسطوح به شدت آب‌گریز کار می‌کند، که ادعا شده یکی از مصارف بالقوه آنها در صنعت خودرو است.
TOYOTA MOTOR CORP.	یک تولید کننده خودرو که سالهاست روی نانوکامپوزیت‌های نایلون–رس کار می‌کند در حال حاضر پلاستیک‌های نانوکامپوزیتی را در روکش تسمه حفاظتی موتور برخی خودروها به کار می‌برد.
VERSILANT NANOTECHNOLOGIES	روی مواد کامپوزیتی بسیار قوی مبتنی بر نانولوله‌ها کار می‌کند، که هدف اولیه از آنها صنعت فضا و سپس خودروسازی است.

فصل سوم

فناوری اطلاعات و مخابرات

۳- فناوری اطلاعات و مخابرات

Zyvex حجم فروش سالیانه کامپیوترها و شبکه‌ها را با در نظر گرفتن تمام اجزای سیستم مانند حافظه، دیسک، پردازنده مرکزی، ارتباطات و بسته‌بندی، ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ میلیارد دلار تخمین زده است.

تحول و نوآوری فناوری اطلاعات (IT) و مخابرات باعث انقلابی در زندگی ما از لحاظ دسترسی به اطلاعات، برقراری ارتباط با دوستان، بهبود وضعیت بهداشتی و انجام گونه‌هایی جدید از تفریحات شده است. امروزه هر وسیله الکترونیکی دارای یک نیمه هادی است؛ در این مورد می‌توان از رایانه‌های شخصی و تلفنهای همراه تا اتومبیل و سایر وسایل را مثال‌زد. رقابت شرکتهای قطعه‌سازی روی ساخت قطعات جدید و بهبود کیفیت محصولات مستلزم دست‌یابی به تراشه‌های کوچکتر و سریعتر با افزایش توان پردازش و کارکرد است.

بر اساس داده‌های اتحادیه صنایع الکترونیک در حال حاضر ۴۰۰میلیون کاربر اینترنتی و بیش از ۵۰۰ میلیون کاربر تلفن همراه در سراسر جهان وجود دارد. تعداد جا به جایی اینترنتی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ به بیش از ۱۰ برابر افزایش یافته و در واقع از ۲۴ میلیون به ۲۴۰ میلیون رسیده است. بانی این فرآیند سریع شرکت Intel بود. مشاهدات بنیانگذار این شرکت، گوردون مور نشان می‌دهد که قدرت محاسباتی در طی ۳۰ سال هر ۱۸ ماه دو برابر شده و به نظر می‌رسد این روند حداقل تا یک دهه آینده ادامه داشته باشد.

آینده حتی جالب‌تر از این خواهد بود: محصولات، کوچکتر، سریعتر، بهتر و ارزانتر خواهند شد؛ پهنای باند مخابراتی اجازه افزایش سرعت انتقال (میان گذر) و ظرفیت فرستادن مقادیر بزرگتری از اطلاعات (پهنای باند) را می‌دهد.

نسل آینده کامپیوترهای شخصی، تلفنهای همراه و محصولات تفریحی خانگی به پیشرفتهای آینده در ستون فقرات فناوری الکترونیک و اینترنت یعنی سوئیچها و روال‌ها و تجهیزات وابسته متکی است.

به نظر می‌رسد که رشد IT و مخابرات در سالهای آینده غیر قابل توقف باشد و این امر حجم عظیمی از چرخه اشتغال را به خود اختصاص می‌دهد. در حالیکه استفاده بهینه از زمان یک زمینه رقابتی است. مشکلات متعدد دیگری نیز وجود دارد که عبارتند از: سوء استفاده از حریم شخصی، امکان حملات سیبرنتیک، افزایش نابرابری‌های اجتماعی در اثر "تقسیم دیجیتال" [1] و افزایش حجم ضایعات الکترونیکی است.

۳-۱- فتولیتوگرافی

دقت روشهای لیتوگرافی مرسوم در حدود ۱۰۰ nm یعنی مرز فوقانی مقیاس‌نانو مطابق اکثر تعاریف است. این فناوری بخشی از یک صنعت پابرجا می‌باشد، که اسنادی همچون "نقشه راه بین‌المللی فناوری نیمه هادی‌ها" و "نقشه راه فناوری نانو برای نانوالکترونیک" به خوبی به آن پرداخته‌اند. بر مبنای همین اصل ۱۰۰ نانومتر نانوالکترونیک اولیه با فناوری‌هایی همچون فناوری صنعت نیمه‌هادی زیرچتر فناوری نانو آفریده خواهند شد و در نتیجه اندازه بازار فناوری نانو ناگهان افزایش یافته و توجه به فناوری‌های جدید کمتر می‌شود.

۳-۲- الکترونیک و اپتوالکترونیک

اغلب از الکترونیک به عنوان محرک اصلی فناوری نانو یاد می‌شود. تکامل بازار نیمه‌هادی مرسوم به سمت مقیاس‌نانو، بخش ابزارها را به نحو قابل‌ملاحظه‌ای متحول کرده است و موجب انجام تحقیقات

[1] Digital Divide

فراوانی روی بسط قانون مور به ماورای محدودیت‌های لیتوگرافی موجود- که به نظر می‌رسد ده تا پانزده سال آینده به آنها خواهیم رسید- شده است.

در آغاز باید هشدار داد، رشد تماشایی صنعت الکترونیک در دهه گذشته متأثر از محرک کاربرد بوده است- حتی با وجود این که بسیاری از این کاربردها پیش از این که فناوری آنها را ممکن سازد قابل تصور نبودند. اگرچه کاهش اندازه و افزایش پیچیدگی مدارات مجتمع جزء لاینفک این رشد بوده، اما افت تصاعدی هزینه میکروپردازنده‌ها اولین عامل ظهور بازار کامپیوترهای شخصی، تکامل سیستم‌های تجاری و ساختارهای عمومی تبادل داده در اینترنت بوده است. این واقعیت که هزینه و اندازه طرح به موازات هم سیر نزولی داشته‌اند، دلیلی برای ادامه آن نیست- مخصوصاً به دلیل جابجایی در پارادایم این فناوری.

مطمئناً در عرصه کلیدی پردازنده‌های کامپیوتری، کوچک‌سازی و کاهش مصرف و قیمت و افزایش قدرت پردازش حاصل از آن ادامه خواهد یافت و پردازنده‌های مبتنی بر فناوری نانو عملاً از فناوری‌های فتولیتوگرافی موجود جلو خواهند زد. انتظار نمی‌رود این تحول در ده سال آینده رخ دهد. البته اخیراً جهش‌های مهیج فراوانی در عرصه‌هایی همچون الکترونیک مولکولی و الکترونیک مبتنی بر نانولوله‌ها و نانوسیم‌ها رخ داده است. سرمایه‌گذاری‌های باور نکردنی و سازگاری فناوری‌های جدید با فتولیتوگرافی موجب خواهند شد تا کاربردهای تجاری زودتر بروز کنند.

با این حال در کاربردهای تخصصی‌تر، همچون پردازنده‌های نسبتاً ساده و بسیار متنوع موجود در محصولات دور و بر ما (از خودروها تا یخچال‌ها) عرصه رقابتی بالقوه‌ای وجود دارد، که بدون کاهش اندازه موجب کاهش قیمت (یعنی انقطاع روندی که سالها ادامه داشته) و همچنین موجب سهولت دلخواه‌سازی محصول می‌شود. این مدارات حاصل توسعه چاپ جوهرپاش و فناوری‌های مشابه آن است. با وجود این که مقیاس این فناوری‌ها در حد مقیاس‌نانو نیست، اما از نانوذرات برای رساناسازی الگوهای چاپی سود می‌برند

و در هنگام ارزیابی پویایی صنعت آینده پردازنده‌ها نباید قابلیت احتمالاً بزرگ آنها را نادیده انگاشت. انتظار می‌رود شرکتهای مشغول به کار روی تجاری‌سازی این راهکارها و محصولات تا دو سال آینده ظاهر شوند.

۳-۲-۱-پردازنده‌ها

محصولات تجاری فناوری نانو در عرصه پردازنده‌های کامپیوتری به دلیل پیچیدگی بیشتر بسیار دورتر از قطعات ذخیره‌سازی قرار دارند. نیمه‌دوم ۲۰۰۱ با سیلی از نتایج روبرو بود، که اولین گامها به سمت پردازنده‌های مقیاس‌نانو را نشان می‌داد:

- گروهی در IBM بنیانی‌ترین عنصر منطقی (یک گیت NOT) را آفریدند.
- گروهی در دلفت در هلند انواع اجزای مداری بنیادی را از نانولوله‌ها ساختند.
- گروهی در آزمایشگاههای بل اولین ترانزیستور تک‌مولکولی قابل آدرس‌دهی مستقل را خلق کردند.
- و گروهی در هاروارد انواع اجزای مداری بنیادی را از نانوسیم‌های خودآرا ساختند.

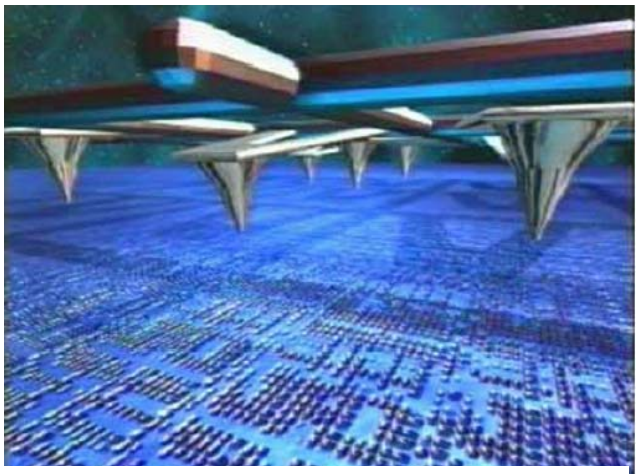
این دستاوردهای برجسته اولین مرحله پیشرفت کار را نشان می‌دهد. رئیس گروه IBM (که گیت نانولوله‌ای NOT را ساخته‌اند) چندین سال فاصله را با اولین محصول تجاری پیش‌بینی کرده است.

تحقیقات جدید انواع فناوری‌هایی را نشان می‌دهند که می‌توانند در نانوالکترونیک سهیم باشند. در این مرحله اولیه کنار زدن یکی از آنها به جای دیگری منطقی نیست. البته این به معنای نبود قابلیت‌های کوتاه‌مدت‌تر نیست؛ مثلاً آشکارسازی زیستی در کانون توجه شرکتهایی چون Nanosys (شرکتی بپاخاسته از گروه فوق‌الذکر در هاروارد) قراردارد.

روشهای مرسوم لیتوگرافی هنوز در حال تکامل‌اند و انتظار می‌رود تا مدتی به این روال ادامه دهند. قیمت تسهیلات ساخت به موازات تعداد ترانزیستورهای یک تراشه افزایش می‌یابد - این مطلب گاهی قانون دوم مور خوانده می‌شود.

ممکن است در نهایت مجموعه متنوعی از اجزا در پردازنده‌های نانوالکترونیکی استفاده شود، مثل نانولوله‌های کربنی، نانولوله‌های غیرکربنی، نانوتسمه‌ها، نانوسیم‌ها، نانوالیاف و انواع مولکولهای آلی. ساخت چیزی فراتر از اجزای بنیادی منطقی با این عناصر - مخصوصاً با سرعتی که تولید انبوه آن منطقی باشد- همچنان بزرگترین چالش موجود است. در اینجا نیز مثل مورد قطعات حافظه، راهکار خودآرایی قابلیت خوبی دارد، اما به دلیل پیچیدگی کار با چالشهای بزرگتری روبرو هستیم. با این حال با توجه به تلاشهای قابل‌ملاحظه‌ای که در زمینه طراحی مکانیسم‌های خودآرایی صورت گرفته، امیدواری زیادی وجود دارد که در نهایت بتوان به خلق یک سری از فرآیندهای خودآرایی (یا خودآرایی تسلسلی که در طبیعت مکرراً به کار می‌رود) دست یافت. واحدهای ساختمانی مولکولی برای آرایش به صورت ساختارهای پیچیده‌تر طراحی می‌شوند، که آنها نیز برای خودآرایی به صورت ساختارهای پیچیده‌تر طراحی شده‌اند و به همین ترتیب تا آخر. کار طراحی بسیار مشکل است؛ چون شما در هر مرحله نه فقط به ساختارهای هدف که به نحو واکنش‌دهی ساختارهای اولیه و هدف هم باید توجه داشته باشید. با این حال اگر ساختارهای ساخته شده به خوبی عمل کنند، احتمال موفقیت تجاری آن بسیار بالاست، چون این سیستم‌ها خودبه‌خود تکثیر می‌شوند.

مولکولهای آلی به طبیعی‌ترین شکل، خود را در اختیار روالهای خودآرایی قرار می‌دهند. ملاحظات گنجانده شده در قسمت حافظه مولکولی آلی، در پردازنده‌ها و کاربردهای بالقوه آنها نیز صدق می‌کند - با این تفاوت که پیچیدگی بیشتر پردازنده‌ها چالش‌های بزرگتری را موجب می‌شود.



شکل ۲: "هزارپا". منبع: IBM

توانمندی‌هایی نیز در راهکاری موسوم به "nano-inside" وجود دارد، که شامل افزودن نانوساختارها به قطعات الکترونیکی مرسوم می‌باشد.

یک فناوری که اغلب در ساخت ساختارهای مقیاس‌نانو از آن چشم‌پوشی می‌شود، لیتوگرافی نرم است. این فناوری لااقل برای تولید نیمه‌انبوه مناسب می‌باشد و می‌تواند در حد چند ده نانومتر طرحهایی را بیافریند. مانع عمده به کارگیری این فناوری در نانوالکترونیک، مشکل بودن ساخت لایه‌های چندگانه به دقت چیده شده آن است. معهذا سادگی آن می‌گوید، این فناوری - شاید در کنار یک راهکار دیگر همچون خودآرایی اجزای مولکولی- کاربردهایی در نانوالکترونیک خواهد یافت.

۳-۲-۲-ذخیره‌سازی داده

در هنگام ملاحظه فناوری‌های ذخیره‌سازی داده این نکته بسیار حائز اهمیت است که بدانیم، بازار فعلی به علت وجود برخی فناوری‌ها به زمینه‌های کاربردی نسبتاً بالغی تقسیم شده است. در حال حاضر این فناوری‌ها بین دو زمینه زیر تقسیم شده‌اند:

- حافظه‌های پرحجم، دارای دسترسی کند و غیرفرار ؛ مثل هارددیسک‌های مغناطیسی

- حافظه‌های کم‌حجم، دارای دسترسی سریع و معمولاً فرار؛ مثل حافظه دسترسی اتفاقی پویا (DRAM) در کامپیوترهای شخصی.

حافظه‌هایی همچون EEPROM (حافظه فقط خواندنی قابل برنامه‌ریزی و قابل پاک‌شوندگی الکتریکی) و Flash RAM – که در وسایلی همچون تلفن همراه، دوربین‌های دیجیتال و غیره همه‌گیر شده است– در جایی مابین این دو دسته قرار دارند.

جداکردن کاربردهای فعلی فناوری‌های مختلف، نتیجه طبیعی موفقیت دنباله‌دار آنها تاکنون بوده ، که ممکن است در آینده ادامه نداشته باشد.

احتمالاً مهمترین عامل ایجاد فاصله بین دو شکل تجاری مرسوم ذخیره‌سازی داده، یعنی DRAM و دیسک مغناطیسی، این واقعیت است که DRAM فرار می‌باشد– یعنی هنگام خاموش شدن کامپیوتر، داده‌های آن از بین می‌روند. یک حافظه غیرفرار پرظرفیت که به کامپیوترهای شخصی و دیگر وسایل امکان روشن‌شدن آنی را بدهد، می‌تواند فاصله موجود را کم‌رنگ سازد. این که تا چه حد می‌تواند چنین کند، به ظرفیت و قیمت حافظه و سرعت آدرس‌دهی داده‌ها (زمان جستجو) بستگی دارد. پیش‌بینی می‌شود در سه تا پنج سال آینده دو فناوری RAM پرحجم و غیرفرار بازار را تکان دهند: یکی بر مبنای نانولوله‌های کربنی و دیگری بر مبنای آرایه‌هایی از تیرک‌های میکروسکوپ پروب پیمایشگر (به نظر می‌رسد مورد دوم موجب ظرفیت‌های بالاتر اما سرعتهای جستجوی کمتری شود؛ بنابراین هر دو کاربردهای خاص خود را خواهند یافت). اگر به ظرفیت‌های پیش‌بینی‌شده دست پیدا کنیم، ممکن است دیسک درایوهای کامپیوترهای شخصی از رده خارج شوند.

از منظر فناوری‌های رقیب، میدان ذخیره‌سازی داده به نحو غیرمعمولی پویاست و پیش‌بینی فناوری‌های غالب آینده بسیار دشوار است. اگر چه همه این فناوری‌ها مقیاس‌نانو نیستند، اما روند موجود در

جوامع مدرن به سمت ذخیره‌سازی و مدیریت مقادیر روزافزون داده- از مجلات، کتب و اطلاعات مرجع در دسترس[1] تا سکوت دیجیتالی[2] و تصاویر متحرک- به خوبی بیانگر رشد کوچک‌سازی می‌باشد، البته این روند کوچک‌سازی به خاطر این نیست که جاه‌طلبی ذخیره اطلاعات کتابخانه کنگره در یک حبه قند عملی شود، بلکه به آن علت که فناوری‌های کوچکتر معمولاً سرعت‌های دسترسی بالاتری را عرضه می‌کنند.

مورد دیگری که ساختارهای فناوری و بازار موجود نمی‌توانند به آینده تعمیم پیداکنند در اینجاست، که اکثر داده‌ها در حال حاضر به صورت محلی روی کامپیوترهای شخصی خانگی و سرورهای دانشگاهی و تجاری نگهداری می‌شود. اما به نحو متقاعدکننده‌ای سخن از نامعقولانه‌بودن این روش مدیریت داده به میان آمده است. در صورت وجود پهنای باند مناسب و اعتماد کافی سه‌جانبه، بسیار مناسب‌تر است تا داده‌ها را با روالهای پشتیبان [3] موثق در جاهایی تخصیص یافته ذخیره کرده و آنها را به صاحبانشان – حسب تقاضایشان- رساند. این پارادایم مبنای ایده‌هایی چون"کامپیوترهای شبکه‌ای"[4] و مدل "تأمین‌کننده خدمات کاربردی" [5] خواهد بود- که هر دو تاکنون موفقیت ناچیزی را نشان داده‌اند. با این حال هنوز بحث آنها منتفی نیست و هنگام ارزیابی تأثیر فناوری‌های آینده ذخیره‌سازی نباید فراموش شود، که دسترسی پیشرفته و با پهنای باند عریضتر به اینترنت، ممکن است بازار فناوری‌های نوین ذخیره داده مبتنی بر مصارف ذخیره‌سازی محلی داده را تباه سازد.

بخش‌های ذیل گاهی بسیار فنی می‌شود؛ چرا که حوزه گسترده راهکارهای ذخیره داده انجام این کار را گریزناپذیر می‌سازد. جزئیات فنی در نهایت، تعیین‌کننده موفقیت یک راهکار بر دیگری، یا کاربرد خاص یک فناوری خواهد بود.

---

[1] On-line
[2] Digitized Still
[3] Backup
[4] Network Computers
[5] Application Service Provider

۳-۲-۲-۱ ذخیره‌سازی نوری

هم‌اکنون CDها روش انتخابی شرکتهای تجاری برای توزیع نرم‌افزار است. این واقعیت که امروزه همه کامپیوترهای شخصی یک CD خوان دارند، CDها را ابزاری متداول برای نگهداری و ارسال داده‌ها در داخل و خارج این شرکت‌ها کرده است. بی‌شک DVDها این روند را ادامه خواهند داد. با این حال هنوز رسانه‌های نوری نتوانسته‌اند در زمینه ذخیره‌سازی متناوب خواندن- نوشتن، رسانه‌های مغناطیسی را تهدید کنند. با توجه به سرعت افزایش دانسیته ذخیره‌سازی مغناطیسی، به نظر نمی‌رسد آنها در آینده نزدیک نیز قادر به چنین کاری باشند.

در کل، دانسیته داده قابل دستیابی با سیستم‌های ذخیره نوری با محدودیت‌هایی مشابه با لیتوگرافی نوری مواجه است: طول موج نور (چندصد نانومتر) محدودکننده دقت کار است. با این حال سیستم‌های مغناطیسی- نوری (که نور برای خواندن و نه نوشتن به کار می‌رود) می‌توانند موجب رسیدن به چنین دقتی در سیستم‌های مغناطیسی شوند. به همین شکل از روشهای نوشتنی دیگری نیز می‌توان سود برد- مثلاً Nimbus Technology در انگلستان استفاده از پرتو الکترونی را برای نوشتن روی دیسک‌های نوری بررسی کرده است. علاوه بر این راهکارهای دیگری نیز وجود دارد؛ مثل استفاده از شکاف‌های بسیار کوچک روی هِد نویسنده بسیار نزدیک به سطح برای رسیدن به دانسیته چندصد گیگابیت در هر اینچ مربع ($Gbit/cm^2$ ۱۵ = $Gbit/in^2$ ۱۰۰). این قسم از فناوری‌ها از اثرات فاصله نزدیک[1] برای رسیدن به درجه‌های تفکیک کوچکتر از طول موج نور استفاده می‌کنند. نیازمندی به ماسک، در لیتوگرافی بهره‌برداری از این اثرات را مشکل کرده است، اما رسانه‌های ذخیره‌ساز[2] با این مسأله مواجه نیستند.

[1] Near-Field
[2] Recording Media

راهکاری که به جای دو بعد با سه بعد، دانسیته ذخیره‌سازی قابل‌ملاحظه‌ای را موجب می‌شود، راهکار هولوگرافیک است. تاکنون این روش نوید تجاری به همراه نداشته است و جایگزین‌های آن در بهره‌برداری سه بعدی همچون دیسک‌های چندلایه مورد بررسی گروههایی همچون Thomson در فرانسه بوده‌اند.

۳-۲-۲-۲ ذخیره‌سازی مغناطیسی

دیسک‌های مغناطیسی

دیسک‌های مغناطیسی – که اولین بار در سال ۱۹۵۷ در IBM ساخته شدند– ظرفیت خود را به موازات قانون مور افزایش داده و اخیراً با دو برابر شدن سالانه ظرفیتشان شتاب گرفته‌اند. بازار فعلی آنها در حدود ۴۰ میلیارد دلار است. به عنوان مثالی از دانسیته داده و سرعت تغییر فعلی آنها جالب است بدانید، AFC technology (متعلق به IBM) از اواسط ۲۰۰۱ شروع به فروش دانسیته‌های ۲۵ $Gbit/in^2$ (۴ $Gbit/cm^2$) نمود، اما معتقد بود می‌شود آن را تا ۱۰۰ $Gbit/in^2$ (۱۵ $Gbit/cm^2$) ادامه داد. فوجی نیز یک فناوری روکش‌دهی مغناطیسی جدید را در نوامبر ۲۰۰۱ اعلام کرد، که تا ۲۰۰ $Gbit/in^2$ (۳۰ $Gbit/cm^2$) را ممکن خواهد ساخت. همانند راهکارهای لیتوگرافی مورد استفاده در ساخت مدارات، این دانسیته‌ها از آنچه تا چندی پیش به عنوان محدودیت فیزیکی یاد می‌شد، می‌گذرند.

در مورد رسانه‌های مغناطیسی، اعتقاد بر این بود که محدودیت فیزیکی در جایی است، که اثرات نوسانات حرارتی روی اسپین الکترون (مبنای خاصیت مغناطیسی) احتمالاً موجب واژگونی خود به خود جهت مغناطیسی یک بیت از داده طی عمرکاری پیش‌بینی‌شده یک دیسک درایو خواهند شد. این مشکل–

موسوم به محدودیت ابرپارا مغناطیسی[1] – با ساخت عمیق‌تر بیت‌های مغناطیسی فروکش کرد و بنابراین باعث شد در یک حجم ثابت مساحت بیت روی سطح خواندن- نوشتن کاهش یابد. در اواسط ۱۹۹۹ گمان می‌رفت، این محدودیت دانسیته داده را در $Gbit/in^2$ ۱۰۰ یا کمتر متوقف سازد.

سرعت‌های دسترسی داده برای دیسک درایوهای مغناطیسی (حدود۷٪ بر سال) – علیرغم پیشرفت – به سرعت‌های افزایش ظرفیت حتی نزدیک هم نشده است. این سرعت‌ها به دانسیته داده ، سرعت چرخش دیسک و سرعت حرکت هِدها وابسته‌اند. نوشتن داده‌ها نیز معضل دیگری است، چون انجام آن نیازمند تغییر جهت مغناطیسی است و الکترونها را نمی‌توان به تغییر فوری اسپین‌شان وادارکرد. این محدودیت فیزیکی "بنیادی" سرعت نوشتن- آن را هم می‌توان با روشهای مختلف تمدید کرد- اثر قاطع و جالبی روی قطر دیسک‌ها داشته است. از آنجایی که سطح زیر هِد نوشتن در جاهای دورتر از مرکز دیسک‌چرخان سریعتر حرکت می‌کند، قسمت‌های خارجی دیسک زودتر با محدودیت سرعت نوشتن مواجه می‌شوند. لااقل به این علت است، که دیسک‌ها روزبه‌روز کوچک می‌شوند. دیسک‌های ابتدایی ۲۴ اینچ (cm ۶۰) قطر داشتند، اما هم‌اکنون حول و حوش ۳-۲ اینچ (۷/۵ cm-۵) هستند. در نهایت برای دستیابی به دانسیته‌های بالاتر داده در حوزه فراتر از $terabit / in^2$ ۱ ($Gbit/cm^2$) لازم جایگزینی برای این فناوری پیدا شود. تا آن موقع نسبت قیمت به کارایی موجب می‌شود، بازار غیرمنعطف ذخیره‌سازی حجیم در کامپیوترهای شخصی و ماشین‌های تجاری برای ورود یک فناوری جایگزین شکاف بردارد.

[1] Superparamagnetic Limit

MRAM

نوع دیگری از ذخیره‌سازی داده که خلق‌شده اما هنوز به مرحله تجاری‌سازی انبوه نرسیده است، حافظه دسترسی اتفاقی مغناطیسی (MRAM) است. این فناوری به دلیل غیرفراربودن بر RAM پویای موجود (DRAM) برتری دارد (البته این تنها راهکار تحت بررسی ساخت RAM غیرفرار نیست). راهکارهای فراوانی برای ساخت حافظه مغناطیسی وجود دارد.

راهگذر اسپین [1]

قدیمی‌ترین راهکار- که تجاری هم شده است- راهگذر اسپین است، که از اثرات مقاومت مغناطیسی غول‌آسا مورد استفاده در هِدهای خواندن دیسک درایو سود می‌برد. به صورت ساده، لایه‌ای از فلز بین دو لایه مغناطیسی ساندویچ می‌شود، که یکی از آنها قابلیت کلیدزنی دارد. هنگامی که میدان‌های مغناطیسی همراستا باشند- یعنی الکترونها در هر دو لایه جهت اسپین یکسانی داشته باشند- الکترونهای فلز به راحتی در راستای جهت اسپین جریان می‌یابند. هنگامی که میدان‌ها در جهت مخالف باشند، الکترونها با هر اسپینی از حرکت باز می‌مانند و به راحتی نمی‌توانند به صورت عرضی جریان یابند، اندازه‌گیری این جریان راهی برای خواندن سلول حافظه و تغییر میدان مغناطیسی یکی از لایه‌های بیرونی راهی برای نوشتن است. اندازه طرح‌های فعلی کمی بزرگتر از DRAM است، اما به انواع کوچکتر آن نیز می‌توان دست یافت. زمانهای دسترسی کمی کندتر از DRAM است.

[1] Spin Valve

اتصال تونلی[1]

مکانیسم اتصال تونلی از نظر استفاده از لایه‌های مغناطیسی همراستا یا غیرهمراستا، با راهگذر اسپین مشابهت دارد. تفاوت در اینجاست، که به جای لایه فلزی از یک عایق استفاده می‌شود و لذا جریان به جای گذر از درون لایه فلزی محبوس به صورت عمودی از آن می‌گذرد. این جریان گذرنده از عایق، جریان تونل‌زنی مبتنی بر مکانیک کوانتومی است که تحت تأثیر همراستایی مغناطیسی قرار می‌گیرد. از آنجایی که جریان عمودی است، مشکلات اتصالات تخفیف‌یافته و دانسیته‌های بالاتری در دسترس قرار می‌گیرند. زمانهای خواندن و نوشتن آن نیز بهتر از راهگذر اسپین می‌باشد.

IBM و Infineon یک پروژه MRAM را در اواخر ۲۰۰۰ بر مبنای قطعات اتصال تونلی شروع کردند.

تزریق اسپین[2]

تزریق اسپین (قراردادن الکترونهای با اسپین معین درون یک ماده)- که هنوز در مرحله آزمایشگاهی است- از نیمه‌هادی‌ها به جای فلزات (دو مثال قبلی) استفاده می‌کند و بنابراین سازگاری بیشتری با فناوری‌های کنونی دارد. مانعی که تا چندی پیش در مقابل توسعه آنها قرار گرفته بود، ساخت نیمه‌هادی‌هایی بود که در دمای اتاق دارای خاصیت مغناطیسی باشند. این مشکل در اواسط ۲۰۰۱ حل شد، اما این فناوری هنوز باید کارایی خود را به اثبات برساند.

[1] Tunnel Junction
[2] Spin Injection

۳-۲-۲-۳ ذخیره‌سازی‌های مبتنی بر میکروسکوپ پروب پیمایشگر

گروههای زیادی با روشهای گوناگون متوجه استفاده از میکروسکوپ‌های پروب پیمایشگر برای ذخیره‌سازی داده شده‌اند.

راهکار مهرزنی[1]

احتمالاً به خاطر سیستم هزارپای[2] IBM، این مشهورترین راهکار ذخیره‌سازی داده مبتنی بر SPM است. از یک تیرک AFM برای ایجاد و خواندن برجستگی‌های روی یک پلیمر استفاده می‌شود.

راهکار تغییرفاز

مشابه روش ضبط داده‌ها روی CD، اما با استفاده از یک تیرک STM به جای لیزر می‌توان از جریان برای ایجاد حرارت استفاده کرد، تا مواد دارای فاز متغیر دگرگون شوند. چندین مؤسسه دانشگاهی و لااقل یک شرکت (هیولت‌پکارد) روی این راهکار کار می‌کنند.

راهکار مغناطیسی

مثل هِدهای نوشتن مغناطیسی مرسوم، می‌توان از یک تیرک SPM استفاده کرد، اما این بار با تغییر خصوصیات مغناطیسی یک ماده الکترومغناطیسی در مقیاسی بسیار کوچکتر. دانشگاه کارنگی‌ملون و دانشگاه تووِنت[3] در هلند روی این راهکار تلاش می‌کنند.

[1] Imprint
[2] Millipede
[3] University Of Twente

همه راهکارهای SPM برای ذخیره‌سازی داده از سرعت‌های پایین خواندن و نوشتن رنج بـرده و راه نجات آنها موازی‌کاری می‌باشد؛ برای این که آرایه‌های پروب دارای قابلیت تجاری باشند، لازم است هزاران عدد پروب در کناریکدیگر به کار برده شوند.

دانسیته بالقوه ذخیره‌سازی داده با این روش بسیار بیشتر از فناوری‌های مغناطیسی موجود است و از ۱۲۵ Gbit/in^2 (۲۰ Gbit/cm^2) تا ۲۰۰ Gbit/in^2 هزارپـای IBM و ۱ terabit/in^2 (۱۵۰ Gbit/cm^2) گـروه کارنگی‌ملون- با یک سرعت خواندن و نوشتن چندگیگابیت بر ثانیه- ذکر مـی‌شـود. گـروه تووننـت حـداقل ظرفیت ۱۰ GB ، اندازه ۲۰mm *۲۰ و یک زمان دسترسی زیر ۱۰ میلی‌ثانیه (با هـزاران پـروب مـوازی) را هدف خود قرار داده‌اند. از این حافظه‌ها می‌توان نه فقط در کامپیوترها که در تلفن‌های همـراه، کامپیوترهـای جیبی، سیستم‌های جای‌داده شده[1] و غیره سود جست.

۳-۲-۲-٤ حافظه مولکولی

حافظه مولکولی علاوه بر داشتن بالاترین دانسیته داده، به دلیل خودآرایی به صرفه‌ترین راه تولید نیـز می‌باشد. مهمترین نقیـصه آن در حـال حاضـر دقیـق نبـودن سـاختارهای تـشکیل‌شـده و فقـدان سـازگاری زیست‌محیطی است. با این حال، سرعت‌های کلیدزنی [2] آنها - لااقل از نظر تئوری- بسیار بالاسـت و دلیلـی وجود ندارد که نتوان با استفاده از عوامل شیمیایی مناسب در شرایط به دقت انتخاب‌شده بـه نقـایص بـسیار کمتری دست یافت. به علاوه می‌توان نرم‌افزارهای آن‌ها را به صورت "خطاپذیر" طراحی کرد.

حافظه‌های مولکولی تجاری قطعاً از راهکارهای دیگر دوردست‌ترند، اما در نهایت به علت پتانـسیل قیمت‌های تولیدی بسیار کمتر جای آنها را خواهد گرفت.

---

[1] Embedded Systems
[2] Switching

۳-۲-۲-۵ حافظه مبتنی بر نانولوله

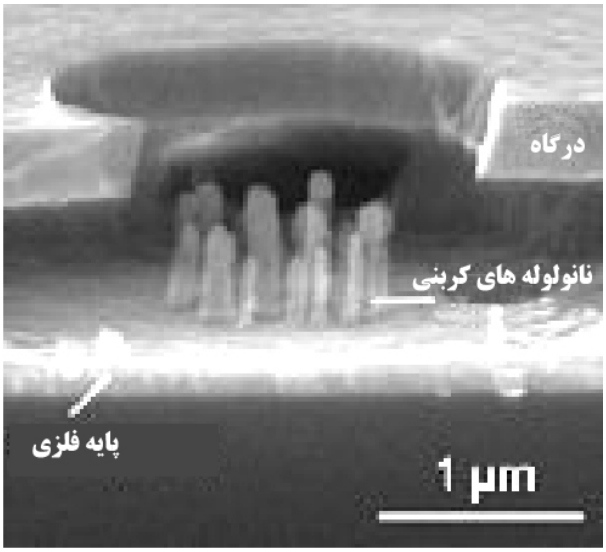
همان‌طور که قبلاً اشاره شد، شرکت Nantero ساخت یک پیش‌نمونه از یک حافظه غیرفرار مبتنی بر نانولوله (موسوم به NRAM) را با ظرفیت یک ترابایتی در دو تا سه سال آینده پیش‌بینی کرده است. چنین پیشرفتی می‌تواند واقعاً بازار ذخیره‌سازی داده را در هم بریزد.

۳-۲-۲-۶ حافظه مبتنی بر نانوسیم

شبکه‌ای از نانوسیم‌های متقاطع را به صورت تئوری می‌توان به عنوان یک حافظه در نظر گرفت؛ به نحوی که هر نقطه تقاطع یک عنصر قابل آدرس‌دهی از حافظه به حساب آید. گروه چارلز لیبر در هاروارد امکان‌پذیری آن را نشان داده‌اند، اما هنوز به نظر نمی‌رسد در آینده نزدیک بتوان آن را تجاری کرد.

۳-۳- فناوری‌های صفحات نمایشگر

هر جایی که کامپیوتری وجود داشته باشد، صفحه نمایشگر نیز هست. اکثر این صفحات بزرگ‌جثه و پرزحمت‌اند، اما درصد روبه رشدی از آنها گونه‌های مسطح مورد استفاده در لپ‌تاپ‌ها هستند، که اگر قیمت بالاتر آنها نبود بی‌شک جای مونیتورهای بزرگ را می‌گرفتند.



شکل ۳: عناصر CNT-FED . منبع: گیلس پیریو و پیرلگاگنو (THALES R&T) و کنث تئو (دانشگاه کمبریج).

فناوری‌های کنونی صفحه نمایشگر مسطح بر مبنای بلورهای مایع است. قطعات نشر میدانی (FED) – که تحت تأثیر میدان الکتریکی به نشر الکترون می‌پردازند– مدتها یک حریف جدی برای آن‌ها به شمار می‌رفته‌اند.

مزایای بالقوه FEDها بر LEDها عبارتست از: پاسخ سریعتر، زاویه نمایش پهن‌تر و سازگاری زیست‌محیطی بهتر. نمایشگرهای FED رنگی ساخته‌شده و شرکتهای زیادی به تجاری‌شدن آنها ایمان داشته و روی آنها کار می‌کنند.

چندسالی است تحقیق روی استفاده از قطعات نشر میدانی فعال شده است. این احتمالاً اولین عرصه‌ای است که نانولوله‌ها تأثیر تجاری خود را خواهند گذاشت. استفاده از نانولوله‌ها در قطعات نشر میدانی (CNT-FEDها) از دوتاسه سال پیش مورد بررسی قرار گرفته است، اما ساخت ساختارهایی که موجب تولید نشر کاملاً متمرکزی شوند، دشوار است.

در اکتبر ۲۰۰۱ .SI Diamond Technology Inc ادعا کرد، آماده تولید انبوه نانولوله‌های کربنی برای استفاده در صفحات نمایشگر مسطح است، سامسونگ یک نمایشگر پنج اینچی مبتنی بر CNT را به نمایش گذاشت و موتورولا اخیراً روی نوعی از آنها کار کرده است. مؤسسه تحقیقات صنعتی تایوان یک نمایشگر CNT-FED تک‌رنگ ۴ اینچی را در آگوست ۲۰۰۱ تولید کرده و بی‌معطلی کار روی یک نسخه ۱۰ اینچی تمام‌رنگی را شروع کرده است.

به خوبی نانولوله‌ها، فناوری‌های نشر میدانی نسل دوم دیگری نیز بر مبنای فناوری نانو پیشنهاد شده‌اند– البته نه برای جایگزینی نمایشگرهای کامپیوتری فعلی بلکه برای جایگزینی انبوه تلویزیونهای خانگی بزرگ با قیمت‌های کم.

امکان‌پذیری افزایش مقیاس ارزان این فناوری‌های متنوع به شکل نمایشگرهای بسیار بـزرگ (۲۰ تـا ۴۰ اینچ) هنوز قطعی نشده است.

در یک مورد خاص، شرکت فناوری انگلیسی Printable Field Emitters سیستمی از مواد نانوفازی را توسعه داده است، که از خودآرایی یک جوهر در درون یک منبع الکتـرون حاصـل مـی‌شـود. ایـن منـابع الکترون را می‌توان به صورت چاپ اسکرین[1] روی سطح بزرگی ایجاد نمـود. ایـن فنـاوری نـه تنهـا سـطح نمایشی بزرگ و کیفیت تصویری خوبی را برای کاربران تلویزیون فراهم می‌کند، بلکه مطـابق پـیش‌بینـی‌هـا قیمت آن حدود نصف صفحات پرمصرف پلاسمایی و یک سوم ارزانترین تخمین برای LCD TV می‌باشد.

Stanford Resources Inc. تحلیلگر بازار نمایشگرها، بازار نمایشگرهای ۲۰ تا ۴۰ اینچی را در سال ۲۰۰۲ ، بیش از ۳۰ میلیارد دلار تخمین زده است. با ارزان شدن صفحات مسطح ارزان‌قیمت، آنها مـی‌تواننـد جای لوله‌های اشعه کاتدی را بگیرند، که ما اغلب در تلویزیونهای نازک دیواری آنها را مشاهده می‌کنیم.

۳-٤- محاسبه کوانتومی

در یک زمان طولانی‌تر محاسبه کوانتومی جلوه خواهد نمود، که به دلیل قابلیتش در انجـام همزمـان محاسبات با تمام اعداد قابل نمایش با یک آرایه از بیت‌های کوانتومی (کیوبیت‌هـا)، قـابلیتی دیوانـه‌وار دارد. محاسبه کوانتومی به خودی خود فناوری نانو نیست، اما مقیاس اتمی (که اثرات کوانتـومی در آن بـروز پیـدا می‌کنند) طبعاً نیاز به ساختارهای مقیاس‌نانو را نشان می‌دهد- نقـاط کوانتـومی در جریـان مباحـث محاسـبه کوانتومی به طور منظم مطرح می‌شوند. با این حال نانوساختارهای طبیعی و دیگر راهکارهای مصنوعی برای استفاده از نور یا جهت اسپین هسته مولکولها مورد بررسی قرار گرفته‌اند. جهت اسپین را مـی‌تـوان بـا روش تشدید مغناطیسی هسته- که مبنـای روش تـصویر بـرداری متـداول پزشـکی یعنـی تـصویربرداری تـشدید

[1] Screen-Printing

مغناطیسی است- کنترل کرده و خواند. اخیراً IBM با ایـن راهکـار یـک کـامپیوتر کوانتـومی ۷ کیلـوبیتی را ساخته و برای فاکتورگیری (تجزیه) عدد ۱۵ از آن استفاده کرده است. با این حال نقاط کوانتـومی مبتنـی بـر نیمه‌هادی هنوز مبحث اصلی کامپیوترهای کوانتومی می‌باشند.

اولین مصارف این نوع محاسبه در رمزنگاری[1] ، شبیه‌سازی و مدلسازی اسـت. روشـهای رمزنگـاری کنونی به دلیل مشکل بودن تجزیه اعداد بسیار بزرگ -که حاصل‌ضرب دو عدد اول می‌باشند- دارای امنیـت کافی می‌باشند. کامپیوترهـای کوانتـومی چنـین کارهـایی را فـوق‌العـاده آسـان مـی‌کنـد، و لـذا قـوی‌تـرین مکانیسم‌های رمزنگاری فعلی نیز آسیب‌پذیر خواهند شد.

علیرغم تحقیقات بسیار فعالی که در این زمینه وجود دارد، عموماً اعتقاد بر ایـن اسـت کـه تـا پدیـد آمدن یک کامپیوتر کوانتومی قدرتمند و عملی فاصله‌ای زیاد داریم، چون موانـع مهمـی بـر سـر راه آن قـرار دارد. بنابراین هنوز تا حد زیادی به خاطر تحقیق صرف از این زمینه حمایت مـی‌شـود، هـر چنـد بعـضی از پول‌های مؤسسات نظامی نیز در این راه خرج می‌شود.

۳-۵- ارتباطات از راه دور

۳-۵-۱-فناوری‌های بی‌سیم

گوشی‌های نسل سوم (3G) نیاز به این دارند، که محتوای فعلی یک کامپیوتر جیبی را به علاوه یـک تلفن، در اندازه یک تلفن همراه بسته‌بندی کنند. اندازه اجزای فعلی اجازه چنین کاری را نمی‌دهنـد. بنـابراین یا باید کارایی را فدا کرد یا اندازه قطعات را کوچکتر کرد. از این رو باید به سمت نانوالکترونیک رفـت، کـه

[1] Cryptography

در نهایت خواهد توانست کاهش – به شدت مورد نیاز– اندازه قطعات و همچنین مصرف انـرژی را عرضـه کند.

حافظه‌ها در وسایل کامپیوتری و ارتباطی دستی توسعه پیدا کرده است و به نظر مـی‌رسـد بعـضی از فناوری‌های مورد اشاره در بخش ذخیره‌سازی داده به این بازار راه پیدا کنند.

فناوری مرسوم باتری‌های تلفن‌های همراه بدون داشتن انرژی بالا وزن زیادی را تحمیل می‌کنند. این در حالی است که وسایل نسل سوم نیاز بالاتری به انرژی دارند. فناوری نانو در سـاخت بـاتری‌هـای بـسیار قدرتمند، که دارای زمانهای شارژ و تخلیه سریعتری می‌باشند، نویدبخش بوده است. به همین شکل پیل‌هـای سوختی نیز جایگزینی بالقوه برای باتری‌ها هستند. هر دو مورد باتری‌ها و پیل‌های سوختی در بخش تولید و توزیع انرژی گنجانده شده‌اند.

از نشرکننده‌های میدانی نانولوله‌ای برای تولید امواج مایکروویو استفاده شده اسـت. آنهـا بـا قابلیـت کاهش اندازه می‌توانند ایستگاههای ثابت ارتباطات بی‌سیم را کوچکتر سازند.

۳-۵-۲-جابجایی نوری

انتقال نوری داده‌ها به سرعت – در همه مـوارد فراتـر از یـک شـبکه محلـی– گـسترش مـی‌یابنـد. فناوری‌های کلیدزنی پیشرفته نیز به گسترش بیشتر آن کمک می‌کنند. بنیان انتقال نوری لیزر است و فنـاوری نانو با ساخت لیزرهای کوچکتر، ارزانتر، بهتر و از همه مهمتر قابل تنظیم سهم بسزایی در توسعه آن خواهـد داشت.

یک راه بهبود سرعت انتقال داده در سیگنال‌های نوری، کد کردن جریان‌های متفاوت داده در فرکانس‌های نزدیک به هم است. این روش تسهیم بخشهای موجی (WDM)[1] نامیده می‌شود. هر کانال نوری تا ۱۰ گیگابیت بر ثانیه می‌تواند کار کند. سیستم‌های تجاری کنونی تا ۶۴ کانال را پشتیبانی می‌کنند؛ هر چند اغلب سیستم‌های نصب‌شده کنونی هنوز با تعدادی تک‌رقمی از کانال‌ها کار می‌کنند. برای کار با تعداد نسبتاً اندکی از کانال‌ها – که اکنون متداول است– به فرکانس‌های متفاوت نور احتیاج می‌باشد. این کار هم‌اکنون با لیزرهای موجود انجام می‌شود، که در حوزه بسیار محدودی از فرکانس قابل تنظیم می‌باشند. هر چه کانالهای بیشتری وارد کار شوند، تقاضا برای لیزرهایی که بتوانند در دامنه گسترده‌ای از فرکانس‌ها تنظیم شوند افزایش می‌یابد. البته به دامنه فرکانس بسیار بزرگی احتیاج نداریم – ۵۰ نانومتر دامنه تغییر در باند ۱۵۰۰ نانومتر برای پشتیبانی ۱۰۰ کانال کافی است. برای افزایش قابلیت تنظیم در لیزرها از راهکارهای گوناگونی می‌توان سود جست. در این زمینه هر دو مورد سیلیکون نانوحفره‌ای و نقاط کوانتومی از قابلیت بالایی برخوردارند. با این حال در اوایل ۲۰۰۲ آزمایشگاههای بل یک لیزر پهن باند (لیزری که می‌تواند دامنه وسیعی از فرکانس‌ها را تولیدکند) را عرضه کرده که صرفاً بر لایه‌های ضخیم و نانومتری نیمه‌هادی متکی بود. این فرکانس‌ها هنوز در دامنه مورد نیاز انتقال نوری نیستند، اما محققین معتقدند می‌توان به آن دست یافت.

واضح است که در این عرصه فقط یک یا دو بازیگر می‌توانند به تجاری‌سازی انبوه برسند. فرصت‌ها محدود به گروههای نادری است که واقعاً به جهش‌های بزرگی دست پیدا کنند.

[1] Wave Division Multiplexing

۳-۵-۳-کلیدزنی نوری

گروههای زیادی کلیدزنی نوری[1] کارا را به طور فعالانه تعقیب می‌کنند. مکانیسم‌های کلیدزنی مرسوم شبکه‌های نوری در مقیاس بزرگ و مقیاس متوسط ("متروپولیتن") به تبدیل سیگنال نوری به الکتریکی و بالعکس احتیاج دارند. این مکانسیم‌ها کند بوده و باعث ایجاد تلفات و مصرف انرژی گرانقیمتی می‌شود. کارهای فراوانی روی آرایه‌های میکروآینه‌ای مبتنی بر MEMS صورت گرفته است، اما تعداد فراوان قطعات متحرک احتمال بروز نقص را بیشتر می‌کند. بلورهای فتونیک در دستکاری نور به طور کلی بسیار نویدبخش‌اند و برای کلیدزنی و تقویت کنندگی می‌توان از آنها استفاده کرد. روی کاربردهای متفاوتی از طول موجهای مادون قرمز نامرئی نیز کار می‌شود. بلورهای فتونیک فعلی با بالاترین درجه تفکیک روشهای لیتوگرافی تولید می‌شوند. در تمام سیستم‌های نوری، سطوح انعکاسی به پرداخت بسیار دقیقی نیاز دارند. تلفات عامل محدود کننده اکثر سیستم‌هاست (در حالت ایده‌آل، ما می‌خواهیم تا جایی که می‌توانیم ایستگاههای تقویت کننده را دور از هم نصب کنیم)، بنابراین باید به دقت بالایی دست پیدا کنیم. با این که عقلانیت مرسوم دیکته می‌کند، که nm ۱۰۰ کمتر از ۱۰٪ طول موج مورد استفاده در انتقال نوری (معمولاً ۱/۵ میکرون) و بنابراین قابل پذیرش است، مهندسین اپتیک تقاضای کیفیتی بهتر از nm ۱۰ دارند، تا از تلفات مربوط به پراکندگی انعکاس جلوگیری کرده و آنها را نسبت به تمرکز کانونی سیستم آینه سهموی- که در حال حاضر طراحی می‌شود مطمئن سازد.

تسهیم بخش‌های طول موجی که در بخش انتقال نوری ذکر شد، به قابلیت کلیدزنی جداگانه فرکانس‌های مختلف نیازمند است، که "توری"های پراش مقیاس‌نانو می‌توانند این قابلیت را عملی سازند.

[1] Optical Switching

۳-٦- مطالعات بیشتر

"نقشه راه فناوری بین‌المللی نیمه‌هادی‌ها" (ITRS) گوی بلورین صنعت نیمه‌هادی است. اگرچه تمرکز بالایی روی روشهای مرسوم لیتوگرافی و راهکارهای نسل بعد مبتنی بر اشعه ایکس و ماوراء بنفش دور دارد، توجه قابل‌ملاحظه‌ای هم به نانوالکترونیک شده است. وب سایت آن در آدرس http://public.itrs.net قرار دارد.

ITRS فوق الذکر همچنین شامل مقادیر فراوانی از اطلاعات آخرین نسخه "نقشه راه فناوری کمیسیون اروپا برای نانوالکترونیک" که توجه زیادی به فناوری‌های پیشرفته دارد- می‌باشد مورد آخر را در http://www.cordis.lu/ist/fetnidqf.htm می‌توانید پیدا کنید.

۳-۷- شرکت‌های استفاده کننده از فناوری نانو در بازار فناوری اطلاعات و ارتباطات

جدول ۴ فهرست شرکتهایی را که به طور خاص از فناوری نانو در بازار فناوری اطلاعات و ارتباطات استفاده می‌کنند نشان می‌دهد.

جدول ٤ شرکت‌های استفاده کننده از فناوری نانو در بازار فناوری اطلاعات و ارتباطات	
شرکت	**فعالیت**
AGERE INC.	فعالیتهایی تحقیق و توسعه‌اش شامل یکپارچه‌سازی نانولوله‌ها و نانوسیم‌ها در یک معماری یکپارچه نیز می‌شود.
AKTINA	صاحب یک فناوری دست‌کاری ماده در سطح اتمی برای تثبیت ذرات ریز روی انواع سطوح است، که مصارفی در فناوری نمایشگر مسطح و در تولید مدارات کاملاً نوری دارد.
ALCATEL	درگیر فعالیتهای فناوری نانو در زمینه مخابرات نوری است.

BIGBANGWIDTH	تولید کننده توری‌های "تمام نوری" برای شبکه‌های مخابراتی فیبرنوری. از فناوری NEMS (سیستم‌های نانوالکترومکانیکی) استفاده می‌کنند.
BURLEIGH	تولید کننده ابزار دقیق تست، اندازه‌گیری و اتوماسیون بازار فتونیک. سیستم‌های مکان‌دهی[1] را می‌سازد.
CALIFORNA MOLECULAR ELECTRONICS CORPORATION (CALMEC)	کارش توسعه تجاری و ارتقای عرصه الکترونیک مولکولی است.
CANON	روی فیلم‌های آلومینیومی دارای نانوحفرات ۴۰–۵۰۰ nm کار می‌کند، که هنگام پر شدن با مواد مغناطیسی می‌تواند به عنوان رسانه ضبط داده به کار رود. این فناوری هم اکنون به دانستیه داده ۷۷/۵ گیگابیت بر سانتیمتر مربع دست یافته است. همچنین روی قطعات نشر میدانی مبتنی بر نانولوله و بلورهای فتونیک دو بعدی کار می‌کند. فناوری لیتوگرافی اشعه ایکس نیز از اشتغالات آنها محسوب می‌شود.
DENDRITECH	مصارف کنونی محصولات درختسان آنها در جوهرها و تونرها و روکش‌های شفاف، سفت و منعطف میکروالکترونیک است.
DOWA MINING	پودرهای نانوبلورین مغناطیسی فلزی و اکسیدی را برای وارد کردن در نوارهای مغناطیسی و LEDها تولید می‌کند.
E INK CORP.	یک فناوری نمایشگر را توسعه می‌دهد، که از نانوذرات باردار شده‌ای

[1] Positioning

	سود می‌برد، که با اعمال یک میدان الکتریکی، لخته شده یا پخش می‌شود.
ELECTRONIC MATERLALS	زیر شاخه Honeywell. درگیر تولید یک ماده روکش سیلیکای نانوحفره‌ای غیر شیشه‌ای برای مصارف ثابت دی‌الکتریک پایین در نیمه‌هادی‌هاست.
ELLCTRONICS RESEARCH AND SERVICE ORGANIZATION (ERSO)	مؤسسه تحقیقات فناوری صنعتی (ITRI) آزمایشگاه تحقیقاتی میکروالکترونیک تایوان. در حال توسعه یک صفحه نمایشگر نشر میدانی نانولوله‌ای تمام رنگ ۱۰ اینچی است.
EVIDENT TECHNOLOGYS	توسعه دهنده و تولید کننده قطعات مبتنی بر نانوذره برای سازندگان درگیر در مصارف زیست‌فناوری و مخابرات.
FIELD EMISSION PICTURE ELEMENT TECHNOLOGY INC.	زیر شاخه SI Diamond Technology . با مسئولیت توسعه محصول برای مصارف قطعات نشر میدانی نانولوله کربنی SI Diamond.
FRIES RESEARCH & TECHNOLOGY GmbH	فعالیتهای تحقیقاتی‌اش شامل مصارف نانوساختارها در حافظه‌های غیر فرار و مطالعه خواص نوری و مصارف اپتوالکترونیک نانوخوشه‌های نیمه‌هادی تولید شده به کمک سنتز پرتویونی است.
FUJI PHOTO FILM	یک روکش فوق نازک مبتنی بر نانوذرات را توسعه داده است، که سبب ایجاد درجه تفکیک بالا در ذخیره‌سازی داده‌های دیجتیال می‌شود.
FUJITSU	فعالیت‌های فناوری نانواش بر نقاط کوانتومی (رشد، مطالعه و کاربرد)،

	رشد لایه‌ای و محاسبه کوانتومی متمرکز است.
HEWLETT- PACKARD .CO	تحقیقاتش عبارتند از کار بر روی: حافظه دسترسی اتفاقی مغناطیسی(MRAM)، ذخیره‌سازی با درجه تفکیک اتمی (یک روش مبتنی بر پروب برای نوشتن اطلاعات روی یک ماده دارای فاز متغیر)، الکترونیک مولکولی، نانوسیم‌ها، لیتوگرافی نرم و انفورماتیک کوانتومی.
HONEYWELL	از طریق زیرشاخه خود Electronic Materials درگیر تولید مواد نانوحفره‌ای K- پایین برای مصارف الکترونیکی است.
HYNIX .SEMICONDUCTOR INC	یک تولید کننده نیمه‌هادی‌ها، که یک روش تولید حافظه‌های نقطه کوانتومی نیمه‌هادی را ثبت اختراع نموده است.
IBM	روی نانوالکترونیک نانولوله‌ها- با تمرکزی بر روی محاسبه با نانولوله‌ها و تولید مدارات – تحقیق می‌کند. آنها پروژه‌ای نیز روی توسعه حافظه دسترسی اتفاقی غیر فرار پرظرفیت مبتنی بر آرایه‌هایی از تیرک‌های میکروسکوپ نیروی اتمی دارند.
INTEL	تولید کننده تراشه‌ها، بوردها و سیستم‌های نیمه‌هادی برای صنایع کامپیوتر و مخابرات. در اواسط ۲۰۰۱ خلق یک ترانزیستور ۲۰ نانومتری را اعلام کردند.
ISE ELECTRONICS	روی قطعات نشر میدانی مبتنی بر نانولوله‌های کربنی کار می‌کند.
KODAK	از نانوذرات در جوهرهای چاپگرهای جوهرافشان استفاده می‌کند.
LUCENT	تحقیق و توسعه نانوالکترونیک آنها به سه بخش زیر تقسیم‌می‌شود:

	کوچک‌سازی قطعات نیمه‌هادی فعلی، بهبود مواد و فناوری‌های امروز، و استفاده از مولکولها (مواد آلی و فولرین‌ها) به عنوان سنگ بنای قطعات نانوالکترونیکی. تحقیق و توسعه نانواپتیکی آنها روی فناوری بلورهای فتونیک متمرکز است.
MOLECULAR ELECTRONICS CORP. (MEC)	کارش پژوهش و تجاری‌سازی روشهای ساخت نانوالکترونیک به خصوص در زمینه خودآرایی است.
MOLCULAR IMPRINTS	کار این شرکت خلق اجزای نیمه‌هادی با استفاده از لیتوگرافی نرم است. با دانشگاه تگزاس در آوستین شریک است.
MOTOROLA	در زمینه الکترونیک مولکولی، میکروسیالات و زیست‌الکترونیک (زیست‌تراشه‌ها)، و RAM مغناطیسی غیر فرار تحقیق می‌کند.
MP TECHNOLOGIES LLC	(به نظر می‌رسد فعالیت‌هایش را متوقف کرده باشد) روی مصارف نقاط کوانتومی و به طور خاص قطعات اپتوالکترونیکی به تحقیق و توسعه می‌پردازد.
NANO-ARCHITECH RESEARCH CORPOARTION	یک روش کاهش ثابت دی الکتریک یک فیلم دی الکتریک را ثبت اختراع نموده است،که از افت سریع فشار برای ایجاد نانوحفره سود می‌برد.
NANOFILM	ابزاردقیق و لوازم جانبی آنالیز و میکروسکوپی سطوح را می‌فروشد، که شامل مصارف نمایشگرهای صفحه مسطح می‌شود.

NANOLAB	آرایه‌های نانولوله‌های کربنی همراستا را تولید می‌کند، قصد خلق معماری‌های منطقی نوین را دارد و مصارف جدید نانوالکترونیک را برای بازار مصرفی توسعه می‌دهد.
NANOLOGIC INC	یک پارادایم جدید پردازش و ساختار داده را توسعه داده است، که ادعا شده بهتر از سیستم‌های دیجیتال کنونی، مناسب قطعات الکترونیکی مقیاس‌نانو می‌باشد.
NANOMAGNETICS	خلق کننده یک ماده مغناطیسی مبتنی بر نانوذره که برای ایجاد دیسک‌های مغناطیسی ترابایتی دندانه دندانه شده است.
NANOOPTO	شرکت نوپایی که اجزای درونی مخابرات نوری را تولید می‌کند و هدفش ایجاد تماس نوری بین اجزای تراشه‌های نوری است.
NANO PRODUKTOR AB	محصولاتی را تولید می‌کند که تلفیقی از فناوری نانو، MEMS و مخابرات بی‌سیم است.
NANOSEARCH MEMBRANE GmbH	در حال بررسی استفاده از دیواره‌های سلولی در مصارف الکترونیکی است.
NANOSPECTRA LLC	مصارف صنعتی، فتونیک و زیست‌پزشکی نانوپوسته‌ها را تجاری می‌سازد.
.NANOSYS INC	روی زمینه نانوالکترونیک مخصوصاً خلق و کنترل نانوسیم‌ها به تحقیق و توسعه می‌پردازد.
NANTERO	با اتکا برنانولوله‌های کربنی رشد کرده بر روی سیلیکون، در حال توسعه

	یک فناوری تراشه‌های حافظه دسترسی اتفاقی غیر فرار پرظرفیت است.
NEC	روی یک نمایشگر نشر میدانی مبتنی بر نانولوله‌های کربنی کار می‌کند.
NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE	روی فناوری ترانزیستور تک‌الکترونی و مصارفش درمدارات کار می‌کند.
NTERA	روی یک فناوری نمایشگر "با کیفیت کاغذ" کار می‌کند.
OXONICA	نانوپودرهای فسفری را برای قطعات نشر میدانی تولید می‌کند.
PHILIPS	فعالیت‌های بخش تحقیقاتشان عبارت است از: نمایشگرهای نشر میدانی با استفاده از نانولوله‌های کربنی، ZnO و SiO_2 به عنوان مواد الکترونیکی، و نانوذرات مغناطیسی.
PRINTABLE FIELD EMITTERS	یک فناوری را توسعه می‌دهد، که هدفش نمایشگرهای نشر میدانی صفحه مسطح بزرگ (۲۰ تا ۴۲ اینچ) و ارزان قیمت است.
QUANTUM LOGIC DEVICES	برای مصارف الکترونیکی و بازارهای حسگری شیمیایی گوناگون، جایگاه‌های ترانزیستور تک الکترونی را توسعه می‌دهد.
ROHM AND HAAS INC.	از طریق زیر شاخه خود Shipley Microelectronics مواد "نانوحفره‌ساز" را برای استفاده به عنوان مواد دارای K پایین توسعه می‌دهد.
SAMSUNG CORP.	روی ذخیره‌سازی داده با میکروسکوپ پروب پیمایشگر، نانواپتیک، قطعات نشر میدانی نانولوله کربنی، تولید و مصرف نانولوله‌های کربنی و ترانزیستورهای تک الکترونی کار می‌کند.

SHIPLEY MICROELECTR ONICS	بخشی از گروه تجاری مواد الکترونیکی شرکت Rohm and Hass . از پلیمرهای نانوحفره‌ای K پایین برای مصارفی در الکترونیک استفاده می‌کند.
SI DIAMOND TECHNOLOGY INC.	با نام مطرح شده (FEPET) Field Emission Picture Element Technology INC. برای آینده، به توسعه محصولات نشر میدانی مبتنی بر نانولوله‌های کربنی (در مصارف، نمایشگر تخت) می‌پردازد.
SONY	روی نانوالکترونیک کار می‌کند، روی قطعات اثر کوانتومی تحقیق می‌کند و با بلورهای فروالکتریک یک حافظه دسترسی اتفاقی غیر فرار را توسعه می‌دهد.
SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES LTD	با لیتوگرافی اشعه ایکس یک پروب تماسی نانوبلورین را برای تست کردن صفحات مدارات مجتمع توسعه می‌دهد.
SYSTINE INC.	تحقیق و توسعه روی فرآیندهای ساخت به شدت موازی را رهبری می‌کند، که در ساختارهای نقطه کوانتومی نانومتری روی سیلیکون و زیر لایه‌های نیمه‌هادی مرکب با استفاده از ماسک‌های حکاکی زیست‌مولکولی کاربرد دارد.
TDK CORPORATION	تولید کننده قطعات و مواد الکترونیکی و رسانه‌های ذخیره‌ساز. آهنرباهای نانوکامپوزیتی ابرکارا را نیز توسعه داده است.
THALES	روی قطعات نشر میدانی نانولوله کربنی تحقیق می‌کند.
TORAY INDUSTRIES	فعالیت‌های فناوری نانواش شامل کنترل مقیاس‌نانو فرآیند رشد

	LEDهای آلی می‌شود.
TOSHIBA	روی نقاط کوانتومی تحقیق می‌کند.
XEROX INC.	تحقیق و توسعه‌اش شامل تولید نانوپودر در مصارف جوهر و تونر و LED های آلی است
ZETTACORE CORP.	شرکت نوپایی که توسعه دهنده حافظه‌های پورفیرین مبتنی بر خودآرایی مولکولهای آلی در طول مناطق پیش‌الگودهی شده یک زیر لایه سیلیکونی است.

فصل چهارم

تولید و توزیع انرژی

٤- تولید و توزیع انرژی

بازار انرژی با مصرف، تولید و توزیع انرژی تعریف می‌شود. در جنبه مصرف، تقاضای روبه رشدی از سوی مشترکان خانگی، تجاری، صنعتی و ترابری مشاهده می‌شود. تقاضا تقریباً تابعی از قیمت جهانی انرژی (به طور برجسته نفت) و رشد اقتصاد جهانی است. بازارهای نوظهور و در حال توسعه چین، هند، آمریکای لاتین، آفریقا و اروپای شرقی ظرفیت پدید آوردن یک تقاضای باور نکردنی انرژی را دارند. فشار ملاحظات زیست‌محیطی- منجمله تغییرات جهانی آب و هوا، آلودگی آب و هوا و نابودی جنگلها- صنعت را به جستجوی روشهایی تشویق کرده است، تا سطح آلایندگی محصولات جانبی و خطرات زیست‌محیطی را کاهش دهد.

اینجاست که نتیجه نهایی تعامل اثرات فناوری نانو با فناوری‌های دیگر به انقلابی بزرگ خواهد انجامید که پیش‌بینی آن مشکل خواهد بود.

فناوری‌هایی که موجب این پویایی پیچیده می‌شوند عبارتند از: پیل‌های سوختی، باتری‌ها، پیل‌های خورشیدی (هر دو نوع فتوولتاییک و تولید کننده هیدروژن) و پیشرفت‌های بالقوه در کارایی توزیع نیرو. جزئیات این فناوری‌ها در بخش‌های مربوط به خود خواهد آمد، در این مقدمه مروری بر تعاملات مثبت و منفی این فناوری‌ها خواهیم داشت.

هم اکنون تولید انرژی در گرو منابع عظیم سوخت‌های فسیلی، انرژی هسته‌ای، سدهای هیدروالکتریکی و غیره است. این منابع نیرو کارایی لازم را ندارند؛ مثلاً یک نیروگاه سوخت فسیلی با ۳۰٪

بازده کار می‌کند. کارایی یک موتور احتراق داخلی از آنها بیشتر است – چون بدون گـذر از مرحلـه تلفـات دهنده تولید الکتریسیته، انرژی شیمیایی را مستقیماً به انرژی جنبشی (حرکت) تبدیل می‌کند.

توزیع انرژی نیز چالشی دیگر است؛ چون معمولا نیروگاهها و سدها، به دلیل نیاز زیاد به زیرساختار دستگاهی و مواد خام و مخاطرات آنها در فواصلی دورتر از مصرف کننده قرار دارند. برق تولیدی از طریـق شبکه‌های منطقه‌ای و ملی صدها کیلومتر را طی می‌کند، همین مسأله موجب تلف شدن حدود ۳۰٪ از انرژی تولیدی می‌شود.

با وجود این که ورود خطوط انتقال ابررسانا در بعضی کشورها موجب کاهش تلفات انتقـال شـده و فناوری نانو موجب عمل کردن این خطوط در دماهای بالاتر می‌شود (نانولوله‌ها نشانه‌های هیجان‌انگیـزی از امکان ابررسانایی در دمای اتاق را بروز داده‌اند)، اما به نظر می‌رسد غیر از راهکـار افـزایش ولتـاژ امیـدواری دیگری برای بهبود فراوان کارایی شبکه‌های توزیع انرژی وجود نداشته باشد– این راهکـار بارهـا در آمریکـا پیشنهاد شده است.

معمولاً درخط قرار دادن یک سیستم توزیع یا منبع تولیدی جدید یا اصلاح یک مورد موجود، با یک افق زمانی طولانی یا هزینه بالا روبروست. اکثر منابع تولید محرک نوآوری هستند و نوعاً برنامه‌های تحقیـق، توسعه و آزمایش آنها– مخصوصاً در مورد فناوری‌هـای جدیـد– افـق زمـانی بـسیار درازی دارد. عـلاوه بـر هزینه‌های «عمرکاری»[1] خطرات نیز محرک بزرگی هستند. با این حال این جنبه خاص بـازار را مـی‌تـوان بـا فناوری‌های ذیل تغییر داد.

در سال گذشته بازارهای انرژی، فوق العاده ناپایدار بودند؛ به طوری‌که در اوایـل سـال نگرانـی‌هـای کمبود انرژی در آمریکا و قیمت‌های بالای نفت و گـاز طبیعـی موجـب کنـد شـدن رشـد اقتـصادی شـد و

[1] Life Cycle

حملات تروریستی ۱۱ سپتامبر قیمتها را پایین آورد. تمایل دولت‌های غربی بـه کـاهش وابـستگی بـه تولیـد کنندگان دوردست نفت خام و پشتیبانی شدید تحقیقات در زمینه منابع انرژی «تمیز» و «تجدیدپذیر» همچون فناوری‌های فتوولتاییک خورشیدی، بیوگاز، توربین‌های بادی، زمین گرمـایی و پیـل سـوختی مـی‌توانـد بـه کاربرد عملی انرژی‌های نو منجر شود.

پیل‌های سوختی کارا (با سوخت هیدورژن یا هیدروکربن) می‌توانند هم تولید و هم توزیع انـرژی را متحول کنند. با پیل‌های سوختی می‌توان انرژی را در سطحی بسیار محلی‌تر و توزیع شده‌تر تولیـد کـرده، از تلفات توزیع جلوگیری کرد (جابجایی سوخت تلفاتی به همراه ندارد). هم اکنون شبکه‌های توزیـع متـان در بسیاری از کشورها نصب شده است و پیل‌های سوختی ارزان قیمت موجب تغییر جهت تقاضا از شبکه‌هـای برق به سمت این شبکه‌ها خواهند شد.

پذیرش پیل‌های سوختی در محیط‌های تجاری و مسکونی ممکن است- همانطور کـه بعـضی آن را پیش‌بینی کرده‌اند- به منبع اصلی نیروی خودروها منجر شود. این مسأله پویایی توزیع را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ هر چند انجام این کار به زیرساختارهای موجود و سوخت موردنظر بستگی خواهد داشت. مثلاً اگر شبکه‌های توزیع سوخت خوبی مثل متان و گاز طبیعی وجود داشته باشند، تقاضـا بـرای سـوخت در پمـپ بنزین‌ها کاهش می‌یابد و خودروها را می‌توان در منزل سوخت‌گیری نمود. با این حال، اگر پیل‌های سوختی هیدروژنی غلبه پیدا کنند، از آنجایی که چنین شبکه‌هایی برای آنها وجود ندارد، پمپ بنزین‌ها به راحتـی بـه مراکز توزیع اصلی سوخت تبدیل می‌شوند. اگر اقتصاد مسأله درست از کار درآید، حتی ممکن اسـت روزی ببینیم که خودروها در گاراژ پارک شده‌اند تا انرژی منزل را تأمین کنند.

یک فناوری دیگر را وارد معادلات کنید: پیل‌های خورشیدی. اگر تلفیق درسـتی از قیمـت و کـارایی پدید آید، آنها گزینه طبیعی تولید نیروی محلی در بسیاری از عرصه‌ها خواهند بود. اما در حال حاضر به جز

توانی که می‌توان به شبکه برق فروخت (تجربه‌ای که در برخی جاها پذیرفته شده است)، الکتریسته مازاد تولیدی بلااستفاده است. با این حال وجود پیل‌های سوختی هیدورژنی کارا و یک واسطه ذخیره‌سازی مناسب هیدورژن می‌تواند موجب این شود، که برق اضافی صرف تولید هیدورژن برای استفاده آتی پیل‌های سوختی شود و به این شکل موازنه اقتصادی پیل‌های خورشیدی ناگهان افزایش یابد (این البته به کارایی تبدیل برق به هیدرژن نیز بستگی دارد). یک گونه دیگر از این سناریو، سیستمی از پیل‌های خورشیدی است که برای استفاده پیل‌های سوختی مستقیماً هیدورژن تولید می‌کنند. این فناوری و فناوری پیشرفته باتری برای ذخیره‌سازی اقتصادی الکتریسیته تولیدی، اخیراً به کمک فناوری نانو با پیشرفت‌های بالقوه‌ای مواجه شده‌اند.

پیشرفت فناوری باتری، همچنین می‌تواند با ذخیره کارای انرژی غیر ضروری، معادلات اقتصادی پیل‌های خورشیدی را تغییر دهد. به نظر می‌رسد وقوع پیشرفت‌های ملایم در ظرفیت آنها (۱۰ تا ۲۰٪) عملی باشد. با این حال یک تحقیق جدید حکایت از دو برابر شدن ظرفیت در اثر استفاده از نانولوله‌ها در الکترودهای باتری دارد. اما مهمتر از همه این است که استفاده از نانوذرات موجب بهبود فوق العاده سرعت شارژ و تخلیه شده است (تا ۱۰۰ برابر).

خلق یک وسیله اقتصادی برای ذخیره میزانی از انرژی که به طور محلی تولید شده است (به شکل باتری یا پیل سوختی)، می‌تواند روی دیگر فناوری‌های انرژی که با مشکلاتی مشابه پیل‌های خورشیدی دست به گریبان‌اند، نیز تأثیرگذار باشد، یعنی مثل پیل‌های خورشیدی به هنگام نیاز انرژی تولید نمی‌کنند.

اگر تولید محلی انرژی درکنار یک فناوری ذخیره‌سازی کارا اوج بگیرد، طبیعت شبکه‌های توزیع از سیستم‌های غالباً مبتنی بر ذخیره‌سازی فعلی به سیستم‌های تبادلی تغییر خواهد یافت. همانطور که پیشتر ذکر شد، برخی کشورها از فروش معکوس انرژی از سوی مشترکان خانگی و کسب و کارهای کوچک به شبکه برق استقبال می‌کنند. به نحو برجسته‌تری اتصال به سیستم شبکه‌ای برق (چیزی که در دنیای مدرن مانند

اتصال به منبع آب بدیهی است) ممکن است دیگر چیزی لازم یا چیزی درگیر یک رقابت اقتصادی نباشد. واگذاری سیستم شبکه به افراد مختلف به این شکل قطعاً یک انقلاب خواهد بود.

همه این فناوری‌ها (پیل‌های خورشیدی، پیل‌های سوختی، باتری‌ها) می‌توانند از نظر اقتصادی بودن یا عملی شدن، تعاملاتی مثبت یا منفی بر یکدیگر داشته باشند. همه آنها در سال گذشته با کاوش‌های فناوری نانو روبرو بوده، از پیشرفت‌های احتمالی یا قریب به یقین حکایت دارند. پیش‌بینی آنچه واقعاً رخ خواهد داد مشکل است و عواملی همچون ملاحظات و قوانین زیست‌محیطی یا طبیعت شبکه‌های توزیع موجود- که معادلات اقتصادی هر یک تابع تراکم جمعیت است- اثرگذار خواهند بود. البته در کشورهای در حال توسعه اغلب به آنها توجه نمی‌شود.

با این حال کاملاً مشخص است که در پنج و حداکثر ده سال آینده ماجرای پیل‌های سوختی به افزایش حیرت‌انگیز توانایی ما در ذخیره‌سازی محلی انرژی (از نظر مقدار انرژی قابل ذخیره) ختم خواهد شد. بعید است که در این زمینه باتری‌ها بتوانند در کارکردهای طولانی مدت رقابت کنند و احتمالاً به مصارفی خاص محدود خواهند شد. البته آنها مزیت ذخیره مستقیم الکتریسیته را دارند، حال آن که پیل‌های سوختی به یک مرحله اضافی برای تبدیل الکتریسیته به سوخت محتاج‌اند. با توجه به متداول شدن استفاده از باتری‌ها در زندگی‌ها و زمینه‌هایی که آنها وارد شده ولی شکست خورده‌اند، تقریباً شکی باقی نمی‌ماند که افزایش ده برابری دانسیته انرژی پیل‌های سوختی اثری انقلاب گونه و در هم کوبنده خواهد داشت.

٤-١- پیل‌های سوختی

اگر به نظرات بسیاری از دانشمندان و برخی از شرکتها عقیده پیدا کنیم، این عرصه بازاری نزدیک برای مصارف فناوری نانو است. محتمل‌ترین سناریو- که البته به نوع سوخت مصرفی نیز بستگی دارد- این است که پیل‌های سوختی ابتدا در سه دهه آینده یا کمتر در شکل منابع تغذیه وسایل الکترونیکی قابل حمل

به صورت انبوه وارد بازار خواهند شد. در واقع پیش نمونه‌هایی از آن برای کاربردهای پرتابل ساخته شده است؛ مثلاً آزمایشگاه ملی لاورنس لیورمور یک پیل مبتنی بر متانول را عرضه کرده است، که سه برابر باتری‌های متداول لیتیوم دانسیته انرژی دارد.

این داستان ممکن است با استفاده انبوه سیستم‌های پیل سوختی به صورت ژنراتورهای پشتیبان در مؤسسات تجاری (موارد انگشت شماری از آنها وجود دارد) و به عنوان ذخیره انرژی منابع طبیعی همچون نیروگاههای بادی دنبال شود (شرکت انگلیسی Innogy سیستم‌های ذخیره‌سازی ۱۲۰ مگاوات ساعت را تجاری کرده است. www.regenesys.com را ببینید) . در نهایت ممکن است پیل‌های سوختی به تولید خانگی و سپس خودروهای شخصی وارد شوند (ناوگان‌های خودروهای تجاری در محدوده‌های کوچک زودتر آنرا خواهند پذیرفت؛ چون به دلیل فقدان یک شبکه توزیع عمده، یک منبع سوخت واحد برای ناوگانی از خودروها اقتصادی‌تر است). با این حال همان طور که در مقدمه این بخش اشاره شد، برخی از تعاملات کاملاً پیچیده می‌توانند موجودیت تجاری پیل‌های سوختی را در مصارف گوناگون تحت تأثیر قرار دهند.

برخی از تحلیلگران پیش‌بینی کرده‌اند، که بازار تولید محلی انرژی تا سال ۲۰۱۰ در آمریکای شمالی به ۱۷-۱۴ میلیارد دلار و در دنیا به ۵۰-۴۰ میلیارد دلار خواهد رسید. Ballard Power (یکی از پیشتازان این صنعت) ۵۵ میلیون دلار در سال ۲۰۰۰ و ۶۸ میلیون دلار در نه ماهه اول ۲۰۰۱ درآمد داشته و ۹۶ میلیون دلار ضرر خالص (به دلیل هزینه‌های قابل‌ملاحظه تحقیق و توسعه) داشته است، اما تصاحب حدود ۳ میلیارد دلار از بازار را برآورد کرده است. بنابر ادعای شماره ژوئن ۲۰۰۰ مجله Technology Investor در حال حاضر به راحتی می‌توان انرژی ۷۰ میلیون خانه را در آمریکا از طریق پیل‌های سوختی تأمین نمود. اگر تنها ۱۰۰/۰۰۰ خانه را به این شکل متحول کنیم، تنها بازار پیل‌های سوختی خانگی به ۷۰۰ میلیون تا یک

میلیارد دلار خواهد رسید. همین منبع ادعا کرده است، که علیرغم این که در حال حاضر وزارت انرژی آمریکا حدود ۷۵۰ میلیون کیلووات برق تولید می‌کند، در ۲۰ سال آینده به ۳۶۳ میلیون کیلووات دیگر احتیاج خواهد داشت. اگر پیل‌های سوختی این فاصله را پر کنند، این صنعت ۱۵ میلیارد دلاری خواهد شد.[1]

مرکز اطلاعات به خط پیل سوختی[2] در تخمینی نسبتاً مشابه پیش‌بینی کرده است، که بازار پیل‌سوختی به ۷ میلیارد دلار در سال ۲۰۰۹ برسد. البته همانطور که بیان شد، احتمالاً سه نسل از کاربردها را بروز خواهند کرد: وسایل الکترونیکی قابل حمل، ساختمانها (صنعتی و مسکونی) و خودروها؛ که سرعت جذب هر بخش تابع متغیرهای کاملاً محدودی است.

برای نگهداری هیدروژن و هیدروکربن‌ها جهت مصارف پیل سوختی، نانولوله‌ها، باکی‌بال‌ها و ساختارهای وابسته مورد بررسی قرارگرفته‌اند. تخمین زده شده که در حجم یکسان تراکم انرژی بالقوه این پیل‌های سوختی ۱۰ برابر باتری‌های لیتیوم فعلی باشد. در آگوست ۲۰۰۱ غول ژاپنی، NEC پیش‌بینی کرد در مابین ۲۰۰۳ و ۲۰۰۵ به شکل تجاری پیل‌های سوختی متانی مبتنی بر "نانوشاخ" دست پیدا کرده، بتواند ۱۰ برابر انرژی باتری‌های لیتیوم مرسوم (و بنابراین دو برابر فاصله زمانی ما بین شارژها) را برای مصارف تلفن همراه و کامپیوتر کیفی عرضه کند.

با وجود انتقاداتی که در مورد مقدار هیدورژنی که یک پیل می‌تواند نگه دارد مطرح می‌شود، روی پیل‌های سوختی هیدروژنی نیز به شدت کار می‌شود. یک مزیت عمده آنها بی‌خطر بودن محصول واکنش‌شان- یعنی آب- است. عیب آنها فقدان یک شبکه توزیع و یک وسیله ارزان‌قیمت تولید هیدورژن است. در صورتی که بتوان هیدورژن را از منابعی همچون خورشید و باد تولید کرد، این فناوری اثرات

[1] James Brooks Avey, “No More Smog , Less Noise, Lower costs”, Technology Investor (June 2000):51.

[2] The Online Fuel Cell Information Center

حیرت انگیزی بر سطح آلودگی شهری و جهانی خواهد داشت. البته پذیرش این فناوری بـه قابلیـت رقابـت اقتصادی آن بستگی دارد.

بخش اعظمی از پیشرفت‌هایی که NEC پیش‌بینی کرده اسـت، بـه واسـطه کوچـک‌تـر شـدن ذرات کاتالیست است و تولیدکنندگان نانوذرات همچون Altair نیز به همین علـت روی تحقیقـات پیـل سـوختی هزینه می‌کنند.

آخرین راهکارهایی که فناوری نانو می‌تواند به کمـک آن در فنـاوری پیـل سـوختی اثرگـذار باشـد، سطوح نانوساختاری است. باز هم افزایش سطح ویژه ماده مورد واکنش می‌تواند ارزشی تجـاری بـه همـراه داشته باشد.

رقیب عمده پیل‌های سوختی در تمام فضاهای کاربردی بـاتری‌هـا هـستند و فنـاوری بـاتری اخیـراً پیشرفت‌های قابل‌ملاحظه‌ای داشته است. با این حال گمان نمی‌رود باتری‌ها از منظر ظرفیت حتی بتواننـد بـا یک پیل سوختی کارا رقابت کنند.

٤-٢- انرژی خورشیدی

پیل‌های خورشیدی فتوولتائیک تجاری معمولی (یعنی آنهایی که از نور ایجاد الکتریـسیته مـی‌کننـد) حدود ۱۵٪ و انواع آزمایشگاهی آن تا ۳۰٪ بازده دارند. این مقدار بـسیار بهتـر از حـدود ۱٪ بـازده فتوسـنتز طبیعی است؛ هر چند طبیعت از این انرژی مستقیماً برای سنتز شیمیایی سود می‌برد تا تولید الکتریسیته.

در هر دقیقه به اندازه مصرف سالانه کل دنیا، انرژی خورشیدی به سطح زمین می‌رسد. ایـن مطلـب لااقل ایده‌ای از پتانسیل این بازار را ارائه می‌دهد.

یک تحقیق جدید بیانگر افزایش کارایی پیل‌های خورشیدی با استفاده از نانوذرات یا نانولوله‌هاست. با این حال هم اکنون بزرگترین مانع تجاری‌سازی آنها هزینه آنهاست و راهکارهای فراوان کاهش قیمـت بـا

کاهش کارایی همراه است. باکی‌بال برای افزایش کارایی پیل‌های خورشیدی پلیمری به کار رفته‌اند و استفاده از نانوذرات و فولرین‌های دیگر نیز نویدبخش است. پیل‌های خورشیدی آلی- که اولین بار در سال ۲۰۰۰ در آزمایشگاههای بل ساخته شدند- هم نویدبخش کاهش هزینه تولید هستند و تک لایه‌های خودآرا در آن قابلیت توسعه دارند. اواخر سال گذشته گروهی در دانشگاه آریزونا- توسان پیل‌های خورشیدی آلی را با فناوری قدیمی چاپ اسکرین[1] ایجاد کردند. نانوذرات هم مثل همیشه به این فناوری‌ها می‌توانند کمک کنند.

علاوه بر این، اعمال یک سطح شفاف و مستحکم مبتنی بر نانوذرات می‌تواند استحکام فیزیکی پیل‌های خورشیدی موجود را افزایش دهد.

همان‌طور که در مقدمه این بخش اشاره شد، یکی از راههای جذابیت تجاری پیل‌های خورشیدی، وجود فناوری‌های ارزان قیمت ذخیره انرژی گردآوری شده برای استفاده‌های دیر هنگام است. پیل‌های سوختی و باتری‌های پیشرفته می‌توانند این فاصله را پر کنند. اثرتصاعدی این تغییرات در کنار بهبود کارایی پیل‌های خورشیدی آلی یا پلیمری ارزان قیمت این مسأله را واقعاً محتمل می‌کند، که فناوری خورشیدی بتواند در کوتاه تا میان مدت رخنه بیشتری در بازار داشته باشد.

پیشرفت جدیدی که ممکن است در نهایت پویایی پیل‌های خورشیدی / سوختی را تحت تأثیر قرار دهد، استفاده از نور برای استخراج هیدروژن از آب می‌باشد. این جهش، حاصل استفاده از نور مرئی است، که ۴۳٪ انرژی خورشیدی را تشکیل می‌دهد. سیستم‌های اولیه از تابش ماوراء بنفش- که فقط شامل ۴٪انرژی خورشیدی است- استفاده می‌کردند. کارایی این پیل‌ها بسیار اندک (کمتر از ۱٪) ولی قابل بهبود می‌باشد- هرچند در مورد میزان این بهبود چیزی نمی‌توان گفت. در ارزیابی این فناوری در برابر پیل‌های خورشیدی مرسوم باید به این نکته توجه داشت، که این پیل‌ها قیمت بالقوه بسیار کمتری از پیل‌های بسیار

[1] Screen Printing

کارای مولد الکتریسیته دارند. همچنین اگر ارزش ذخیره انرژی به دام افتاده به شکل هیدروژن برای استفاده در پیل‌های سوختی به اثبات برسد، بایستی کارایی استفاده از الکتریسیته برای هیدرولیز آب جهت تولید هیدورژن را در صورت استفاده از پیل‌های مولد مدنظر داشت. اگر چنین چیزی عملی شود، تولید مستقیم هیدورژن از انرژی خورشیدی برای رقابت با پیل‌های مولد الکتریسیته نیازی ندارند تا در حد آنها کارایی داشته باشند. به علاوه، ارزانی نسبی پیل‌های مولد هیدروژن موجب برگشت سریعتر سرمایه در آنها می‌شود. با این حال این تحقیق بسیار جدید است (به نام Z.Zouet و همکاران در شماره دسامبر ۲۰۰۱ مجله Nature چاپ شده است. این تحقیقات در مؤسسه ملی علم و فناوری صنعتی پیشرفته ژاپن صورت گرفته است) و حتی اگر توان رقابتی آن به اثبات برسد، در کوتاه‌مدت ثمره تجاری به همراه نخواهد داشت.

٤-٣- باتری‌های قابل شارژ

تخمین‌های بازار جهانی باتری‌ها (مثل بسیاری از تخمین‌های بازاری) اغلب با یکدیگر تناقض دارند. مثلاً برای سال ۱۹۹۹ Bank of America Securities ۲/۸ میلیارد دلار و Metal Carbon Composition LTD (CMC)۲۲ میلیارد دلار را- با افزایش به ۲۸ میلیارد دلار در ۲۰۰۴- برآورده کرده‌اند. ممکن است تخمین اول شامل همه باتری‌ها بوده و مورد اول تنها دربرگیرنده نوع قابل شارژ متداول در بازار قطعات الکترونیکی مصرفی باشد.

تأثیر کوتاه مدت عمده فناوری نانو بر فناوری باتری، از به کارگیری نانوذرات حاصل خواهد شد. آنها بدون تأثیرگذاری فوق العاده بر ظرفیت کل، سرعت شارژ و تخلیه را بهبود می‌بخشند (نکته‌ای که در هنگام مقایسه آنها با پیل‌های سوختی باید به خاطر داشت) با این حال تحقیقات انجام شده روی استفاده از نانولوله‌ها به جای گرافیت در الکترودها بیانگر توانایی آنها در دو برابر کردن ظرفیت باتری (و حتی بیشتر) است.

این پیشرفت‌ها به نظر جهانی می‌رسند؛ شرکت سوئیسی Xoliox که با تولید کننده آمریکایی نانوذرات Altair کار می‌کند، از وقوع جهش‌هایی در این زمینه سخن گفته است. اما ادعاهای دیگری نیز از سوی چینی‌ها مطرح شده که دولتشان تمایل ویژه خود به بسط استفاده از خودروهای الکتریکی را نشان داده است. Xoliox مدعی صد برابر شدن سرعت شارژ و تخلیه است.

البته باتری‌های قابل شارژ بازاری پابرجا دارد- مثل بازار رو به رشد تأمین انرژی وسایل الکترونیکی قابل حمل. سالهاست که عده‌ای منتظر رخنه آنها به بازار خودروسازی‌اند، اما پیشرفت‌های اندکی در این زمینه رخ داده است. پیشرفت در مسایل حاشیه‌ای ممکن است این مسأله را تغییر دهد. با این حال، از آنجایی که پیل‌سوختی- به دلایلی از جمله دانسیته انرژی بالاتر- مشتری‌های باتری‌ها در بخش وسایل الکترونیکی قابل حمل را به خود جلب کرده است، این امکان وجود دارد که آنها این کار را در بازارهای دیگر نیز انجام دهند. با وجودی که دلیلی برای قاطع صحبت کردن وجود دارد، اما می‌توان گفت علیرغم تأثیرات کوتاه مدت فناوری نانو در صنعت باتری این فناوری احتمالاً به پیل‌های سوختی خواهد باخت- با ظهور احتمالی پیل‌های سوختی تجاری جهت مصارف الکترونیکی قابل حمل در تنها یک سال آینده، این حادثه خیلی سریع می‌تواند رخ دهد.

٤-٤- انتقال نیرو

در حال حاضر انتظار می‌رود فناوری نانو تأثیرات مستقیم اندکی روی انتقال نیرو، که هدف نهایی یک ابررسانای دما بالا است، داشته باشد. برخی کشورها در حال آزمایش کابل‌های انتقال ابررسانا می‌باشند و معتقدند آنها لااقل در شرایط خاص اقتصادی خواهند شد با این حال هزینه چنین زیرساختارهای پیشرفته‌ای همچنان بالاست و بنابراین صرفه‌جویی زیادی را به همراه نخواهند داشت. دمای بحرانی برای

این کاربردها دمای نیتروژن مایع (۱۹۶- درجه سانتیگراد) می‌باشد. قیمت نیتروژن تقریباً به ارزانی شیر است. ایجاد دماهای پایین‌تر فوق العاده گرانتر است.

اگر ماده ابررسانا را بتوان منعطف و ارزان کرد (مثلاً ابررساناهای سرامیکی با مشکل شکنندگی مواجهند، هرچند نانوبلوری کردن آنها این مشکل را کاهش می‌دهد)، به صرفه‌جویی بسیار بیشتری می‌توان دست یافت. یک تحقیق جدید بیانگر امکان ابررسانایی نانولوله‌های کربنی خالص در دمای اتاق است، که احتمال مهیج ساخت خطوط انتقال ابرقدرتمند و ابررسانای نانولوله‌ای را مطرح می‌کند، اما باید گفت این تحقیق تجربی هنوز تأیید نشده است. حتی اگر نانولوله‌ها ابررسانا نباشند، رساناهای خوبی هستند (لااقل گونه «فلزی» آنها) و استحکام بالا و وزن اندک آنها می‌تواند برای خطوط هوایی نیرو مفید باشد. چنین ایده‌هایی در حال حاضر به دلیل حجم تولیدی اندک و روشهای غیردقیق تولید نانولوله‌ها بسیار جدال‌برانگیز است و درکوتاه یا حتی میان‌مدت امکان برتری اقتصادی آنها نسبت به مواد مرسوم بعید است. پیشرفتی که می‌تواند صورت مسأله را تغییر دهد، فناوری ریسیدن نانولوله‌ها با طول نامتناهی است.

بدون چنین جهش حیرت‌انگیزی در ابررساناهای "دمای اتاق" ارزان، انتقال انرژی الکتریکی هرگز نمی‌تواند به کارایی جابجایی سوخت خام نزدیک شود. بنابراین اگر پیل‌های سوختی واقعاً بتوانند در محیط‌های مسکونی تجاری شوند، صنعت توزیع انرژی الکتریکی به شدت از رشد باز خواهد ماند و نحوه استفاده از شبکه‌های موجود تغییر خواهد کرد. در نهایت ممکن است شبکه‌های "تبادلی" کوچکتر به بازار بالقوه جدیدی منجر شوند، اما از آنجایی که احتمال انجام تغییرات زیادی در زیرساختار موجود نمی‌رود- به جز کشورهای در حال توسعه فرصت‌های تجاری چندانی وجود نخواهد داشت. روی هم رفته در حال حاضر احتمال داده می‌شود، که فناوری نانو اثر منفی خالصی روی صنعت توزیع نیرو در میان تا دراز مدت داشته باشد.

٤-٥- روشنایی

از آنجایی که معمولاً از لیزرها در سیستم‌های روشنایی محیط استفاده نمی‌شود، در اینجا ذکری از آنها نمی‌شود- آنها در بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات از راه دور گنجانده شده‌اند. با این حال بعضی از فناوری نانو دخیل در لیزرها (مثل نقاط کوانتومی یا سیلیکون نانوحفره‌ای) به سوی سیستم‌های روشنایی محیط راه خواهند یافت، اما در مواجهه با فناوری‌های رقیب هنوز شواهد اندکی از احتمال موفقیت آنها وجود دارد.

اخیراً محققین EPFL در سوئیس با استفاده از نشر کننده‌های میدانی متکی بر نانولوله‌ها، نوری را مشابه نور لامپ‌های فلورسنت- از نظر شدت نور و ظاهر- تولید کردند. کارایی آن هنوز در حد لامپ‌های فلورسنت نیست، اما در عوض فاقد جیوه است و در مصارف خاص روشنایی رنگی قابلیت‌هایی دارد.

با این حال در سیستم‌های روشنایی عمومی، عمده‌ترین تأثیر کوتاه‌مدت را دیودهای نورافشان (به خصوص انواع آلی جدید آن) برجا خواهند گذاشت- که جزو فناوری نانو نیستند. آنها به سرعت در مصارفی همچون چراغهای راهنمایی و رانندگی استفاده شده‌اند. انتظار می‌رود در یکی دو سال آینده آنها به بازار مصارف مسکونی و تجاری هم رخنه کنند.

٤-٦- صرفه‌جویی انرژی

بدون شک فناوری نانو در بهبود بازده انرژی سهیم خواهد بود. یکی از مواردی که انتظار می‌رود، مواد پیشرفته عایق‌کاری است. مواد بسیار سبک شفاف موسوم به آئروژل‌ها- که از طریق فرآیندهای سل‌ژل ساخته می‌شوند- برای جایگزینی لایه هوا در شیشه‌های دو جداره تحت بررسی قرار دارند. این مواد در عایق‌کاری مرسوم- مثلاً برای پوشاندن پشت‌بام- نیز حائز قابلیت‌هایی می‌باشند. همچنین استفاده از

کامپوزیت‌های قوی‌تر و سبکتر در ماشین‌آلات الکتریکی موجب صرفه‌جویی انرژی خواهد شد. روکش‌های پنجره مبتنی بر فناوری نانوذرات و/یا سل‌ژل توانایی انعکاس برخی از طول‌موج‌ها همچون مادون قرمز را به نحو قابل کنترلی تغییر داده و موجب کاهش صورتحساب‌های گرمایش و تهویه هوا خواهد شد.

٤-٧- شرکت‌های استفاده کننده از فناوری نانو در بازار تولید و توزیع انرژی

جدول ۵، فهرست شرکتهایی را که به طور خاص از فناوری نانو در بازار تولید و توزیع انرژی استفاده می‌کنند نشان می‌دهد.

جدول ۵ شرکت‌های استفاده کننده از فناوری نانو در بازار تولید و توزیع انرژی

شرکت	فعالیت
3M	انجام تحقیق و توسعه روی پیل‌های سوختی.
ADELAN	توسعه دهنده کاتالیست‌های نانوذره‌ای برای مصارف پیل‌سوختی.
AKTINA	یک شرکت جداشده از دانشگاه داندی[1]. آنها صاحب یک فناوری تثبیت ذرات ریز روی انواع سطوح به کمک دستکاری ماده در مقیاس اتمی هستند، که در مصارف فناوری نمایشگر مسطح، تولید مدارات تمام نوری و انواع مبدل‌های کاتالیستی کاربرد دارد.
ALTAIR NANOTECHNOLOGIES INC.	استفاده کننده از فناوری نانوذرات در پیل‌های سوختی و باتری‌ها.
APYRON TECHNOLOGIES INC.	روشی برای کنترل خواص شیمیایی و فیزیکی تا حد مقیاس‌نانو در اختیار دارد که کاربردهایی در ساخت کاتالیست‌های تولید متانول و

[1] Dundee

	یک کاتالیست بازآرایی هیدورژن در پیل‌های سوختی دارد.
CHEMAT TECHNOLOGY	تولید کننده و فروشنده انواع گسترده‌ای از مواد پیش‌ساز جهت سل‌ژل و دیگر نانومواد که از آن جمله مواد ذخیره‌سازی انرژی در ابر خازن‌ها و باتری‌های لایه نازک هستند.
DEAL INTERNATIONAL INC.	روی کاربردهای نانولوله‌ها در پیل‌های سوختی تحقیق می‌کند.
FMC LITHIUM	کارش تولید مواد باتری‌های لیتیوم است. با مشارکت Altair Nanotechnologies اکسیدهای فلزی مرتبط با "نانوتیتانات لیتیوم" را توسعه می‌دهد.
GENERAL HYDROGEN	روی پیل‌های سوختی برای مصارف خودروها تحقیق و توسعه انجام می‌دهد.
GENERAL MOTORS	روی فناوری پیل سوختی تحقیق می‌کند.
GUANGZHOU YORKPOINT NEW ENERGY	تهیه کننده نانولوله‌های چند دیواره و یک باتری "نانومواد‌ی."
LIGHT-YEAR TECHNOLOGIES	فیلم‌های نازکی به ضخامت یک مولکول می‌سازد، که مصارفی در باتری‌های قابل شارژ تلفن همراه و چند پیش نمونه ذخیره هیدورژن داشته است.
MANHATTAN SCIENTIFICS	یک شرکت توسعه دهنده فناوری که روی زمینه پیل‌های سوختی کار می‌کند.
MICROCOATING TECHNOLOGIES	خدمات و وسایل روکش‌دهی پیشرفته را عرضه کرده و

	نانوپودرهای فلزی و اکسید فلزی را تولید می‌کند. یک موافقت نامه همکاری را با Power Systems (یک شرکت پیل سوختی) امضا کرده است.
NANO FUEL	روی استفاده از نانولوله‌های کربنی جهت ذخیره‌سازی هیدورژن در پیل‌های سوختی تحقیق می‌کند. وضعیت کاری فعلی این شرکت غیرشفاف است.
NANOMATERALS RESEARCH LLC	قطعات مبتنی بر نانوپودر را توسعه می‌دهد.
NANOPRODUCTS	پودرهای مقیاس‌نانوی را تولید می‌کند که در پیل‌های سوختی اکسید جامد کاربرد دارد.
NANOSONIC	یک فناوری تولید فیلم‌های نازک متخلخل را توسعه می‌دهد که مصارف بالقوه‌ای در پیل‌های سوختی و قطعات فتوولتائیک انعطاف‌پذیر دارد.
NANOTEK INC. (BRITANNIA MINERALS CORP.)	صاحب شرکت فوق‌الذکر Nano Fuel. (ردیف بالا را ببینید)
NEC	یک پیل سوختی پلاتینی مبتنی بر نانوشاخ (نوعی نانولوله) را توسعه می‌دهد.
NTERA	در سال ۲۰۰۱ مالکیت Xoliox را – که روی بهبود باتری‌ها به کمک نانوذرات کار می‌کند– به دست آورد.
PHYSICAL SCIENCES INC.	با همکاری دانشگاه ایالت کلورادو روی یک پروژه توسعه غشاهای

	نانولوله کربنی برای پیل‌های سوختی متانولی کار می‌کند.
.SAMSONG CORP	در زمینه پیل‌های سوختی تحقیق می‌کند.
SONY SUMITOMO OSAKA CEMENT	روی مصارف نانوپودرها، منجمله قابلیت نانوپودرهای اکسیدی برای استفاده در پیل‌های خورشیدی تحقیق می‌کند.
TOSHIBA	در زمینه پیل‌های خورشیدی (پیل‌های خورشیدی مبتنی بر نانوذرات TiO_2 به بازده ۷/۳٪ رسیده است) و ذخیره‌سازی انرژی تحقیق‌می‌کند.
UNISUN	روشهای مبتنی بر نانوذرات را برای ساخت محصولات فتوولتائیک توسعه می‌دهد.
US NANOCORP	برخی از مواد نانوساختاری را برای افزایش کارایی باتری‌های با دانستیه بالای انرژی و همجنین Mno_2 نانوالیافی را برای پیل‌های لیتیوم توسعه می‌دهد.
XOLIOX	باتری‌های مبتنی بر نانومواد اکسیدفلزی را توسعه داده است، که ۱۰۰ بار سریعتر از باتری‌های لیتیوم کنونی شارژ می‌شوند. Ntera در سال ۲۰۰۱ مالکیت آن را به دست آورد.

فصل پنجم

پزشکی و داروسازی

۵- پزشکی و داروسازی

به گفته شرکت ژاپنی NanoCarrier، تخمین زده می‌شود که بازار جهانی داروسازی ۴۵۴/۵ میلیارد دلار ارزش داشته و به طور یکنواختی توسعه پیدا کند. آنها بازار جهانی تجهیزات پزشکی را ۴۵/۴ میلیارد دلار، بازار عوامل شناساگر را ۷/۵ میلیارد دلار و بازار بالقوه ژن‌درمانی در آمریکا را ۶/۳ میلیارد دلار برآورد کرده‌اند.

مراقبت‌های بهداشتی یک دغدغه کاملاً نمایان و روبه رشد دولتها و به همین شکل مصرف کنندگان است. با توجه به این‌که کشورهای زیادی با پیر شدن جمعیت مواجهند، افزایش هزینه مراقبت‌های پزشکی، داروها و حق بیمه‌ها موجب ارایه راه‌حل‌های زیادی شده است. بعضی از زمینه‌های جالب توجه و کلیدی عبارتند از: عمل‌ها و فناوری‌های بیمارستانی، داروها، روش‌های درمان (مثلاً برای ایدز، سرطان‌ها و غیره)، مواد زیستی مثل خون، تجهیزات پزشکی، ایمنی غذا و تغذیه، سم‌شناسی، منابع تابنده تشعشع، علوم گیاهی، دام‌پزشکی و چند مورد دیگر.

برخی چنین احساس می‌کنند که ما در اواسط عرصه اکتشاف فناوری‌های جدید بهداشتی به سر می‌بریم. فناوری‌ها و ابزارهایی همچون ژنومیک، پروتئومیک، سلول‌های بنیادین، طراحی دارو بر مبنای ساختار، درمان‌های نوری حرکتی[1]، شیمی تلفیقی[2]، پیام‌رسانی بین سلولی[3] و غیره جهت‌گیری‌ها و دیدگاههای جدیدی را موجب شده‌اند که تا پیش از این قابل تصور نبودند.

[1] Photodynamic Therapy
[2] Combinatory Chemistry
[3] Intercellular Signaling

با توجه به محرک‌های قوی مالی و فنی، تولید کنندگان محصولات مراقبت بهداشتی نسبت به موازنه اقتصادی موجود برای مراقبت از بیمار هوشیارتر شده‌اند. مثلاً در حالی که هزینه داروهای جدید به نحو هشدار دهنده‌ای بالاست، پرداختن ۷۰۰ دلار در سال برای جلوگیری از یک عمل ۳۰/۰۰۰ دلاری با مزیت اقتصادی همراه است.

بسیاری از شرکت‌های داروسازی بزرگ، فروشندگان و تهیه‌کنندگان تجهیزات پزشکی و شرکت‌های انتفاعی در بخش بیمارستانی به علت حاشیه‌های سوددهی بالای محصولات عمومی و ویژه در وضعیت مالی خوبی قرار دارند و سرمایه‌گذاری‌های قابل‌ملاحظه‌ای را در زمینه تحقیق و توسعه- علیرغم وجود پیشگامی‌های با حمایت دولتی در این زمینه- انجام داده‌اند. افق زمانی و فرآیندهای چند مرحله‌ای تحقیق، توسعه، آزمایش، به تصویب‌رسانی و توزیع طوری عمل می‌کنند که درمان‌های جدید دارای نرخ نارسایی بالا را حذف می‌کند. اداره کل غذا و داروی آمریکا از جانب خود، زمان به تصویب رساندن داروهای جدید را از ۲۲ ماه در سال ۱۹۹۲ به کمتر از ۱۲ ماه در سال ۱۹۹۹ کاهش داده است. کشورهای دیگر نیز نشانه‌هایی از این جهت‌گیری را نشان داده‌اند.

علوم‌نانو در نهایت اثر حیرت‌انگیزی بر علوم زیستی (و بنابراین صنایع داروسازی و پزشکی) در دراز مدت- به علت توانایی‌های رو به رشد ما برای کار در مقیاس سیستم‌های زیستی- و اثر قابل‌ملاحظه‌ای در کوتاه و میان‌مدت خواهد گذاشت. این تأثیر نیز از دو طریق عمل خواهد کرد. طبیعت در طی میلیاردها سال مکانیسم‌های پیچیده، کارا و زیبایی را متکامل کرده است که ما برای رقابت با آنها به شدت تحت فشاریم اما قطعاً بیشتر باید (و می‌توانیم) از آنها بیاموزیم.

با این حال اغراق‌گویی‌های فراوانی در این زمینه وجود دارد. مثلاً به احتمال قوی اثرات زودهنگام و میان‌مدت فناوری نانو در پزشکی و داروسازی بسیار کمتر از بازارهای مواد یا تولید و توزیع انرژی خواهد

بود. عمده‌ترین زمینه‌های نخستین تأثیرگذاری کوتاه مدت در تشخیص آنالیز، دارورسانی و بـه مقـدار کمتـر استفاده از مواد زیست‌سازگار در اعضای مصنوعی و جراحی باز ترمیمی[1] خواهد بود.

قطعاً بازارهای پزشـکی و دارورسـانی، بـسیار بـزرگ بـوده و لـذا درآمـد فنـاوری نـانوهـا از آنهـا قابل‌ملاحظه خواهد بود. با این حال، باید این زمینه را تحت نظـر داشـت. لازم اسـت بـین توسـعه پزشـکی مرتبط با فناوری نانو و پزشکی غیرمرتبط با آن تمایز قائل شویم. از آنجایی که اکثر مباحث علوم زیـستی بـه مقیاس‌نانو مربوط می‌شود، ممکن است در اینجا اشتباه کنیم. رشته کاملاً قوام‌یافته مهندسی ژنتیـک در چنـد سال آینده احتمالاً اثر بسیار بیشتری از فناوری نـانو بـر پزشـکی خواهـد گذاشـت. بـه نظـر مـی‌رسـد اکثـر پیشرفت‌های مهندسی برای شناخت ابزارهای طبیعت، بیش از هـر نـوع فنـاوری نـانو دیگـری ادامـه یابنـد. فناوری نانو احتمالاً همچنان در پس زمینه باقی مانده و در کوتاه‌مدت نقشی حمایتی (به خـصوص از جنبـه آنالیز) خواهد داشت. به همین شکل، اکثر جهش‌های پزشکی آتی با کمک علم زیست‌شناسی مرسوم و فهـم بالاتر ما از آن پدید خواهند آمد (مثلاً سلول‌های بنیادین قابلیت فـوق‌العـاده‌ای در آینـده نزدیـک دارنـد). در اینجا نیز فناوری نانو نقش حمایتی را بر عهده دارد. این موازنه تا مدتی بـاقی خواهـد مانـد؛ چـون طبیعـت جعبه ابزار پیچیده و گسترده‌ای برای کاوش در اختیار دارد، جعبه ابزاری که برای انجـام وظـایف در دسـت ماست. اشتباه نکنید! پیشرفت‌های خارق العاده‌ای در دهه آتی در علوم حیات رخ خواهد داد، امـا بزرگتـرین آنها را نمی‌توان مستقیماً به فناوری نانو منتسب کرد. ممکن است در نهایت این موازنـه بـه هـم بخـورد، امـا حجم دانشی که ما هنوز باید در مورد کارکردهای بنیادی سیستم‌های زیـستی در سـطح مولکـولی بیـاموزیم، بیانگر این است که این وضع تا مدتی به همین شکل ادامه خواهد داشت.

[1] Reconstructive Surgery

یکی از عرصه‌هایی که فناوری نانو در صنعت داروسازی سهیم خواهد بود، کاتالیست‌های پیشرفته است. کاتالیست‌ها بر گستره وسیعی از صنایع اثرگذار خواهند بود و در بخش جداگانه‌ای بررسی خواهند شد.

۵-۱- تشخیص، تحلیل و اکتشاف

نخستین اثر عمده کوتاه‌مدت فناوری نانو بر پزشکی مخصوصاً از منظر محصولات جدید، به احتمال قوی در تشخیص و آنالیز و به طور خاص رشد تداوم یافته سیستم‌های آزمایشگاه روی تراشه خواهد بود. با این حال به یاد داشته باشید که این سیستم‌ها هم اکنون با اتکا بر میکروتکنولوژی و میکروسیالات وجود دارند و انتظار می‌رود با بالغ شدن این فناوری‌ها و توسعه زیست‌شناسی مولکولی- بدون نیازمندی به تکامل آنها در مقیاس‌نانو- شاهد رشد قابل‌ملاحظه آنها باشیم. با این وجود سیستم‌های نانوالکترومکانیکی و نانوسیالاتی قابلیت‌های بالقوه جدیدی همچون تشخیص تک‌مولکول و مرتب‌سازی مولکولی را عرضه می‌کنند. تعداد محدودی از این قسم کاربردها- همچون تشخیص تک‌مولکول- را احتمالاً در کوتاه‌مدت خواهیم دید، اما حجم انبوه تولید آنها را به احتمال زیاد در میان مدت (یعنی از سه سال آینده به بعد) مشاهده خواهیم کرد.

دلایل ارزشمند بودن ابزارهای آنالیز مبتنی بر سیستم‌های میکروالکترومکانیکی (MEMS) و میکروسیالاتی عبارت است از:

- آنها درجه‌ای از موازی‌کاری را عرضه می‌کنند که تا پیش از این سابقه نداشته است؛
- توانمندی آنها در تشخیص مقادیر بسیار اندک‌تر ماده نسبت به فناوری‌های گذشته؛
- این وسایل را می‌توان از آزمایشگاه بیرون کشیده و به راحتی حمل کرد؛
- افزایش اتوماسیون به دلیل طبعیت یکپارچه‌سازی میکرو مدارات در این قطعات؛

- و مزایای راهکارهای تولید انبوه مورد استفاده در صنعت نیمه‌هادی.

نسخه‌های این سیستم‌ها در مقیاس‌نانو احتمالاً دارای تمام این خصوصیات یا حتی خصوصیاتی بهتر از آنها خواهند بود؛ مگر مورد آخر که برای ارزیابی قابلیت ابزارهای مبتنی بر سیستم‌های نانوالکترومکانیکی (NEMS) شایان توجه است. NEMS را می‌توان با روش‌های تولید انبوه مشابهی در صنعت نیمه‌هادی تولید کرد، اما این روش‌ها هنوز به تولید تجاری طرح‌های کوچکتر از ۱۰۰ نانومتر دست نیافته است. سیستم‌های نانوالکترومکانیکی با اندازه طرح‌های بسیار کوچکتر از این مقدار ساخته شده‌اند، اما ساخت آنها مستلزم استفاده از سیستم‌هایی همچون لیتوگرافی پرتوالکترونی است که در هر بار کار فقط می‌توانند یک چیز را بسازند و لذا مصارف این سیستم‌ها به محصولات دارای هزینه واحد گرانقیمت محدود می‌شود.

عین این داستان الزاماً برای میکروسیالات- که از لیتوگرافی نرم برای ساخت اجزای آن استفاده می‌شود- صادق نیست. لیتوگرافی نرم به راحتی در مقیاس‌نانو کار می‌کند و مشاهده قابلیت‌های جدید آن در تشخیص و کنترل مولکولی در کوتاه تا میان مدت با بخت و اقبال بیشتری مواجه است. علاوه بر این، سادگی نسبی لیتوگرافی نرم درها را برای تازه‌واردین خوش فکر باز نگه می‌دارند، تا طرح‌های عالی خود را به بازار برسانند. نانوسیالات نه فقط توانایی کار با مقادیر کمتر ماده را موجب می‌شود، بلکه همچنین باعث جداسازی پروتئین‌ها یا اسیدهای نوکلئیک (DNA و RNA) بر مبنای اندازه و شکل آنها می‌شود.

ورود قطعات پیوندی طراحی شده برای نظارت و تنظیم کارکردهای زیستی بدن در کوتاه‌مدت دور از ذهن نیست. آنها به احتمال قوی مکانیسم‌های ساده دارورسانی با رهایش کنترل‌شده خواهند بود (در این سیستم‌ها بر خلاف مکانیسم‌های رهایش تأخیری، دارو به هنگام نیاز در پاسخ به تغییرات فیزیولوژیکی و زیست‌شیمیایی خاصی آزاد می‌شود) و لااقل در کوتاه مدت طبیعت بسیار ساده‌ای خواهند داشت. با گذشت زمان قطعات پیوندی می‌توانند از پیچیدگی بیشتری برخوردار شوند. تاکنون قطعاتی ساخته شده است که به

راحتی می‌توانند در سیالات زیستی کار کرده و اعمال مکانیکی را به انجام برساند؛ مثلاً بازویی ساخته شده که می‌تواند اشیایی به اندازه یک سلول را دستکاری کند. این ابزارها به احتمال بیشتر در آزمایشگاه یک شرکت داروسازی کاربرد خواهند داشت تا در یک قطعه پیوندی، اما در نهایت سیستم‌های نانومکانیکی و نانوسیالاتی توان خلق کبدها یا کلیه‌های مصنوعی را خواهند داشت و بخشی از چنین پیشرفت‌هایی را می‌توان در میان مدت مشاهده کرد. کارهایی روی بسته‌های انرژی‌ساز زیست‌سازگار انجام شده است، که می‌توانند از گلوکز و اکسیژن موجود در خون الکتریسیته تولید کنند.

نانوغشاها نیز در عرصه پزشکی و داروسازی قابلیت قابل‌ملاحظه‌ای در کوتاه یا میان مدت دارند. آنها توانمندی‌های جدیدی را برای جداسازی مواد شیمیایی مختلف منجمله ایزومرهای دست راست و دست چپ فضایی مولکول‌های زیستی عرضه می‌کنند (تنها یک نسخه از آنها مفید است و مابقی یا بی‌اثر و یا مضرند؛ داروی مشهور تالیدومید مثالی از این دست است).

این ساختارها یک زمینه تحقیقاتی آزاد و گسترده و یک عرصه حاصلخیز تجاری‌سازی است. اختراعات ثبت شده مفید احتمالاً یک فرآیند خاص را با کاربرد خاص آن توضیح می‌دهند.

یک فناوری بالقوه بسیار تأثیرگذار بر حجم رو به رشد اطلاعات رشته‌های ژنومیک و پروتئومیک که اکثر آنها احتمالاً کاربرد تجاری خواهند یافت- یک سیستم تعیین توالی DNA یا RNA با کمک یک نانوحفره است. گروهی در هاروارد روی راهکاری از این دست کار می‌کنند، که ادعا شده می‌تواند ژنوم یک فرد (کل رمز ژنتیکی یک انسان) را در عرض چند ساعت مشخص کند. این گروه جواز فناوری خود را به Agilent داده‌اند و اگر واقعاً شانس تجاری‌سازی این فناوری را داشته باشند، مانع کاملاً بزرگی را در برابر افراد امیدوار به رقابت در توالی‌سنجی ژنی با میان‌گذر بالا ایجاد کرده‌اند. US Genomics نیز اخیراً یک فناوری خواندن خطی تک تک بازهای (حروف الفبای ژنتیکی) رشته‌های باز شده RNA یا DNA را تجاری

کرده است، اما انجام آن مستلزم یک مرحله نشان‌گذاری[1] است و هنوز به مرحله خواندن کل ژنوم نرسیده است، اما می‌تواند به آن برسد.

قابلیت تجاری این فناوری‌ها در پزشکی و کشاورزی بسیار زیاد است. داشتن اطلاعاتی در مورد تنوع ژنتیکی افراد در یک جمعیت، برای توسعه دهندگان دارو مفید است. به علاوه این احتمال وجود دارد که بتوان نوع درمان را برحسب سرشت ژنتیکی یک فرد (موسوم به نوع ژنی[2]) انتخاب کرد. یک پیامد جالب توجه و گسترده اما غیرقطعی (به دلیل نیاز به پیش‌بینی تعداد شرایط لازم برای درمان فردگرایانه به جای استفاده از یک داروی استاندارد مشکل است) چنین راهکاری این است که شرکت‌های داروسازی دیگر نمی‌توانند "انتظار تولید یک دارو برای همه" را داشته باشند، بلکه می‌توانند بخشی از طیف گسترده درمان‌ها را در اختیار بگیرند. به همین شکل در آزمایشات بالینی باید به نحوه تغییر کارایی نسبت به تنوع ژنتیکی توجه نمود. به نظر نمی‌رسد هیچ یک از این پیشرفت‌ها برای صنعت مزیت اقتصادی به همراه داشته باشد، اما این سناریوها هنوز در مرحله بحث صرف است.

دو فناوری دیگری که به نظر می‌رسد بتوانند به بخش آنالیز کمک کنند، امکان موازی‌کاری قابل‌ملاحظه‌ای را در تشخیص حضور زیست‌مولکولها در یک نمونه فراهم خواهندکرد. هم‌اکنون بسیاری از روش‌های تشخیصی برای شناسایی هر ماده به انجام دادن آزمایش جداگانه‌ای محتاج می‌باشند. یکی از این راهکارها که شرکت .Quantum Dot Corp آن را پیگیری می‌کند، از نقاط کوانتومی فلوئورسنت در یک سوسپانسیون مایع بهره می‌برد. این نقاط به مولکول‌های خاصی چسبیده، حضور آنها را در هنگام آنالیز نور منتشر شده لو می‌دهند. با این روش حتی می‌توان حضور یک مولکول واحد از ماده مورد نظر را شناسایی کرد. راهکار دیگر که شرکت SurroMed پی می‌گیرد، از نانوسیم‌های دارای باریکه‌های قابل تشخیص

[1] Tagging
[2] Genotype

استفاده می‌کند که بسیار به یک "بارکد" شبیه‌اند. روش کار در این جا بسیار شبیه مورد قبل است. این بارکدها به مولکول‌های خاصی چسبیده و با شمارش آنها در یک نمونه، در آن واحد می‌توان مقدار مولکول‌های مختلف مورد نظر را تعیین کرد. هر دوی این فناوری‌ها با ادعای نزدیکی به تجاری‌سازی در حال جذب مشتری‌اند.

صنعت داروسازی از فناوری‌های آنالیز موازی‌تر، کوچکتر و جدید، در ارزیابی محصولات در محیط‌های پیش بالینی سود خواهد برد. آزمایشات بالینی فوق‌العاده گران و مستلزم صرف سالیان زیاد و نرخ بالای خطاست. هر فناوری آنالیزی که بتواند میزان موفقیت را در آزمایشات بالینی افزایش دهد، ارزش بی حد و حصری برای این صنعت خواهد داشت. اکثر علوم مورد نیاز برای توسعه این روش‌ها در قلمرو درک مبانی مولکولی واکنش‌های فیزیولوژیکی است، اما هرقدر که یک پیش‌بینی مولکولی اثرات فیزیولوژیکی، خواسته یا ناخواسته قوی باشد، ابزارهای آنالیز تعیین‌کننده محل این شناساگرهای زیست‌شیمیایی در یک کشت سلولی، نیز سهم خود را در افزایش موفقیت آزمایشات بالینی حفظ خواهند کرد، به‌خصوص با توجه به این که سازندگان گوناگونی می‌توانند این کار را به صورت موازی انجام دهند.

به خاطر داشته باشید، که در صنعت دارورسانی بهبود قابلیت حتی یک قطعه از دستگاه- مثلاً با استفاده از ساختارهای نانوسیالاتی- ارزش قابل‌ملاحظه‌ای دارد و بنابراین درگیرشدن در انواع هزینه‌های فرآیندهای ساخت و تولید انبوه را توجیه می‌کند. تجهیزات آنالیز پزشکی مورد استفاده در بیمارستان‌ها یا مطب‌های پزشکان را باید بتوان با یک فناوری مناسب به تولید انبوه رساند تا موفقیت تجاری به همراه داشته باشند.

۵-۲- دارورسانی

دو شرکت درگیر استفاده از نانوکپسوله‌سازی در داروسازی Flamel و Capsulation می‌باشند. اولی بازار (حجم فروش) سیستم‌های دارورسانی را در سال ۲۰۰۵، ۴۹ میلیارد دلار برآورد کرده‌است.

به نظر می‌رسد دارورسانی از اولین زمینه‌های تأثیرگذاری فناوری نانو بر بازار باشد. راهکارهایی که در مرحله اول آزمایشات بالینی قرار داشته یا انتظار می‌رود به زودی وارد آن شوند، عبارتند از: رسانش نانوذره‌ای انسولین و رسانش داروهای آسم از راه استنشاق، انسولین رسانی نانوکپسولی با رهایش کنترل شده، و درمان ایدز با اتکا بر باکی‌بال‌ها.

از منظر تجاری‌سازی کاربردها، مکانیسم‌های دارورسانی معمولاً به اندازه فرمولاسیون‌های جدید دارو سود ندارند. با این حال چون آن قدر به آزمایشات بالینی نیاز ندارند، سود زودهنگام‌تری را به همراه دارند. طبیعت نوین مکانیسم‌های دارورسانی مبتنی فناوری نانو چنان است، که هیچ فناوری‌ای توان رقابت با آنها را ندارد. بنابراین تازه‌کارها می‌توانند با گذراندن فناوری خود از مسیر کامل زنجیره ارزش تا بازار مصرف، آن را به سرمایه‌ای برای خود بدل سازند- با این وجود هزینه‌های آزمایشات ممکن است بالا باشد و باید در نظر داشت که قطعاً متصدیان نیرومندی در زمینه فناوری‌های رسانش موجود و همچنین جدید وجود خواهند داشت. به همین علت احتمال زیادی وجود دارد که تازه واردین مجبور به همکاری با شرکتهای موجود مخصوصاً شرکت‌های داروسازی- که آنها نیز روی توسعه مکانیسم‌های رسانش هزینه می‌کنند- شوند.

نانوکپسول‌ها و مواد نانوحفره‌ای نویدبخش حفاظت از داروها در برابر بدن تا رسیدن آنها به هدف موردنظر می‌باشند. این حفاظت می‌تواند در برابر دستگاه ایمنی یا مواد شیمیایی بدن همچون شیرابه معدی باشد (مورد دوم موجب خوراکی‌شدن رسانش داروها و واکسن‌هایی می‌شود که هم اکنون به صورت تزریق

وارد بدن می‌شوند). این قابلیت حفاظتی را می‌توان با راهکارهای هدایت دارو بـه مکـان‌هـای خـاص بـدن، همچون به کارگیری پادتن‌ها، تلفیق کرد. از چنین راهکارهایی می‌توان استفاده کرد تا:

- نانوذرات رادیو اکتیو به سلول‌های سرطانی رسانده شوند،
- یا ذرات دیگری برای بهبود و محدودسازی اثرات شیمی درمانی به کار روند،
- یا مثلاً برای کشتن سلول‌های سرطانی از امـواج مـایکروویو بـرای ایجـاد دماهـای بـالا در مناطقی محدود استفاده کرد.

به خاطر داشته باشید که ساخت یک واسطه رسانشی- حفاظتی فقط یک گـام در ایـن مـسیر اسـت (قطعی کردن رسیدن یک دارو به یک هدف مناسب چالشی مهم است). علاوه بر این رهایش دارو در هدف نیز مسأله‌ای دیگر محسوب می‌شود. حامل دارو می‌تواند یک نانوکپسول توخالی یا یک نانوذره جامـد باشـد که ماده مورد نظر در در داخل آن جای داده شده باشد. اگر مولکول‌های محمولـه بـه انـدازه کـافی کوچـک باشند، می‌توان از نفوذ عادی برای رهایش آن استفاده کرد. همچنین می‌توان ساختار حامل را با تجزیه طبیعی یا ماوراء صوت در هم شکست. در واقع همیشه به یک محمولـه دارو نیـاز نیـست، بلکـه مـاده مـورد نظـر می‌تواند فقط با تولید حرارت زیاد تحت تابش لیزر بافت‌های مجاور خود را بکشد

یک کاربرد خاص مواد نانوحفره‌ای که به زودی وارد مرحلـه آزمایـشات بـالینی مـی‌شـود، قطعـه‌ای پیوندی به شکل یک ظرف است، که حاوی سلول‌های زنـده لوزالمعـده یـک فـرد دیگـر یـا حتـی حیـوانی همچون موش می‌باشد. این فناوری امکان علاج یکباره دیابت را فراهم می‌کند.

درمان دیگری که در تقسیم‌بندی‌های قبلی نمی‌گنجد، استفاده از باکی‌بال برای درمان ایدز اسـت کـه شرکت CSixty روی توسعه آن کار کرده است.

درخت‌سان‌ها نیز توانمندی قابل‌ملاحظه‌ای در دارورسانی و نظارت بر اثرات آنها در سطح سلولی دارند. گستردگی انواع درخت‌سان‌ها و سهولت ساختشان بیانگر حجم بزرگی از فرصت‌های بالقوه در این زمینه است.

یک کاربرد جدال برانگیز، استفاده از نانولوله‌ها برای تزریق مستقیم مواد به سلول‌هاست. سال گذشته آزمایشگاههای ملی ساندیا آرواره‌هایی مبتنی بر MEMS را ساختند، که می‌توانستند گلبول‌های منفرد قرمز خون را بدون آسیب زدن به چنگ بگیرند. این مسأله قابل تصور است که با کمک یک نانولوله بتوان یک نشان‌گذار خاص- مثل یک نانوذره یا یک درخت سان- را به درون این سلول‌های محبوس‌شده تزریق کرد و سپس آنها را برای ردگیری در بدن آزاد ساخت. تزریق مواد ژنتیکی نیز که مصارف بالقوه‌ای در بازار مهندسی ژنتیک دارد، دور از ذهن نیست. به روشی مشابه نیز می‌توان این نمونه‌های کوچک را از بدن خارج کرد. با این حال در حال حاضر ارائه کاربردهای این چنینی برای نانولوله‌ها به مباحث نظری محدود می‌شود.

۵-۳- اعضای مصنوعی

اعضای مصنوعی نانومهندسی شده در میان مدت میدان وسیعی را به خود اختصاص خواهند داد. آنها ممکن است، مواد توده‌ای باشند که برای استحکام و زیست‌سازگاری مورد نظر طراحی شده‌اند (مخصوصاً در جایی که "رشد مجدد" ممکن باشد)، یا قطعاتی باشند که برای جبران کارکرد زیستی از دست‌رفته‌ای همچون حواس پنجگانه طراحی شده‌اند.

هم‌اکنون متصل‌نمودن ابزارها به بخش‌هایی از دستگاه عصبی ما، که برای پردازش اطلاعات بینایی یا شنوایی آفریده شده‌اند، ممکن است. در واقع اخیراً ابزار جدیدی ساخته شده که به نابینایان بینایی محدودی را می‌بخشد. عامل تعیین‌کننده اصلی در اعضای مصنوعی حسی اندازه است؛ ابزارهای شنوایی و بینایی باید در حد نوع طبیعی خود کوچک بوده و اتصالات‌شان برای ارتباط با دستگاه عصبی انسان به اندازه

کافی کوچک باشند. البته توانمندی کار با چنین سیستم‌های کوچکی یکی از مایه‌های بزرگ امیدبخشی فناوری نانو است، اما در حال حاضر فقط با راهکارهای خطی (یعنی تولید یک محصول در هربار) می‌توانیم چنین کارهایی را انجام دهیم، که کند و گرانقیمت اند. با این حال الزاماً مانع دیگری در راه تجاری‌سازی آنها وجود ندارد؛ چون معمولاً هزینه درمان‌های پزشکی بالاست و رویه‌های درمانی موردی است. امیدواری جدید به قلب‌های مصنوعی – که اخیراً عمومیت زیادی یافته است– وجود داشتن بازار برای چنین فناوری‌های گرانقیمتی را تصدیق می‌کند، اگر چه از قلب‌های مصنوعی به عنوان درمانی زندگی‌بخش یاد می‌شود، اما بالا بودن هزینه‌های درمانی بیناکردن نابینایان و شنوا کردن ناشنوایان نیز قابل قبول می‌باشند. این فناوری‌ها هنوز در طفولیت خود به سر می‌برند و تنها موردی که به تکامل رسیده است، ساخت اتصالات پایدار دستگاه عصبی است. کار جدیدی که اخیراً در رشد نورون‌ها بر روی مواد نیمه‌هادی صورت گرفته است، می‌تواند در عرض دو سه سال قابلیت‌های این فناوری‌ها را به طور قابل‌ملاحظه ای بالا برده و باعث استفاده گسترده از وسایل الکترونیکی در قطعات پیوندی شود. با این حال این نورون‌ها باید با بدن بیمار سازگار باشند و الا پس زده خواهند شد. پیشرفت‌های اخیر در تحقیقات "سلول بنیادین" – منجمله نتایجی که حاکی از وجود سلول‌های بنیادین (قابل تبدیل به انواع سلول‌ها) در درون بدن همه انسانهاست– می‌تواند تأثیر شگرفی بر این عرصه داشته باشد. این رشته نوسانات زیادی دارد، اما در کوتاه‌مدت انتظار نتایج قابل‌ملاحظه‌ای نمی‌رود. به احتمال قوی چنین وقایعی در میان‌مدت رخ خواهند داد.

انتظار می‌رود در کوتاه مدت با خلق نسخه‌های قدرتمندتری از مواد ساختمانی به لطف فناوری نانو، اعضای مصنوعی ارتقاء پیدا کنند. استحکام مواد مرسومی چون پلاستیک‌ها را می‌توان با استفاده از پرکن‌های نانوذره‌ای افزایش داد در واقع نانوذرات سیلیکاتی موجود پلاستیک‌ها را زیست‌سازگارتر می‌کنند. ثابت شده است روکش‌هایی همچون نانوذرات می‌توانند رشد دردسرساز سلول‌ها را بر روی سطوح (مهمترین مشکل

قطعات پیوندی) کاهش‌دهند. اخیراً شرکت‌های زیادی شروع به توسعه مواد نانوساختاری جهت استفاده به عنوان جایگزین استخوان یا مواد بهبوددهنده رشد استخوان کرده اند.

علاوه بر این استحکام تیتانیوم (ماده مطلوب ساخت اعضای پیوندی ساختاری همچون جایگزین‌های استخوان لگن) را می‌توان به طرز امیدوارکننده ای با نانوبلوری کردن افزایش داد (در حال حاضر با آلیاژکاری می‌توان استحکام تیتانیوم را افزایش داد، اما اجزای چنین آلیاژهایی به اندازه تیتانیوم زیست‌سازگار نیستند). نانوساختاری کردن همچنین باعث افزایش قابلیت ماشین کاری می‌شود و اندازه دانه‌های بسیار کوچک امکان شکل‌دهی " ابر پلاستیکی"[1] را در دماهای پایین‌تر و نرخ‌های کرنش بالاتری نسبت به آلیاژهای مرسوم فراهم می‌کنند. انواع وسایل ارتوپدی مبتنی بر تیتانیوم نانوساختاری در روسیه تحت آزمایشات بالینی قرار گرفته اند.

بدون‌شک در کوتاه تا میان‌مدت، قطعاتی همچون قلب مصنوعی از تأثیرات فناوری نانو بر استحکام و زیست‌سازگاری مواد، وسایل نانوالکترونیکی و سیستم‌های نانوالکترونیکی/ نانوسیالاتی- به عنوان بخشی از سیستم‌های کنترلی این وسایل - سود خواهند برد.

در اواسط ۲۰۰۱ کشف شد که نانولوله‌ها می‌توانند به صورت میکروفون‌های کوچکی عمل کنند. این قابلیت ممکن است روزی به ناشنوایان شنیدن را اهداء کند.

۵-٤- عوامل ضدمیکروبی، ضدویروسی و ضدقارچی

هم اکنون نانوذرات و مواد نانوبلورین به عنوان عوامل ضدمیکروبی و ضدقارچی تجاری شده‌اند. صنعت مراقبت‌های بهداشتی با توجه به رشد مقاومت باکتری‌ها به آنتی‌بیوتیک‌ها، به شدت به قابلیت‌های

[1] Super-plastic

افزایش محافظت در برابر آنها نیازمند است. در اکثر موارد مکانیسم‌های عملکرد آنتی‌بیوتیک‌ها به خوبی درک نشده است و به همین دلیل احتمال کشف مواد جدید و بهتر همواره وجود دارد.

مثال شرکت Nucryst که در ذیل می‌آید، بیانگر سهولت تجاری‌سازی این مواد برای مبدع آنهاست. به همین دلیل فرصت‌های زیادی در کشف یک ماده جدید که دارای خواص حفاظتی این چنینی است نهفته می‌باشد. خواص آنتی‌بیوتیک نقره از مدت‌ها قبل شناخته شده، اما اخیراً به دلیل ساخته‌شدن به صورت نانوذرات نانوبلورین – که انحلال و در نتیجه قدرت آن را بیشتر می‌کند- استفاده بیشتری یافته است. این نانوذرات هم اکنون در بانداژهای تجاری شرکت Nucryst استفاده می‌شوند. Nanophase نانوذرات اکسید روی را به عنوان قارچ کش برای Scholl (سازنده رویه داخلی کفش) تولید می‌کند و پودرهای بسیار ریز اکسید منیزیم می‌تواند هاگ باکتری‌هایی همچون سیاه زخم را نابود کند.

پیشرفتی که در اواخر ۲۰۰۱ خبرسازی زیادی کرد، محصول پیش نمونه شرکت Nanobio بود. این محصول که از نانوقطرات روغنی تشکیل شده‌بود، می‌توانست هاگ‌های باکتری‌ها، ویروس‌ها و حتی قارچ‌ها را بکشد. تمرکز فعلی این شرکت- با توجه به نگرانی‌های اخیر پدید آمده در مورد سیاه‌زخم در آمریکا – روی محافظت در برابر جنگ‌افزارهای بیولوژیکی است، اما مصارف گسترده آن در صنعت مراقبت بهداشتی – به خصوص در بیمارستان‌ها – قابل پیش‌بینی است. یک سلاح بالقوه دیگر در برابر باکتری‌های مقاوم شده نسبت به آنتی بیوتیک‌ها، نانولوله‌های خودآرا شده ساخته شده از پپتیدها (اجزای بنیادی پروتئین‌ها) می‌باشند، که می‌توانند غشاهای باکتری‌ها را سوراخ کنند.

نانوذرات خاصی باعث ترکیدن باکتری‌ها و ویروس‌ها می‌شوند و باعث ظهور ایده‌هایی همچون پارچه‌های توری بیمارستانی حاوی این نانوذرات، کرم‌های قابل انتشار بر روی بدن، و اسپری‌های قابل استنشاق، جهت حفاظت بدن در برابر عوامل بیماری‌زای گوناگون شده‌اند.

۵-۵- شرکت‌های استفاده‌کننده از فناوری نانو در بازار پزشکی و داروسازی

جدول ۶ فهرست شرکتهایی را که به طور خاص از فناوری نانو در بازار پزشکی و داروسازی استفاده می‌کنند نشان می‌دهد.

جدول ٦ شرکت‌های استفاده‌کننده از فناوری نانو در بازار پزشکی و داروسازی	
شرکت	**فعالیت**
ACCESS PHARMACEUTICALS	شبکه‌های بلوری هیدروژل‌ها را برای استفاده در دارورسانی پپتیدها و پروتئین‌ها توسعه می‌دهد.
ADVANCED MAGNETICS	یک شرکت مواد زیست‌دارویی که کارش توسعه و تجاری‌سازی کاربردهای دارویی ترکیبات آهن است. این شرکت فعالیت‌هایی در زمینه درمان کم‌خونی و استفاده از نانوذرات اکسید آهن به عنوان عوامل ایجاد تباین برای تصویربرداری‌تشدیدمغناطیسی دارد.
ADVANCED NANOPARTICLES LTD	نانوذرات اکسید آهن زیست‌تخریب‌پذیری را برای مصارف پزشکی تولید می‌کند.
ADVECTUS LIFE SCIENCES INC.	با Nanopharm AG آلمان موافقت‌نامه‌ای برای کسب امتیاز استفاده جهانی از برخی از فناوری‌های نانوذره‌ای خاص امضاء کرده است، که در درمان سرطان مغز کاربرد دارند.
AGILENT TECHNOLOGIES	با کمک دانشگاه هاروارد روی یک فناوری نانوحفره‌ای جهت توالی سنجی نوکلئوتیدها کار می‌کند.
AKZO NOBEL	تولیدکننده روکش‌ها، مواد شیمیائی و محصولات مراقبت بهداشتی.

	اخیراً کارخانه ای را افتتاح کرده، که بر فرآیندهای شیمیائی مبتنی بر نانوذرات و پلیمرها استواراست.
ALBA CENTER	یک انکوباتور شرکت‌های نوپا و جدا شده از دانشگاه‌ها که روی فناوری نانو و به طور خاص نانوزیست‌فناوری متمرکز است.
ALTAIR NANOTECHNOLOGIES INC.	تولیدکننده نانوذرات. مواد جاذب اشعه ماوراء بنفش آنها در کرم‌های ضدآفتاب به کارمی‌رود.
ANGSTROM MEDICA	بر خلق، تولید و تجاری‌سازی مواد نانوساختاری مورد استفاده در ارگانیسم‌های زنده متمرکز است. اولین محصول آنها یک استخوان مصنوعی برای عمل‌های ارتوپدی جوش خوردگی نخاعی و ترمیم ترک بود.
APHIOS	از فناوری نانو در توسعه محصولات فراوانی سود جسته است. فناوری‌هایی که آنها به کار می‌برند، عبارتند از: تولید ذرات پروتئینی به قطر ۵-۰/۵میکرون (برای وارد کردن در محفظه‌های رسانش) ؛ نانوکره‌های پلیمری (برای کپسوله کردن)، نانوزوم‌های[1] فسفولیپیدی به کمک " ابر سیالات" (یک روش کپسوله‌سازی مبتنی بر نانوزوم‌ها).
APPLIED GENE TECHNOLOGIES	کار این شرکت تولید سنسورهای آرایه‌ای برای غربال کردن و تهیه نمونه است. محصول اصلی آنها را می‌توان در انواع سیستم‌ها و

[1] Nanosomes

	اشکال رسانشی اعم از تیله، میله، فیلم نازک، تراشه و میکرو یا نانوذره به کار برد.
ARGONIDE NANOMATERIALS	تولیدکننده نانوپودرها و نانوالیاف فلزی و سرامیکی، که برای تولید نانوسیم‌های سرامیکی زیست- و غیر زیست‌چسب آنها را فروخته یا به کار می‌بندد. با همکاری دانشگاه پوردو روی تولید استخوان مصنوعی کار می‌کند.
BAO PHARMACEUTICALS	توسعه دهنده ذرات پودری مقیاس‌نانو جهت تولید قرص‌های پر قدرت آسپرین
BASF AKTIEN GESELLSCHAFT	محصولات نانوذرات TiO_2 Nanophase Technologies Corp. را در محصولات ضدآفتاب خود به کار می‌برد.
BATTELLE PULMONARY THERAPEUTICS	با Eiffel Technologies که ذرات زیرمیکرونی پروتئین‌ها آنها را می‌سازد همکاری می‌کند و این ذرات را در ابزار رسانش ریوی آئروسل خود، ®Mystic آزمایش می‌کند.
BESPAK	یک فناوری نانوذرات را از مؤسسه فناوری ماساچوست کسب کرده است، که می‌تواند به توسعه یک سیستم جدید رسانش از راه بینی منتهی شود.
BIOCRYSTAL	یک شرکت داروسازی. یکی از محصولاتش با نام BioPixel™، روشی برای برچسب زنی بافت‌های زنده با نقاط کوانتومی می‌باشد.
BIODOT CORP.	یک فناوری دانشگاه ایندیانا را تجاری می‌کند، که مبتنی بر استفاده از

	میکروتیله‌های نقاط کوانتومی برای نشان‌گذاری مولکول‌های زیستی است.
BIOSANTE	به توسعه مالکیت معنوی در زمینه فناوری نانو پزشکی مشغول است. خطی از محصولات آنها بر نانوذرات فسفات کلسیم استواراست.
BIOTECH AUSTRALIA	یک فناوری رسانش خوراکی دارو مبتنی بر یک کپسول (به قطر یک نانومتر تا ۱۰۰ میکرون) و یک ذره حامل (چسبنده به کپسول) را توسعه داده است.
BIOTROVE INC.	یک شرکت داروسازی که مشغول تولید فناوری‌های آزمایشگاه روی تراشه در مقیاس میکرونی و نانومتری جهت مصارف زیستی است.
BIONEMASTER	یک روکش هیدروکسی آپاتیت زیست‌فعال را برای تقویت شکل‌گیری استخوان در پیوندهای استخوان تولید می‌کند.
BROADLEY-JAMES	تولیدکننده سنسورهای pH. برای استفاده در سنسورهای شان، الکترودی را توسعه داده‌اند که کانال‌هایی به عرض ۱۰۰–۷۰ نانومتر دارد. مصارف آن بیشتر صنعتی است اما شامل موارد زیست‌فناوری نیز می‌شود.
C SIXTY	در زمینه نانوپزشکی به توسعه مالکیت معنوی و کاربردها می‌پردازد. محصول عمده آنها که از مولکول C_{60} (باکی‌بال) به دست می‌آید، و به طور خاص برای درمان HIV به کار می‌رود.

CAPSULATION NANOSCIENCE	کپسول‌هایی را با اندازه ۲۰ نانومتر تا ۲۰ میکرومتر می‌سازد، که دیواره‌های آنها قابلیت حمل انواع فراوانی از ذرات منجمله داروها را دارد.
CHEMAT TECHNOLOGY	گستره وسیعی از مواد پیش ساز سل ژل و دیگر نانومواد منجمله زیست‌مواد را تولید کرده و می‌فروشد.
CIBA SPECIALTY CHEMICALS	یکی از خطوط تولید شان بر استفاده از نانوذرات ۵۰ nm در کپسوله‌سازی و انتقال ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه و دیگر مواد فعال به زیر سطح پوست استوار است.
COGNIS DEUTSCHLAND GmbH	کیتوسان‌ها و مشتقات آنها را در اندازه‌های مقیاس‌نانو (۳۰۰ nm–۱۰) برای تولید محصولات آرایشی و دارویی ساخته است.
COVALENT MATERIALS	قصد راه‌اندازی تراشه‌های حسگر خود را برای تشخیص شیمیایی، زیست‌شیمیایی و پروتئینی در ۲۰۰۲ دارد.
DENDRITECH	مصارف فعلی محصولات مبتنی بر درخت‌سان آنها شامل رهایش کنترل‌شده دارو نیز می‌شود.
DENDRITIC NANOTECHNOLOGIES LTD	روی پژوهش‌های کاربردی درخت‌سان‌ها به خصوص مصارف پزشکی آنها متمرکز است. این شرکت انتظار راه‌اندازی محصولی را در عرض ۵ سال دارد، که از عفونت‌های هرپس و HIV جلوگیری کرده و تکثیر HIV در بدن را متوقف می‌کند.
EIFFEL TECHNOLOGIES	روی دارورسانی استنشاقی بر مبنای نانوذرات کار می‌کند.

ELAN PHARMACEUTICAL TECHNOLOGIES	بخشی از Elan Corporation که فعالیت‌اش روی دارورسانی است. یک از محصولات‌شان از ذرات ۴۰۰ نانومتری عناصر فعال دارویی تشکیل می‌شود، که انحلال بهتری در آب دارند.
ELI LILLY AND COMPANY	یک شرکت داروسازی می‌باشد که از مراحل نانوفیلتراسیون در تولید نمک نوکلئوتیدی اکینوکاندین[1] بلورین خود (یک عامل ضدقارچی) بهره می‌برند.
ENGENEOS	یکی از کارهایشان " کنترل الکترونیکی مستقیم زیست‌مولکول‌ها" است.
EVIDENT TECHNOLOGIES	قطعات مبتنی بر نانوذرات را برای سازندگان محصولات زیست‌فناوری و مخابراتی توسعه داده و تولید می‌کند. محصول اصلی آنها یک پروب DNA است.
FEINCHEMIE	روکش‌های اکسیدسیلیکون فاقد مشکلات فیزیولوژیکی را از ترکیبات اکسیدفلزی/ اکسیدسیلیکون نانوفازی تولید می‌کند.
FERX	ذرات کربن و کربن فعال را برای مصارف دارورسانی تولید می‌کند.
FLAMEL	یک روش نانوکپسوله‌سازی پروتئین‌ها را توسعه داده است، که مصارفی در دارورسانی دارد.
GENECOR INTERNATIONAL	روی نانوساخت آنزیمی مواد معدنی و وارد نمودن میکروارگانیسم‌ها در قطعات مقیاس‌نانو تحقیق می‌کنند.

1

GENICON SCIENCES	صاحب یک فناوری برچسب گذاری مولکولی مبتنی بر نانوذرات است. مصارف این فناوری اغلب به سمت بازار محصولات زیستی هدایت شده‌اند و به طور مشخص در تشخیص DNA، پادتن‌ها، گیرنده‌ها، سلول‌ها و پروتئین‌ها جهت دارورسانی، تحقیق و توسعه دارو و تشخیص‌های متصل به درمان از آن استفاده می‌شود.
GRAVITON	در زمینه تراشه‌های حسگر مبتنی بر لرزانک[1] و مصارف یکپارچه شده آنها به خلق مالکیت معنوی می‌پردازد. اخیراً روی سیستم نظارت غذایی کاملی برای رستوران‌های غذای آماده کار کرده است.
HYBRID SYSTEMS	صاحب یک فناوری استفاده از نانوذرات متصل به یک پلیمر برای هدف گیری اشکال خاصی از سرطان است.
IGEN	صاحب یک فناوری شناسایی و جداسازی زیست‌مولکولها با استفاده از نانوذرات فلوئورسنت یا پارا مغناطیسی است.
IMARX PHARMACEUTICALS CORP.	شرکتی که کارش توسعه و تولید سیستم‌های دارو و ژن‌رسانی است. در بعضی از فناوری‌هایشان از نانوذرات استفاده می‌کنند.
IMEDD	یک غشای نانوحفره ای سیلیکونی و یک محفظه میکرونی دارو را توسعه می‌دهد، که برای باز شدن به هنگام وجود مولکول‌های خاص برنامه ریزی شده است. مصارف آن در سلولهای به دور از دستگاه ایمنی بدن، جداسازی پروتئین‌ها و رهایش کنترل شده

[1] Cantilever

	داروست.
IMPLEX	این شرکت براساس در اختیار داشتن یک فناوری تولید مواد مصنوعی برای استخوان‌های زیست‌سازگار شکل گرفته‌است.
ITN NANOVATION GmbH	روی نانوپودرهای سرامیکی و سیستم‌های دارورسانی کار می‌کند.
KNOLL	روی سیستم‌های نانوکپسوله‌سازی برای دارورسانی کار می‌کند.
LUNA NANOMATERIALS	فناوری کپسوله‌سازی باکی‌بال را برای تصویر برداری تشدید مغناطیسی‌هسته‌ای توسعه می‌دهد.
MACH I INC.	نانوذرات فلزی و اکسیدفلزی روکش‌دار و فاقد روکش را برای مصارف بالقوه در صنعت زیست‌فناوری تولید می‌کند.
MEITO SANGYO	یک کمپلکس نانوساختاری " ابر پارا مغناطیسی" مبتنی بر اکسید آهن را برای مصارف تصویر برداری تشدید مغناطیسی توسعه می‌دهد. دیگر مصارف بالقوه این کمپلکس، استفاده از آن به عنوان مکمل آهن، عامل ایجاد تباین در اشعه X عامل‌اندازه‌گیری دبی خون یا دارورسانی است.
MERCK KGaA	نانوپودرهای دی اکسید تیتانیوم را برای محصولات آرایشی خود تولید می‌کنند.
METALLICUM LLC	روی توسعه فلزات و آلیاژهای نانوساختاری، مخصوصاً انواع خالص تجاری تیتانیوم برای استفاده در ساختارهای مورد نیاز مهندسی پزشکی متمرکز است.

MOLECUBOTICS	این شرکت در زمینه آراینده‌های مولکولی مبتنی بر زیست‌فناوری تحقیق می‌کند.
MOTOROLA	فروشنده زیست‌تراشه‌ها بوده و در مورد میکروسیالات تحقیق می‌کند.
NANOBIO	یک نانوامولسیون ضدمیکروبی و یک واکسن نانوامولسیونی مخاطی را با نام Nanoprotect تولید می‌کند.
NANOCARRIER	یک مؤسسه مخاطره پذیر با محرک تحقیق و توسعه که برای ساخت ذرات مقیاس نانومتری (۱۰۰–۲۰ nm) جهت حمل داروها، ژن‌ها، عوامل شناساگر و قطعات پزشکی تأسیس شده است.
NANOPHARM AG	سیستم‌های حامل را برای درمان تومورهای مغزی و نارسایی‌های دستگاه عصبی با استفاده از نانوذرات زیست‌تخریب پذیر توسعه می‌دهد.
NANOPHASE TECHNOLOGIES CORP.	تولیدکننده نانوذرات بوده ومحصولاتشان در یک صفحه ضدآفتاب تولیدشده توسط BASF به کار می‌رود.
NANOPROBES	تولیدکننده نانوذرات طلا برای برچسب‌گذاری زیستی.
NANOSPECTRA LLC	مصارف صنعتی، نوری و مهندسی پزشکی نانوپوسته‌ها را تجاری می‌کند.
NANOSPHERE	روکش‌های پلیمری نانوذرات را برای داروهای استنشاقی همچون داروهای بیماری آسم، سل و دیابت توسعه می‌دهند. همچنین یک

	فناوری تشخیص DNA را بر مبنای نانوذرات تجاری می‌کند.
NANOTYPE	محک‌های تعامل نیروی تک مولکولی[1] را برای اکتشاف و شناسائی دارو (برمبنای طیف‌سنجی نیروی مولکولی)، تعیین تنوع ژنی[2] ، پروتئومیک، زیست‌شناسی مولکولی و شیمی سطحی توسعه می‌دهد.
NANO-X	فناوری روکش‌های مبتنی بر فرآیندهای سل ژل و نانوذرات را توسعه می‌دهد؛ که در سطوح ضدمیکروبی کاربرد دارد.
NOVAVAX	یک ردیف از محصولات شان در زمینه دارورسانی بر مبنای نانوذرات مایسلار[3] است؛ که در حال حاضر اولین کاربرد آن در یک پروژه جایگزینی هورمون شروع شده است.
NTERA	یک سنسور تشخیص دهنده را برای بخش مراقبت بهداشتی تولید می‌کند.
NUCRYST PHARMACEUTICALS CORP.	یک پانسمان ضدمیکروبی را بر مبنای نقره نانوبلورین تولید می‌کند.
OXONICA	روی نانوپودرهای اکسیدفلزی روکش دار برای حفاظت ماوراء بنفش در کرم‌های ضدآفتاب و دیگر محصولات کار می‌کند.
PANBIO	کیت‌های تشخیص دارویی را توسعه داده و روی محصولات تشخیصی مبتنی بر درخت‌سان‌ها کار می‌کند.

[1] Single-molecular Interaction Force Assays
[2] Genotyping
[3] Micellar

PARTISYN CORP. (ORTHOVIT INC.)	در زمینه سنتز ذرات ریز و توسعه جایگزین‌های استخوان تحقیق می‌کند.
POSTNOVA ANALYTICS	انواعی از نانوذرات پلیمری و فلزی رابرای مصارف بازار زیست‌فناوری تولید می‌کند.
PSIMEDICA	فناوری سیلیکون نانوحفره ای را برای مصارف بالقوه دارورسانی کنترل شده، مهندسی بافت، ارتوپدی، زیست‌فیلتراسیون و تشخیص بالینی توسعه می‌دهد. زیر شاخه pSiVida (مورد زیر) است.
PSIVIDA	یک شرکت سرمایه‌گذار در زیست‌فناوری، که تمرکز بالایی نیز بر روی توسعه سیلیکون نانوحفره‌ای دارد (pSiMedica مورد فوق را ببینید).
QINGDAO JIAOZHOU XINDACHENG PLASTIC MACHINERY CO.	یک ماده ضدباکتریایی نانوفازی را برای روکش‌دهی دیواره درونی لوله‌ها توسعه داده است.
QUANTUM DOT CORP.	با استفاده از نقاط کوانتومی نیمه‌هادی، فناوری برچسب‌زنی را تجاری کرده و توسعه داده است.
REBOUNE BIO-MATERIAL CO. LTD	یک استخوان نانوسنتزی را تجاری کرده و توسعه داده است.
ROCHE DIAGNOSTICS GmbH	روشی را برای تولید ذرات نانومتری مغناطیسی دارای یک سطح شیشه‌ای توسعه داده است، که در خالص‌سازی DNA یا RNA به خصوص در فرآیندهای خودکار آن کاربرد دارد.

RTP PHARMA INC.	فرمولاسیون داروهای نامحلول یا کم محلول را برای محلول شدن ارتقاء می‌دهد. یکی از راهکارهای آنها استفاده از نانوذرات است. تحت مالکیت SkyePharma قرار دارد.
SEPAREX	روی تولید نانوذرات، میکروکره‌ها و میکروکپسول‌ها برای مصارف دارورسانی تحقیق می‌کند.
SHEFFIELD PHARMACEUTICALS	فناوری NanoCrystal شرکت Elan را که از ذرات ۴۰۰ nm برای دارورسانی استفاده می‌کند، جوازدهی می‌کند.
SKYEPHARMA	فناوری دارورسانی را توسعه داده و به تولید انبوه آن می‌پردازد. دریکی از فناوری‌هایشان از نانوذرات برای ارتقای انحلال دارو استفاده می‌کنند. مالک Pharma RTP است.
SUMITOMO OSAKA CEMENT	نانوپودرهای اکسید روی و محصولات آن (کرم‌های ضدآفتاب و روکش‌ها) را تولید می‌کند. روی مصارف نانوپودرها منجمله خواص ضدباکتریایی، ضدقارچی و ضدبوی نانوپودرهای اکسید روی تحقیق می‌کند.
SUNYX SURFACE NANOTECHNOLOGIES GmbH	روی میکرو سطوح آب گریز کار می‌کند. زیست‌انفورماتیک از کاربردهای ادعاشده آنهاست.
SURROMED INC.	یک فناوری آنالیز زیستی مبتنی بر نانوسیم را توسعه داده است.
SUSTECH	روی تقلید از فرآیندهای انحلال زیستی کانی‌ها به کمک خودآرایی پروتئین‌ها و بلورهای نانومتری آپاتیت به تحقیق و توسعه می‌پردازد.

TARGESOME	درگیر توسعه داروهایی بر مبنای فناوری نانوذرات خود هستند. کاربردهای آنها شامل بهبود خواص دارویی، داروسازی و مصارف تصویر برداری است.
VIMED BIOSCIENCES (VITA LIFE SCIENCES)	در زمینه فناوری‌های رادیوتراپی و ردیاب رادیویی[1] میکرو و نانوذره ای به تحقیق و توسعه می‌پردازد.
XANTEC	زیست‌روکش‌هایی با اندازه نانومتری می‌سازد، که برای اصلاح خواص زیست‌فیزیکی سطوح پلاستیکی، شیشه ای و فلزی به کار می‌رود.

[1] Radiotracer

فصل ششم

مواد شیمیایی و مواد پیشرفته

٦- مواد شیمیایی و مواد پیشرفته

با فروشی معادل ۱/۷ تریلیون دلار در سال، صنعت مواد شیمیایی و مواد پیشرفته بنیان اکثر بازارهای صنعتی و تولیدی را در جهان تشکیل می‌دهد. مواد شیمیایی شامل پلاستیک‌ها و محصولات پلیمری همچون لاستیک، مواد پتروشیمیایی، مواد شیمیایی روغنی (مثل صابون‌ها، دترجنت‌ها و مواد آرایشی)، مواد شیمیایی ویژه و سفارشی (مثل رنگ‌ها، جوهرها و رنگدانه‌ها)، محصولات زنجیره غذایی[1] و کشاورزی، و مواد معدنی می‌شود. شرکت‌های داروسازی نیز اغلب در زمره شرکت‌های شیمیایی حساب می‌شوند.

صنعت مواد شیمیایی به طور مجازی همه بخش‌های اقتصادی را پشتیبانی می‌کند، از تولیدکنندگانی که از مواد شیمیایی در محصول خود (مثل روکش‌ها) و فرآیند خود (مثل کاتالیست‌ها) سود می‌جویند، تا شرکت‌های که در قسمت پایین‌دستی صنایع شیمیایی چند مرحله فرآوری دیگر را روی یک ماده خام صورت می‌دهند. بنابراین حجم وسیعی از کاربردها و مصارف شیمیایی وجود دارد، که هر یک بیانگر فرصت‌های بازاری کاملاً خاصی است.

روی‌هم‌رفته صنعت مواد شیمیایی – به جز صنعت داروسازی – از اواخر ۱۹۹۹ با سیر نزولی روبرو بوده است. به عنوان ماده اولیه دیگر صنایع، نقل و انتقالات مواد شیمیایی تابع مجموع فعالیت‌های اقتصادی، سطح جاری موجودی انبارها، هزینه سوخت و هزینه ماده اولیه خود (برحسب مقدار تقاضا) هستند. واقعه ۱۱ سپتامبر نیز روال‌های حمل و نقل مواد شیمیایی را بیشتر پیچیده کرده است؛ مخصوصاً در مورد مواد شیمیایی خطرآفرین که هدف‌هایی بالقوه برای حملات تروریستی به شمار می‌روند.

[1] Food Chain

فناوری نانو در حالت ایده‌آل خود شامل توسعه محصولات جدیدی می‌شود، که به دلیل کارآیی بالاتر و کاهش هزینه‌ها جایگزین مواد و مواد شیمیایی موجود خواهند شد. با این حال، ارزیابی دقیق موارد خاص لازم است. چون پتانسیل بازار آن ممکن است اندک باشد و هزینه پذیرش محصول جدید ممکن است از سود آن بیشتر باشد.

٦-١- کاتالیست‌ها

کاتالیست‌ها از اهمیت زیادی در انواع صنایع از جمله صنعت داروسازی برخوردار می‌باشند. به طور ساده کاتالیست‌ها موجب بهبود واکنش شیمیایی، سریعتر کردن آن، انجام آن در شرایط عادی و متعادل یا انجام آن به صورت یک مرحله‌ای می‌شوند. هر صنعتی که به واکنش‌های شیمیایی متکی باشد، از کاتالیست‌های پیشرفته سود می‌برد؛ مثلاً می‌توان به صنعت داروسازی و تولیدکنندگان مواد شیمیایی برای مصارف گوناگون از جمله کودهای شیمیایی، حشره‌کش‌ها و صنعت نفت - که پالایش نفت خام به شدت به کاتالیزورها وابسته است - اشاره کرد.

کار کاتالیست‌ها تماس برقرار کردن با مواد شیمیایی مورد نظر جهت بهبود واکنش‌دهی آنهاست. بنابراین افزایش سطح ویژه یک کاتالیست با افزایش تماس و لذا افزایش کارآیی آن متناسب است. هر دو مورد نانوذرات و مواد نانوحفره‌ای موجب افزایش فوق‌العاده سطح ویژه به ازای یک حجم ثابت از ماده و لذا بهبود کاتالیست‌ها می‌شوند. در واقع، کاتالیست‌هایی که سال‌ها بر صنعت نفت حکفرمایی کرده‌اند، مواد نانوحفره‌ای طبیعی موسوم زئولیت‌ها می‌باشند، هر چند نسخه‌های سنتری آنها نیز موجود است.

در اینجا تکاپوی ساده‌ای وجود دارد: کاتالیستی را انتخاب کنید و نسخه‌ای از آن را بسازید که سطح ویژه بیشتری دارد؛ این محصول ارزش صنعتی برای شما خواهد داشت. البته تولیدکنندگان فعلی نانوذرات هنوز در حال پیدا کردن بازارهایی در این زمینه‌اند و میدان عمل برای تازه واردین خیلی بزرگ نیست. ولی

همان‌طور که در بخش نانوذرات ذکر شد، همواره روش‌های جدیدی برای تولید نانوذرات ثبت اختراع می‌شود و علیرغم وجود رقابت تنگاتنگ، عرصه وسیعی برای تجاری‌سازی فرآیندهایی وجود دارد، که موجب بهبود قابل‌ملاحظه کیفیت محصول یا هزینه‌ای معقول شوند. به علاوه این به سادگی تولید نانوذراتی از یک کاتالیست نیست، چون نانوذرات می‌توانند به سختی به همدیگر بچسبند (لخته شوند)، به نحوی که خاصیت خود را به عنوان یک کاتالیست از دست بدهند. همچنین برای رسیدن به فرصت‌های بزرگتر باید این خواص را نشانه گرفته، پیچیدگی فنی بیشتری را به آنها اضافه کرد.

کاتالیست‌ها بارها در قسمت‌های دیگر گزارش، مثل بخش پیل‌های سوختی و باتری‌ها مورد اشاره قرارگرفته‌اند.

٦-٢- فیلتراسیون و غشاها

مهمترین قابلیت غشاهای نانوحفره‌ای در بخش‌پزشکی و داروسازی گنجانده شده است، اما نانوفیلتراسیون به طور کلی می‌توانند مصارف کاملاً گسترده‌ای در خالص‌سازی آب و هوا و بسیاری از فرآیندهای صنعتی دیگر داشته باشد. در اینجا فرصت‌هایی برای مواد نانوحفره‌ای، انواع نانوالیاف و در نهایت نانولوله‌ها وجود دارد.

توانایی کنترل دقیق‌تر اندازه حفرات غشاها در مقیاس نانو، موجب جداسازی فیزیکی و سرراست مواد می‌شود و در واقع با پیشرفت قابلیت‌های ما در این عرصه فرصت‌های جدید بسیاری را موجب خواهد شد. این مسأله سریعاً رخ داده و لذا مصارف جدید و احتمالاً خاص آن در کوتاه‌مدت به ثمر خواهند رسید. برخی از این فرصت‌ها ممکن است ارزش صنعتی فوق‌العاده‌ای داشته باشند و شرکت‌های نوپا فرصت داشته باشند تا خود محصول را به بازار برسانند، چون هزینه تولید معمولاً بالا نیست؛ هر چند واضح است که این به فناوری خاص تولید بستگی دارد (فقط چند روش محدود برای خلق مواد نانوحفره‌ای وجود دارد) کمی

دورتر رؤیای قدیمی جداسازی مولکول‌های اکسیژن از نیتروژن (هوا) است، که تنها دو صدم نانومتر با هم تفاوت دارند. کاربرد عمده چنین فرآیندی، تهیه ارزان اکسیژن خالص بدون استفاده از روش‌های گرانقیمت سردسازی مرسوم است.

٦-٣- روکش‌ها و رنگ‌ها

روکش‌های ویژه قطعاً بازاری متنوع و گسترده خواهند داشت. تأثیر پوشش‌دهی و کاربردهای مختلف آن در صنایع مختلف مانند هوافضا، خودرو و پزشکی نیز در بخش‌های مربوطه آمده است.

رنگهای حاوی نانوذرات هم‌اکنون در حال استفاده است؛ مثل رنگ‌های ضدکثیفی برای بدنه کشتی‌ها. نانوذرات می‌توانند به صورت فیزیکی خواص رنگ‌ها را تغییر داده، سختی و مقاومت به خش را در آنها بالا برده و حتی آنها را رسانا سازند. در اکثر موارد، خصوصیات عنوان‌شده برای روکش‌ها در این گزارش در مورد رنگ‌ها نیز صادق است.

٦-٤- ساینده‌ها

کاربرد عمده فناوری نانو در ساینده‌ها به استفاده از نانوذرات مربوط می‌شود، که موجب ساینده‌گی ظریفتری می‌شوند. آلومینا (اکسیدآلومینیوم) و سریا (اکسید سریم) نانوذره‌ای چند سالی است به عنوان ساینده در فرآیندی موسوم به مسطح‌سازی[1] شیمیایی- مکانیکی (CMP) برای صیقل‌کاری ویفرهای سیلیکونی استفاده می‌شوند. اکسیدهای فلزی دیگر مثل زیرکونیا و تیتانیا برای این نوع مصارف تحت بررسی‌اند. این ساینده‌ها برای پرداخت‌های با کیفیت بالا روی دیسک‌های مغناطیسی، هدهای ضبط‌کننده و فیبرهای نوری نیز به کار می‌روند.

[1] Planarization

روشهای نوین تولید نانوذرات، فناوری‌های موجود را بهبود داده است و در عرصه ساینده‌ها هم تولیدکنندگان نانوذرات و هم سازندگان مرسوم ساینده‌ها همچون DA nanomaterials – که به طور کلی تولیدکننده نانوذره هم هستند– وارد شده‌اند. در کل فرصت‌ها به این دو گروه محدود خواهد شد و هیچ تحول بنیادینی انتظار نمی‌رود.

٦-٥- روان‌کننده‌ها

فرصت‌های زیادی درخلق مواد جدیدی وجود دارد، که بتوانند روان‌کننده‌های موجود را ارتقا دهند. بنابراین تهیه مواد خام برای متصدیان آنها، نتیجه‌گیری محتمل بسیاری از تازه‌واردان است. هرچند ممکن است شرکت‌هایی در کاربردهای دورتری از زنجیره ارزش درگیر شوند؛ مثل شرکت Nanogate که یک واکس پیشرفته اسکی را بر مبنای نانوذرات تولید می‌کند.

برای کاهش فرسایش موتور، نانوذرات مس به روغن موتور افزوده می‌شوند، در حالی که نانوذرات فرومغناطیس هم در روان‌کننده‌ها و هم در نشست‌گیرها[1] استفاده شده، خواص جالبی همچون ساخت سیالات الکتروژئولوژیکی – که در حضور جریان الکتریکی خواص متفاوتی دارند – را ارائه می‌دهند.

فولرین‌ها – مثل خویشاوند خود گرافیت – قابلیت روان‌کنندگی دارند. برای کار با مولکول‌هایی به این کوچکی که به شکاف‌ها می‌چسبند، مشکلاتی وجود دارد، اما فولرین‌های چندلایه که به نانوپیاز مشهورند، بزرگتر هستند و بنابراین می‌توانند بر این مشکل غلبه کنند.

[1] Sealants

٦-٦- کامپوزیت‌ها و مواد ساختمانی

جزئیات کاربردهای کامپوزیت‌های موجود و آتی و دیگر مواد ساختمانی (مثل فلزات نانوبلورین) در بخش‌های مرتبط یعنی هوافضا و خودروسازی (هر چند ممکن است صنعت ساخت‌وساز تأثیرپذیری بیشتری داشته باشد) بیان شده است. با این حال اثر این مواد در واقع بسیار گسترده است و وجود بخشی مجزا در اینجا امکان مرور این کاربرد خاص را در فناوری‌های مختلف فراهم می‌کند.

عرصه نانوکامپوزیت‌ها یک مثال ابتدایی است، که اغلب تحلیلگران و مفسرین از آن به عنوان زمینه‌ای که فناوری نانو تأثیرگذاری خود را شروع کرده است، یاد می‌کنند. جالب‌ترین کاربرد آن، استفاده از نانورُس‌ها[1] به عنوان پرکن در مواد کامپوزیتی است. اخیراً این فناوری به نحوی توسعه‌یافته است، که می‌تواند نانورس‌ها را در کامپوزیت‌ها وارد کند. این مواد صرفه‌جویی وزنی قابل‌ملاحظه‌ای را نسبت به مواد موجود موجب می‌شوند (۱۵-۱۰ درصد در حال حاضر و احتمالاً ۲۵- ۲۰ درصد در آینده). اثر این پیشرفت در بخش خودروسازی - که در کامپوزیت‌ها درحال استفاده‌اند – و بخش هوافضا – که صرفه‌جویی وزنی آنها چندین برابر دوسه درصد کاهش لازم برای تضمین ورود یک ماده جدید (به مثلاً هواپیماهای تجاری) است- بحث شده است. علاوه بر این، این کامپوزیت‌ها به محصولاتی همچون بسته‌بندی غذاها راه‌یافته‌اند، تا سدی بسیار بزرگتر در برابر نفوذ گازها باشند (مثلاً با حفظ نیتروژن درون بسته یا مقابله با اکسیژن بیرونی).

قابلیت نانورس‌ها در توسعه برنامه‌ریزی‌شده تولید شرکت‌هایی همچون Nnaocor – که درگیر تولید سالانه ۲۰۰۰۰ تن نانورس هستند- مشهود است. از آنجایی که این مواد معمولاً در حدود ۵ درصد محصول نهایی (کامپوزیت) را شکل داده و Nanocor تنها شرکت موفق فروشنده نانورس‌ها به بازار کامپوزیت‌ها

[1] Nanoclays

نیست (مثلاً Southern Clay نانورس‌های مورد استفاده در کامپوزیت‌های خودروهای جنرال موتورز را تأمین می‌کند)، شروع انبساط بزرگی در این بازار جدید انتظار می‌رود. اکثر شرکتهای بزرگ پلیمر درحال کاوش روی فناوری‌های نانوکامپوزیت هستند.

شرکت سازنده پلاستیک RTP ، نانوکامپوزیت‌های نایلونی را برای مصارف فیلم و کاغذ تجاری کرده است،

- Triton Systemsروی بسته‌بندی کار می‌کند،
- Honeywell یک محصول بسته‌بندی (با کمک نانورس Nanocor) را عرضه کرده است، که فوق‌العاده از نفوذ گازها به درون و بیرون بسته‌بندی جلوگیری می‌کند،
- Dow Chemical و Magna Interantional تحت برنامه فناوری پیشرفته دولت فناوری تولید نانوکامپوزیت‌ها برای مصارف خودروسازی را توسعه می‌دهند،
- در ژاپن Ube Industries وUnitika تولیدکننده تجاری نانوکامپوزیت‌های نایلونی برای مصارف بسته‌بندی هستند.

فعلاً استفاده از نانوذرات دیگر همچون فلزات و اکسیدهای فلزی امیدبخشی زیادی را در کامپوزیت‌ها به همراه نداشته است. هرچند آنها قطعاً مصارفی همچون روکش‌ها یا کرم‌های ضداشعه ماوراء بنفش خواهند داشت، در زمینه کرم‌های ضدآفتاب، تولیدکنندگان بی‌رقیب و جدید نانوذرات همچون Nanophase و Altair درآمدهایی به‌هم‌زده‌اند. علت این که چنین تأثیری در بازار کامپوزیت‌های توده‌ای رخ نداده، عدم توانایی این نانوذرات در ارتقای زیاد خصوصیت بسیار مهم نسبت استحکام به وزن است. البته آنها خصوصیاتی همچون رسانایی و حفاظت در برابر تداخلات الکترومغناطیسی را موجب می‌شوند، که این خواص را می‌توان به ترتیب در مواد ضدالکتریسیته ساکن و در جعبه‌های وسایل الکترونیکی به کار برد.

ماده دیگری که به عنوان پرکن نانوکامپوزیت‌ها موجب نویدبخشی در کوتاه‌مدت شده است، چیزی است که به غلط نانوذره خوانده می‌شود، اما در واقع یک مولکول پیچیده، که شامل گروهی از مواد موسوم به سیلسزکیوکسان‌های الیگومریک چند وجهی (POSS)[1] می باشد . Hybrid plastics ادعاکرده‌است، می‌تواند آن‌را به صورت انبوه تولیدکند و در حال همکاری با تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان پلاستیک‌ها ازجمله نیروی هوایی است. به خاطر داشته باشید POSS در روکش‌دهی نانوذرات‌رس مذکور نیز برای بهبود تعلیق آنها در پلاستیک‌ها به کار می‌رود.

بی‌شک ما با کامپوزیت‌هایی روبرو خواهیم شد، که تلفیقی از نانوذرات مختلف را برای حصول خواص مختلفی درمحصول نهایی با خود دارند.

انقلاب بعدی در نانوکامپوزیت‌ها دوباره بر حول و حوش نسبت استحکام به وزن استوار بوده و از ورود نانولوله‌ها پدید خواهد آمد. با این حال این انقلاب چندین سال با ما فاصله دارد، چون به هزینه‌های تولیدی کاملاً پایین نانولوله‌ها و یافتن راهی برای عملی‌کردن خواص مهیج مکانیکی آنها در کامپوزیت‌ها (به طور خاص استحکام کششی) بستگی دارد. با این حال اگر محقق شود، اثرش از تأثیر حیرت‌انگیز نانورس‌ها در دو سال آینده نیز بزرگتر خواهد بود.

در مواجهه با اثر نانوکامپوزیت‌ها، فلزات و آلیاژها نیز با نانوبلوری شدن بهبود یافته‌اند. به عنوان مثال فولاد جدید شرکت ژاپنی NKK که در خودروهای تویوتا به کار رفته است، با وارد نمودن نانوذرات کربن در طی فرآیند نورد، بدون کاهش یکپارچگی ساختاری موجب صرفه‌جویی وزنی شده است. گرایش قابل‌ملاحظه به سمت تولید نسخه‌های نانوبلورین فلزات را می‌توان در ساخت تیتانیم قوی‌تر برای مصارف زیستی همچون مفاصل زانو و ران مشاهده کرد. در این زمینه افزایش هزینه تولید منطقی و قابل پذیرش

[1] Polyhedral Oligomeric Silsesquioxanes

است. با این حال تأثیرات این فناوری نوظهور ممکن است مانع ورود تدریجی کامپوزیت‌های نانورس به مصارف ساختمانی که هم‌اکنون در حاکمیت فلزات قرار دارد، شود. باید دید این مقاومت در برابر کامپوزیت‌های نانولوله کربنی نیز ادامه پیدا خواهد کرد یا نه، اما پیشرفت‌های پیش‌بینی‌شده حاکی از این است که قطعاً در صنعت هوافضا و خودروسازی و احتمالاً در صنعت ساختمان (مخصوصاً در مواردی همچون پل‌ها که به استحکام کششی بالایی نیاز است) فلزات تا حدی موقعیت خود را از دست خواهند داد.

٦-٧- شرکت‌های استفاده‌کننده از فناوری نانو در بازارهای مواد شیمیایی و پیشرفته

از آنجایی که این بخش در مورد مصارف فناوری است تا فناوری‌ها و بازارهای پایه، همپوشانی زیادی با دیگر بخش‌های گزارش خواهد داشت. این بخش راه دیگری برای جایدهی این شرکت‌هاست، که شامل شاغلین عرصه‌های فناوری کاتالیست‌ها، روکش‌ها (ازجمله رنگ‌ها)، کامپوزیت‌ها و مواد نانوبلورین (و نه مصرف‌کنندگان آنها)، جاذب‌های سطحی، جاذب‌ها، چسب‌ها، ساینده‌ها، روان‌کننده‌ها و فیلتراسیون می‌شود. با این حال غشاهای دارای مصارف خاص زیستی (گنجانده شده در بخش پزشکی و داروسازی)، غشاهای پیل‌های سوختی (گنجانده‌شده در بخش تولید و توزیع انرژی) روکش‌دهی نانوذرات و تک‌لایه‌های خودآرا مستثنی شده‌اند.

جدول۷ شرکت‌های استفاده‌کننده از فناوری نانو در بازارهای مواد شیمیایی و پیشرفته	
شرکت	فعالیت
ADELAN	توسعه‌دهنده کاتالیست‌های نانوذره‌ای برای پیل‌های سوختی.
ADMATECHS	در کنار دیگر فعالیت‌ها، روی مواد ضدانسداد[1] فیلم پلاستیک و پرکن‌هایی برای تزریق دقیق پلاستیک کار می‌کند. این شرکت نانوپودرهای آلومینا را

[1] Antiblocking

	نیز به عنوان پرکن مواد رزینی دارای رسانایی حرارتی بالا و به عنوان افزودنی برای افزایش مقاومت سایشی تولید می‌کند.
AGUILA TECHNOLOGIES INC.	یک مسیر تحقیقاتی را برای تولید چسب‌های نانوکامپوزیت‌های پلیمری رسانای حرارت گشوده است.
AKTINA	صاحب یک فناوری تثبیت ذرات ریز روی انواع سطوح از طریق دست‌کاری مواد در سطح اتمی است، که مصارفی در انواع جدید مبدل کاتالیستی خواهد داشت.
AKZO NOBEL	تولیدکننده و بازاریاب محصولات مراقبت بهداشتی، روکش‌ها و مواد شیمیایی.
ALTAIR NANOTECHNOLOGIES INC.	تولیدکننده نانوذرات. محصولات آنها در روکش‌ها (کرم‌های ضدآفتاب، رنگ‌ها و پلاستیک‌ها و غیره) و فیلترها به کار می‌رود.
APYRON TECHNOLOGIES INC.	دارای روشی برای کنترل خواص فیزیکی و شیمیایی تا حد مقیاس‌نانو است. فعالیت‌هایش شامل ساخت کاتالیست تولید متانول و یک کاتالیست بازآرایی هیدروژن برای پیل‌های سوختی است.
ARGONIDE NANOMATERIAL	نانوپودرهای آن‌ها در تولید نانوسیم‌های سرامیک زیست- و غیرزیست‌چسبنده[1] به کار می‌رود. آنها همچنین روی تولید استخوان مصنوعی، و روی مصارف نانوالیاف سرامیکی جهت فیلتراسیون آب کار می‌کنند.

[1] Bio and Non-bioadhesive

ATOFINA	با نانولوله‌های کربنی نانوکامپوزیت می‌سازد.
BASELL	با همکاری جنرال موتورز یک الفین ترموپلاستیک نانوکامپوزیتی را توسعه داده است، که جنرال موتورز آن را برای خودروهایش پذیرفته است.
BASF AKTIEN GESE LLSCHAFT	روی استفاده از نانوذرات رنگینه در ایجاد مقاومت بالا به خش در رنگ‌ها، نانوفیلتراسیون و نانوکامپوزیت‌های ترموپلاستیک کار می‌کند.
BAYER	روی روکش‌های رسانا و شفاف پلاستیک‌ها با همکاری Nanogate و روی نانوکامپوزیت‌های نایلونی با همکاری Nanocor کار می‌کند.
BIONANOTEC RESEACH INSTITUE	سرامیک‌هایی را برای فیلتراسیون الکل‌ها و گاز طبیعی توسعه می‌دهد.
BONEMASTER	یک روکش هیدروکسی آپاتیت زیست‌فعال را برای حمایت از تشکیل استخوان در پیوند استخوان تولید می‌کند.
CATALYTIC MATERIALS LTD	" نانوالیاف گرافیتی" را توسعه داده و تجاری می‌سازد.
CERAMEM	تولیدکننده غشاهای سرامیکی (ازجمله نانوفیلتراسیون)، سیستم‌های کنترل آلودگی و مواد کاتالیستی و سرامیکی.
CHEMAT TECHNOLOGY	مواد پیش‌ساز نانومواد از جمله روکش‌های نوری، روکش‌دهی و فرآوری فلزی، و زیست‌مواد را تولید می‌کند. شکل جدیدی از روکش ضدانعکاس

	را با فرآیندی مشتق شده از سل ژل توسعه داده است.
CREAVIS	بخشی از گروه مخاطره‌پذیر متحد Degussa است، که روی نانومواد منجمله نانوذرات و مواد خودپاک‌کن "اثر نیلوفر آبی"[1] کار می‌کند.
DA NANOMATERIALS LLC	دوغاب‌هایی را برای صیقل‌کاری ویفر سیلیکونی تولید می‌کند.
DARV-EAV INC.	یک غشای نانوفیلتراسیون را تولید می‌کند.
DEGUSSA	در حال توسعه سطوح نانوساختاری آب گریز است که به راحتی تمیز می‌شوند.
DENDRITECH	در حال تحقیق روی استفاده از درخت‌سان‌ها درنانوکامپوزیت‌ها و روکش‌های میکروالکترونیک است.
DMC2	کاتالیست فلزی نانوپودری تولید می‌کند.
DONALDSON’SEON	تولیدکننده سیستم‌های فیلتراسیون. یک فناوری فیلتراسیون هوا با نانوالیاف را توسعه می‌دهد.
DOW CHEMICALS	روی نانوفیلتراسیون و نانوکامپوزیت‌های سیلیکات لایه‌ای کار می‌کند، سرمایه‌گذاری فعالی روی مواد نانوساختاری دارد و فناوری تولید نانوکامپوزیت را برای مصارف خودرو توسعه می‌دهد.
DUPONT DE NEMOURS AND COMPANY	روی استفاده از نانوذرات برای نانوکامپوزیت‌ها و چسب‌های مدار فیلم ضخیم[2] کار می‌کند.

[1] Lotus Effect
[2] Thick Films Circuit Pastes

EASTMAN CHEMICALS CO.	در حال انجام تحقیق و توسعه و ساخت نانوکامپوزیت‌های پلیمر – رس است.
EDISON POLYMER INNOVATION CORP. (EPIC)	سازمانی تحت مدیریت صنعت که کنسرسیوم‌های دانشگاهی/ صنعتی را برای پیگیری پنج زمینه تحقیقاتی نانوکامپوزیت‌ها شامل ترموپلاستیک‌ها، روکش‌ها، الاستومرها و کامپوزیت‌های پیشرفته ایجاد می‌کند.
ENGELHARD	از ذرات فلزی مقیاس‌نانو به عنوان کاتالیست برای اکسایش هیدروکربن‌ها، منوکسیدکربن و احیای اکسیدهای نیتروژن استفاده می‌کند.
EXEKIA	تولیدکننده غشاهای سرامیکی برای فیلتراسیون مایعات است. بعضی از محصولاتش به سمت بازار نانوفیلتراسیون جهت‌گیری شده است.
FEINCHEMIE	روکش‌های اکسید سیلیکون فاقد صدمات فیزیولوژیکی را از ترکیبات اکسید فلز/اکسید سیلیکون نانوفازی تولید می‌کند.
FERROTEC	عمده فعالیتش تولید مواد فروسیالاتی و مصارف آنهاست، که مهمترین کاربرد آنها به عنوان نشت‌گیر است.
FUJI PHOTO FILM	یک روکش فوق نازک را با استفاده از نانوذرات توسعه داده است، که به وضوح بالاتر در ضبط داده‌های دیجیتال منجر می‌شود.
GENERAL ELECTRIC	روی نانوکامپوزیت‌ها کار می‌کند.
GENERAL MOTORS	در سال ۲۰۰۱ استفاده از پلاستیک‌های الفین نانوکامپوزیت رسی را در قطعات بیرونی بعضی از خودروهایش شروع کردند.

HENKEL TECHNOLOGIES	روی چسب‌های حاوی نانوذرات مغناطیسی کار می‌کنند.
HONEYWELL	خطی از محصولات نانوکامپوزیت رسی را تولید می‌کند که ابتدا در صنعت بسته‌بندی غذایی به کار گرفته شده است.
HYBRID PLASTICS	تولیدکننده مواد نانوساختاری سیلسزکیوکسان‌های الیگومریک چندوجهی (POSS) برای تولید نانوکامپوزیت‌ها.
INMAT LLC	با استفاده از پرکن نانورس‌ها، نانوکامپوزیتی تولید می‌کند، که نفوذپذیری گازی بسیار پایینی دارد و برای افزایش جست‌وخیز توپ‌های تنیس به کار می‌رود.
JOHNSON MATTHEY	جهت کاتالیز و روکش‌دهی روی نانوپودرها کارهای تحقیق و توسعه‌ای صورت می‌دهد.
LIGHT-YEAR TECHNOLOGIES	فیلم‌هایی به ضخامت یک مولکول می‌سازد که کاربردهایشان عبارتند از: جلوگیری از تخریب ذرات هیدرید فلزی (مثلاً در برخی پیش‌نمونه‌های ذخیره هیدروژن و باتری‌های قابل شارژ موبایل)، مواد کاتالیتیکی، کاهش انتشار گازهای آلاینده‌های حاصل از احتراق نفت، مواد کامپوزیتی رسانا و دفع موادی همچون نمک، روغن، فلزات، نمک‌ها و باکتری‌ها و ویروس‌ها از آب.
MACH I INC.	اکسید آهن بسیار ریزی را برای استفاده به عنوان کاتالیست سوخت جامد راکت می‌سازد.

MANHATTAN SCIENTIFICS	روی غشاهای فیلتراسیون نانوحفره‌ای کار می‌کند.
MATERIAL METHODS LLC.	یک محیط میکروفیلتری نانولوله‌ای را تولید می‌کند و در حال توسعه یک روکش سپر حرارتی نانوبلورین برای استفاده در تعمیر قطعات توربین گازی است. استمرار وجود این شرکت قطعی نیست.
MATERIALS AND ELECTROCHEMICAL RESEARCH	برخی از مواد پیشرفته شامل کامپوزیت‌ها و روکش‌ها مقیاس‌نانو، فولرین‌ها و نانولوله‌ها را توسعه داده و تولید می‌کند.
MATERIALS MODIFICATION	فناوری‌ای را برای خلق یک روکش ۱۰۰ nm مسی مبتنی بر پودرها توسعه داده است.
MEMBRATEC	تولیدکننده سیستم‌های فیلتراسیون برای مایعات و گازها. برای محصولات نانوفیلتراسیون بازاریابی می‌کند.
MERCK KGaA	روی نانوپودرها و نانوفیلتراسیون تحقیق و توسعه انجام می‌دهد. با Ntera روی توسعه و تجاری‌سازی فیلم‌های نانوساختاری کار می‌کند.
MICROCOATING TECHNOLOGIES	قطعات و خدمات روکش‌های پیشرفته را عرضه می‌کند و نانوپودرهای فلزی و اکسید فلزی را تولید می‌کند.
MITSUBISHI MATERIALS	فعالیت‌هایی در غشاهای ظریف دارد.
MITSUI&CO. LTD	زیرشاخه مؤسسه تحقیقاتی Bio Nanotech است، که برای فیلتراسیون الکل‌ها و گاز طبیعی سرامیک‌هایی را توسعه خواهد داد.
MOYCO TECHNOLOGIES INC.	فیلم‌های ساینده، ساینده‌های روکش‌شده تجاری، دوغاب‌ها ، عوامل

	صیقل‌کاری و محصولات مربوطه را تولید، بازاریابی و توزیع می‌کند. این محصولات شامل نانوپودرهای کربن و اکسید آلومینیوم نیز می‌شود.
NANOCOR INC.	مواد معدنی رسی مقیاس‌نانو را برای استفاده در نانوکامپوزیت‌های پلاستیکی تهیه می‌کند و این نانوکامپوزیت‌ها را نیز تولید می‌کند.
NANOGATE	محصولاتشان عبارتند از: روکش‌های نچسب، مواد و روکش‌های ضدخش، مواد مقاوم به خوردگی، نانوسرامیک‌ها و نانوپودرها / خمیرها.
NANOMAT	گستره‌ای از مواد نانوبلورین (سرامیک‌ها، فلزات، پلیمرها و آلیاژها) و نانوکامپوزیت‌ها را تولید می‌کند.
NANOPHASE TECHNOLOGIES CORP.	توسعه‌دهنده و تولیدکننده مواد نانوبلورین اکسیدهای فلزی و اکسیدهای فلزی مخلوط با زمینه‌های کاربردی روکش‌ها و فیلم‌ها، کامپوزیت‌های رسانا و کاتالیست‌های صنعتی.
NANOPORE INC.	یک ماده دی‌اکسید سیلیکون را با حفراتی پر از هوا توسعه می‌دهد، که ممکن است تا کوچکی ۱۰ نانومتر باشند. کاربردهای آنها در جاذب‌های سطحی و جداسازی گازهاست.
NANO –X	روکش‌هایی را برای گستره وسیعی از مصارف مبتنی بر فرآیند سل ژل و نانوذرات توسعه داده و تجاری می‌سازد.
NTC (NANOTECH COATINES)	تولیدکننده روکش‌های شیمیایی و مکانیکی با استفاده از نانوذرات

	برای پلاستیک‌ها، سرامیک‌ها، شیشه‌ها و فلزات.
OPTIVA	لایه‌هایی از روکش‌های قطبی‌ساز[1] را برای LCDها تولید می‌کند.
OXONICA	روی یک نانوپودر کار می‌کند که موجب بهبود فرآیند احتراق در موتورها می‌شود.
POSTNOVA ANALYTICS	قطعه‌ای را تولید می‌کند که موجب جداسازی ذرات در اندازه‌های ۱ نانومتر تا ۱۰۰ میکرون می‌شود.
POWDERMET INC.	توسعه‌دهنده‌های فناوری تولید نانوکامپوزیت‌ها به کمک نانوذرات.
PRAXAIR SURFACE TECHNOLOGIES	برای مقاوم‌سازی در برابر فرسودگی، دماهای بالا و خوردگی، پودرها و روکش‌های فلزی و سرامیکی را روی سطوح فلزی اعمال می‌کند. کارهایی نیز با نانوپودرها انجام می‌دهد.
PSIMEDICA	جواز فناوری دانشگاه پوردو را برای روکش‌دهی سیلیکون نانوحفره‌ای ارائه داده است.
QINGDAO JIAOZHOU XINDACHENG PLASTIC MACHIN ARY CO.	یک شرکت پلاستیک‌سازی که یک ماده نانوفازی ضدباکتریایی را برای روکش‌دهی درون جدار لوله‌ها توسعه داده است.
READE	تولیدکننده و توزیع‌کننده فلزات، آلیاژها، معدنی‌ها، سرامیک‌ها، کامپوزیت‌های با فناوری پیشرفته، میان‌فلزی‌ها[2] و ترکیبات شیمیایی ویژه.

[1] Polarizer
[2] Intermetallics

RHODIA	یک فرآیند سنتز نانوذرات را برای نانوکاتالیست‌های مبتنی بر آلومینا توسعه می‌دهد.
RTP COMPANY	تولیدکننده مواد ترموپلاستیک. یکی از موادشان یک نانوکامپوزیت رس آلی – نایلون است.
SAMSUNG CORP.	روی نانوذرات کاتالیزوری برای پیل‌های سوختی و مواد و روکش‌های نانوساختاری کار می‌کند.
SANTOKU CORP.	تولیدکننده آلیاژ/ فلزات کمیاب خاکی و کاوشگر نانوکامپوزیت‌های مغناطیسی.
SCHERING AG.	فعالیتش شامل نانوفیلتراسیون برای مصارف زیست‌محیطی است.
SHOWA DENKO KK	"نانوالیاف" کربنی با قطر nm ۲۰۰–۱۰۰ را برای مواد کامپوزیتی تولید می‌کند.
SOUTHERN CLAY PRODUCTS	نانورسی را برای نانوکامپوزیت‌ها تولید می‌کند و با همکاری جنرال موتورز نانورس‌ها را برای یک پروژه نانوکامپوزیت‌های ترموپلاستیکی جهت استفاده در قطعات خودرو تولید می‌کند.
SPINTEK	با استفاده از سرامیک‌های نانوپودرهای بسیار ریز و نانورس‌ها، غشاهای سرامیکی را برای سیستم‌های فیلتراسیون تولید می‌کند.
TDK CORPORA TION	مغناطیس‌های نانوکامپوزیتی بسیار کارایی را توسعه داده است.
TECHNOME RIX	یک روکش فیلم نازک نانوتقویت‌شده با POSS (سیلسزکیوکسان‌های الیگومریک چندوجهی) را تولید کرده است.

THE WELDING INSTITUE	دو زمینه تحقیقاتی آنها استفاده از نانوذرات در مواد جوشکاری و روکش‌های نانوبلورین است.
TORAY INDUSTRIES	مواد کامپوزیتی پیشرفته، غشاها و سرامیک‌های مرغوب را تولید می‌کند.
TOYOTA MOTOR CORP.	روی نانوکامپوزیت‌های نایلون- رس یک دهه کار کرده است. در حال حاضر پلاستیک‌های نانوکامپوزیتی در روکش تسمه‌های حفاظتی بعضی از خودروهای تویوتا به کار می‌رود.
TRITON SYSTEMS INC.	یکی از موادی که در محصولات و خدمات‌شان استفاده می‌کنند، یک نانوکامپوزیت ماتریس پلیمر- نانوذره سیلیکات است، که آن را به صورت یک ماده روکش هم توسعه داده‌اند.
UBE INDUSTRIES	تهیه‌کننده رزین که با شراکت تویوتا روی تولید محصولات نانوکامپوزیتی کار می‌کند، که برای مصارف بسته‌بندی آن را می‌فروشند.
UHV TECHNOLOGIES INC.	شرکتی که روی تحقیق و توسعه مواد پیشرفته، روکش‌های فیلم نازک و تولید تجهیزات کار می‌کند.
ULTRA-SUN TECHNOLOGIES INC.	تولیدکننده سیستم‌های فیلتراسیون هوا و آب .
UNISUN	روش‌های مبتنی بر نانوذرات را برای ساخت محصولات فتوولتائیک مبتنی بر استفاده از نانوذرات اکسیدی، فلزی و روکش‌های متخلخل توسعه می‌دهد.
UNITIKA CO.	یک نانوکامپوزیت نایلونی را برای قالب‌گیری تزریقی توسعه داده که

	Toyoto Tsusho آن را در آمریکای شمالی بازاریابی و توزیع کرده است.
VERSILANT NANOTECHNOLOGIES	روی ساخت نانومواد مخصوصاً نانولوله‌های کربنی کار می‌کند. کمک بلاعوضی از ناسا برای توسعه مواد کامپوزیتی بسیار قوی دریافت کرده است.
XANTEC	نانوروکش‌های زیستی را تولید می‌کند، که برای بهبود خواص بیوفیزیکی سطوح پلاستیکی، شیشه‌ای و فلزی به کار می‌رود.
ZHEJIANG ZHEDI SCIENCE AND TECHNOLOGY CO. LTD	یک سیلیکات منیزیم – لیتیم نانومتری کلوئیدی را توسعه داده است، که کاربردهای کاتالیزوری و روکش‌دهی دارد.

فصل هفتم

ساخت و ساز

۷- ساخت و ساز

صنعت ساختمان یک صنعت بسیار بزرگ دیگر است، که مواد کامپوزیتی جدید توان خود را نشان می‌دهند. با این حال، باید یادآور شد که از رده خارج کردن مواد مرسوم ساخت و ساز، مثل بتن تقویت شده با فولاد از نظر قیمت مشکل است. اگر فقط خانه‌های مسکونی را در نظر بگیریم، تصور ماده جدیدی که قادر به رقابت با مواد مرسوم صرفاً برای اهداف ساختمانی باشد مشکل است؛ مگر آسمانخراش‌های بسیار بزرگ! با این حال بخشهای کوچکتر بازار مثل ساخت پل می‌توانند از فناوری نانو بهره‌مند شوند، مخصوصاً اگر استحکام کششی نانولوله‌های کربنی در محصولات توده‌ای تحقق یابد (چنین دستاوردی حداقل به چند سال زمان احتیاج دارد).

عمر صنعت ساختمان بیش از عمر مفید یک ساختمان است. ساختارهای داخلی مخصوصاً در ادارات، اغلب از گستره وسیع‌تری از مواد پایه ساختمانی خلق می‌شوند. به علاوه دو محرکه اقتصادی دیگر موجود در این صنعت، می‌توانند به کاربردهای فناوری نانو ختم شوند.

این دو محرکه به این دو واقعیت مربوط می‌شوند، که ساختمان‌ها هزینه سرمایش و گرمایش به همراه دارند، و این که آنها برای استفاده مردمی طراحی می‌شوند که نیازهایشان می‌تواند کاملاً متنوع و روز افزون باشد.

گسترده‌ترین کاربرد کوتاه‌مدت فناوری نانو در اجزای ساختمانی یک سازه در لوله آلات و بست‌هاست، که مواد کامپوزیت مبتنی بر نانوذرات، نانوالیاف و احیاناً نانولوله‌ها، و یا روکش‌های مبتنی بر

نانوذرات و مواد نانوبلورین در اثر استحکام برتر، وزن کمتر و سطوح ضدخراش سخت‌تر مصارف بیشماری می‌یابند.

انتظار می‌رود این کاربردها در کوتاه مدت کاملاً قابل‌ملاحظه بوده و بازارشان وسیع باشد. با این حال، متصدیان قوی تولید لوله آلات و بست‌ها متناوباً مواد خود را از متصدیان قوی صنایع کامپوزیت و روکش‌ها می‌خرند. در نانوکامپوزیت‌ها، تازه واردها احتمالاً مواد پرکن را به تولید کنندگان موجود خواهند فروخت. در روکش‌ها، تا حدی بیشتر برای سازندگان مواد و فرآیندهای روکش‌دهی جدید این قابلیت وجود دارد، تا درگیر خلق محصولات نهایی (یا حداقل بخش روکش) شوند. روکش‌های مبتنی بر نانوذره که پیش از این فروخته شده‌اند، نشانگر تعاملات عمیق‌تر سازنده و کارخانه‌دار است تا رابطه‌ای ساده بین فروشنده و خریدار.

در میان‌مدت تا دراز مدت این امکان وجود دارد، که مواد ساختمانی جدید صرفه وزنی قابل‌ملاحظه‌ای را عرضه کرده (کامپوزیت‌های کنونی مبتنی بر نانوذرات رس ۱۵٪ کاهش وزن را ارایه می‌دهند که ممکن است بعدها تا ۲۵٪ توسعه یابد، اما از کامپوزیت‌های نانولوله‌ای انتظار می‌رود به نحوی تصاعدی از این حد بگذرند)، امکان خلق سازه‌های نه فقط بزرگتر و بلندتر، بلکه سازه‌هایی با طرحهای خارق العاده را فراهم کنند. به خاطر داشته باشید که قدرت فوق‌العاده نانولوله‌ها در کشش- یعنی مقاومت در برابر کشیدگی- است؛ تحت نیروهای فشردگی که اغلب در ساختمان‌ها مشاهده می‌شود، آنها به آن خوبی کشیدگی نخواهند یافت.

گذشته از لوله آلات و بست‌ها، دو زمینه دیگر که فناوری نانو می‌تواند اثری زود هنگام بر جا بگذارد، صرفه‌جویی انرژی و ارتقای زیست‌محیط درونی برای سازگاری بیشتر با ساکنان ساختمان می‌باشد.

مواد نانوحفره‌ای عایق‌های حرارتی بسیار سبک وزنی هستند، و آئروژل‌ها به عنوان جایگزین فضای هـوا در شیشه‌های دو جداره مورد کاوش قرار گرفته‌اند. به علاوه روکش‌های الکتروکرومیک یا فوتوکرومیک (که بـه ترتیب تحت تأثیر الکتریسیته و نور تغییر رنگ می‌دهند) مبتنی بر نانوذرات، فناوری سل‌ژل یا هـر دو، نویـد صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها را با کاهش تقاضا به تهویه هـوایی بـه همـراه دارنـد. توانـایی تـار کـردن پنجره‌ها با تلنگری به یک کلید کاملاً برای محیط‌های مسکونی و اداری جذاب خواهد بود.

فصل هشتم

نساجی

۸- نساجی

صنعت نساجی در حد تمدن بشری قدمت دارد و البسه بزرگ و یا نسبتاً پایدار هسته مسلم آن به شمار می‌رود، اما این محصولات از پرده اتاق تا کایت تفریحی متنوع است. فناوری نانو پتانسیل بزرگی برای تولید مواد ساخته شده از الیافی دارای کیفیت‌های نو، مواد آرایشی و ورزشی دارد. نانولوله‌ها ممکن است روزی به صورت نانوالیاف بافته شده، قدرتی فوق العاده یابند.

در حال حاضر کاربرد تجاری شده اصلی فناوری نانو در نساجی عبارت است از اتصال نانوالیاف (یا نانوموها) به الیافی در مقیاس بزرگ، تا ماده‌ای مقاوم به روغن و آب به دست آید. پیشگام این فناوری Nano-Tex است، که جواز این فناوری را به چندین شرکت در سراسر دنیا داده است. در هر حال اگرچه این کار بسطی از شیمی پلیمر است، ولی خواص مواد حاصل کاملاً تابع نانوساختار آنها است. این روش همچنین برای بهبود بافت و تنفس‌پذیری[1] پوشاک مصنوعی همچون نایلون به کار رفته است.

همانطور که در قسمت نانوالیاف اشاره شد، ریسیدن الیاف با مقیاس‌نانو- که می‌تواند شامل نانوذرات یا حتی نانولوله‌ها باشد- ممکن است و این منجر به بهبودهای قابل‌ملاحظه‌ای در استحکام و خواص احتمالی دیگر، همچون مقاومت به آتش، رسانایی الکتریکی (با کاربردهای احتمالی در مواد هوشمند) یا حتی نمای ظاهری منسوجات می‌شود. اگرچه هنوز چنین کاربردهایی در بازار وجود ندارند، اما این فناوری وجود دارد. با این حال بازار منسوجات معمولاً روی حاشیه‌های سود بسیار اندک کار می‌کنند؛ لذا هر خصوصیت جدیدی باید هزینه ورودی کمی داشته باشد. اگرچه نانوالیاف تاکنون در مصارفی همچون فیلترها به کار رفته و مدتی خود را حفظ کرده‌اند، اما آنها همچنان باید به بازار منسوجات نفوذ کنند.

[1] Breathability

ایده خلق منسوجات حاوی نانولوله‌های کربنی مورد علاقه سیستم‌های نظامی است؛ چون می‌تواند مواد ضدگلوله‌ای فراتر از کولار[1] را موجب شود. در این‌مورد یک شرکت ژاپنی تولید کننده لباس زیر (Gunzo Sangyo) در طی سال گذشته خبرهای زیادی را منتشر کرده، و مدعی شده، به فرآیند تجاری تولید نانولوله‌های کربنی دست یافته است و فروش سالانه ۸۰ میلیون دلار را در دو سه سال آینده پیش‌بینی کرد. با این حال یک محصول بازاری از آن هنوز نیاز به کار دارد. ارتش آمریکا، مشخصاً به دنبال البسه نوینی برای یونیفورم سربازان است؛ البته نه فقط برای محافظت در برابر گلوله، بلکه همچنین برای مقابله با تهدیدات شیمیایی و زیستی- که سنسورهایی را برای نمایش علایم حیاتی سرباز، یا تغییر رنگ مورد نیاز (موردی که بی شک کاربردی تجاری خواهد یافت) یکپارچه می‌سازد. کاری که ارتش آمریکا می‌کند، بر خلاف روش Nano-Tex شامل بافتن واقعی نانوالیاف است و مرکز سرباز ناتیک[2] نیروی زمینی آمریکا معتقد است طی دو سال به لباسی محافظ در برابر عوامل شیمیایی منتهی خواهد شد.

کاربرد عملی‌تر، اما کوتاه مدت دیگر استفاده از نانوذرات برای کپسوله کردن مواد ضدمیکروبی در پوشاک جهت حفظ "تازگی" در آنها است.

با توجه به پایه تولیدی فعلی- که همچنان به شدت بر جهان سوم تکیه دارد- فرصتهای بازار منسوجات به نظر در مواردی خاص محدود خواهد ماند. موادی که در برابر لکه مقاوم اما همچنان نیازمند شستشو می‌باشند، علیرغم داشتن جذابیت، بازار محدودی را معنی می‌دهند. البسه فوق قوی به واقع بازارهایی را پیدا خواهند کرد، اما در مواردی کاملاً خاص مانند جلیقه‌های ضدگلوله یا بالن‌های هواشناسی و احیاناً چترهای نجات و کایت‌های تفریحی. احتمال کاربرد نانوالیاف در فیلتراسیون و مواد کامپوزیتی بیش

[1] Kevlar
[2] Natick

از بازار منسوجات است. در هر صورت، خواص تعویق آتشگیری کامپوزیت‌های سیلیکات نانوذره‌ای می‌تواند به خوبی مصارفی در سرویس خواب، پرده‌ها و غیره پیدا کند.

۸-۱- شرکتهای استفاده کننده از فناوری نانو در منسوجات

جدول ۸ فهرست شرکتهایی را که به طور خاص از فناوری نانو در بازار منسوجات استفاده می‌کنند نشان می‌دهد

جدول ۸ شرکتهای استفاده کننده از فناوری نانو در منسوجات

شرکت	فعالیت
CIBA SPECIALTY CHEMICALS	یکی از خطوط تولید محصولات آن بر استفاده از نانوذرات ۵۰ nm جهت کپسوله نمودن مواد ضدمیکروب متکی است، تا محصولاتی با اثر «تازگی پایدار» به دست آید.
GUNZE SANGYO INC.	اگرچه آنها کاربرد خاصی از فناوری نانو را اعلام نکرده‌اند، ولی این شرکت فروشنده منسوجات، قصد تولید انبوه نانولوله‌های کربنی چند دیواره‌ای را دارد.
NANOPHASE . TECHNOLOGIES CORP	توسعه دهنده و تولید کننده مواد نانوبلورین از اکسیدهای فلزی و اکسیدهای مخلوط فلزی. پوشاک نیز جزو زمینه‌های کاربردی این مواد می‌باشد.
NANO-TEX	Nano-Tex LLC از یک فناوری خلق، تغییر و بهبود منسوجات در سطح ملکولی بهره می‌گیرد، که بنا به اظهارات گوناگون شامل الصاق نانوذرات یا نانوالیاف پلیمری به الیافی کتانی یا مصنوعی است.
NANO-X	از فناوری مبتنی بر فرآیند سل‌ژل و نانوذرات سود می‌برد، که مصارفی در

	حفاظت پوشاک دارد.
SCHOELLER TEXTILES AG	این شرکت از فناوری نانو برای تولید روکشی برای پوشاک استفاده می‌کند، که ضدآب، ضدکثیفی، ضدچسب و خود پاک‌کن است.

فصل نهم

کشاورزی

۹- کشاورزی

تأثیر فناوری نانو بر کشاورزی در کوتاه تا میان مدت حاصل به کارگیری فناوری‌هایی است، که در صنعت پزشکی و داروسازی- به ویژه فناوری آنالیز نظارت- در کوتاه مدت، و توالی سنجی سریع DNA در میان مدت نیز مفید خواهند بود. سیستم‌های آنالیز قابل حمل می‌توانند امکان نظارت لحظه به لحظه سلامتی یک گیاه را فراهم کرده، تجویز استفاده از یک کود یا بروز یک آفت را مشخص سازند.

Monsanto مدتها استفاده از نانوکپسول‌ها را برای علف کش مخلوط[1] خود بررسی کرده است. رهایش تأخیری نانوکپسول‌ها و نانوذرات همانند بخش بهداشت، مصارفی در بخش کشاورزی دارد.

جنبش بازار برای تازه‌واردها مشابه بهداشت و داروسازی است- متصدیان قوی و زیاد و بودجه‌های تحقیق و توسعه هنگفتی آماده یک رقابت شدیداند، به شرط آن که فناوری همچون یک ابزار آنالیز جدید با هزینه اندکی توسعه یابد؛ آنگاه این متصدیان مشتری آن خواهند بود.

به طور کلی در درازمدت بزرگترین اثر فناوری نانو بر کشاورزی، از نحوه کار سیستم‌های زیستی حاصل خواهد شد؛ چون توانایی ما برای کار در مقیاس نانو- که طبیعت اکثر کارهای زیرکانه خود را در آن انجام می‌دهد- افزایش خواهد یافت. در فواصل نزدیکتر ژنتیک و زیست‌شناسی مولکولی هستند، که تأثیرات قوی‌تری را بر کشاورزی گذاشته و خواهند گذاشت.

[1] Roundup Herbicide

۹-۱- شرکتهای استفاده کننده از فناوری نانو در کشاورزی

برخی از شرکتهای موجود در گزارش در کشاورزی درگیر شده‌اند، اما هنوز فناوری نانو را بـه بـازار وارد نکرده‌اند. مثلاً فناوری‌های آنالیز زیستی و آشکارسازی شـرکتهای مـواد شـیمیایی بـایر و داو، BASF, Genecor, International که در بخش پزشکی و داروسازی آمده‌انـد، مـی‌تواننـد کاربردهـایی در کـشاوزی داشته باشند.

جدول ۹ شرکتهای استفاده کننده از فناوری نانو در کشاورزی

شرکت	فعالیت
FLAMEL	فناوری نانوکپسوله‌سازی آنها جهت رسانش علف‌کش توسط Monsanto ارزیابی شده است.
MONSANTO	از فناوری FLAMEL توسعه یک فرمول‌بندی برتر برای علف‌کش مخلوط خود استفاده می‌کنند.

فصل دهم

محیط زیست

۱۰- محیط زیست

اگرچه فناوری نانو از طریق استفاده از فیلتراسیون، مواد نانوحفره‌ای و کاتالیست‌ها در عملیات تمیزسازی اثرات قابل‌ملاحظه‌ای روی فناوری‌های زیست‌محیطی دارد (مثل فیلتر کردن، جداسازی، جذب و تجزیه آلاینده‌های زیست‌محیطی چه پس از آلودگی و چه پیش از آلودگی در محصولات پساب فرآیندها)، بیشترین اثرات آن احتمالاً مثل دیگر فناوری‌ها به‌صورت اتفاقی رخ خواهد داد. از نظر تاریخی، ملاحظات زیست‌محیطی هیچ گاه در حد ملاحظات تجاری اولویت نداشته‌اند و این موازنه علیرغم جابجایی اندک اخیر به سمت ملاحظات زیست‌محیطی همچنان حاکمیت مطلقی دارد.

روی هم رفته اکثر اثرات به نظر مفید می‌رسند. با این حال بعضی از مواد جدید نشان داده‌اند، که کمتر زیست‌تخریب پذیرند و زیست‌تخریب‌پذیری و قابلیت بازیافت قطعاً بر تجاری‌سازی یک ماده اثرگذار خواهد بود. مواد کامپوزیتی نانورس جدید از این دو جهت پیشرفت‌هایی را ارایه می‌دهد.

کارایی برتر در تولید و ذخیره انرژی مزایای تجاری و زیست‌محیطی را به طور همزمان خواهد داشت. در این زمینه ما احتمالاً بیشترین اثرات را در صرفه‌جویی مشاهده خواهیم کرد؛ به‌عنوان مثال مواد کامپوزیتی سبک‌تر، رشد استفاده از انرژی جایگزین (مثلاً با اقتصادی‌تر شدن تولید انرژی خورشیدی) و ظهور پیل‌های سوختی. این فناوری‌ها قطعاً توانایی زیادی برای کمک به کاهش انتشار جهانی کربن خواهند داشت، ولی احتمالاً برجسته‌ترین اثرات از نظر زندگی روزانه بسیاری از افراد در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، از ورود پیل‌های سوختی هیدورژنی خودروها حاصل می‌شود. چون این پیل‌ها تنها ضایعاتی که بر جا می‌گذارند آب است، محیط‌های آلوده شهری را- که غرب به آن عادت کرده و هزینه‌های بهداشتی

بالایی را تحمیل می‌کنند- می‌توان به مسأله‌ای تمام شده تبدیل کرد. هوای شهرهای سراسر دنیا را می‌توان به تمیزی هوای ییلاق عاری از آلودگی نمود؛ البته کمی مرطوب‌تر (اگرچه رطوبت زیادی خود موجب مشکلاتی می‌شود، ولی لااقل آب سمی نیست!). البته باید خاطرنشان کرد، که هنوز برای عملی کردن خودروهای با سوخت هیدورژنی موانع عمده‌ای وجود دارد که باید آنها را سپری کرد.

نکته‌ای که از نظر فردی کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد ولی از نقطه نظر جهانی می‌تواند مهم‌تر نیز باشد، این است که استفاده از نیروگاههای سوخت فسیلی ناکارا و همچنین شبکه‌های توزیع برق ناکارا به طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش خواهد یافت و جای آنها را تولید انرژی محلی از منابع تمیز (برای محیط زیست) و تولید برق محلی مبتنی بر شبکه توزیع سوخت به جای شبکه توزیع برق خواهد گرفت. این مسأله روی هم رفته تولید گازهای گلخانه‌ای را به شدت کاهش خواهد داد.

افت و خیزهایی به شدت پیچیده مربوط به پیل‌های سوختی، تولید و انتقال برق، باتری‌ها و انرژی‌های جایگزین (مثل انرژی خورشیدی) در بخش تولید و توزیع انرژی گنجانده شده است.

در هر حال مشابه همه انقلاب‌های پیشین، انقلاب فناوری نانو صنایع جدیدی را خواهد آفرید که همه آنها بی‌خطر نخواهند بود. به طور تاریخی، این نوع توسعه‌ها برای اکثر افراد و دولت‌ها روندی غیر قابل پیش‌بینی داشته است. هیچ دلیلی وجود ندارد که ما در این زمینه در پیش‌بینی آینده تواناتر از گذشته شده باشیم. یک مثال تأمل‌برانگیز عبارتست از کاهش وزن در مواد ساختمانی که در نهایت می‌تواند مسافرت هوایی شخصی را رایج کند، اما از سوی دیگر با افزایش تقاضای انرژی به دلیل افزایش آزادی حرکت افراد، مصرف انرژی می‌تواند در کل افزایش یابد.

هر فناوری قادر به تأثیرگذاری منفی یا مثبت بر محیط زیست و جامعه است. فناوری نانو یک استثنا نیست و نتایج آتی آن به ما امکان مدیریت این فناوری را خواهد داد.

فصل یازدهم

درخت صنعت نانو (کاربردهای فناوری نانو)

۱۱-درخت صنعت نانو (کاربردهای فناوری نانو)

در درخت تهیه شده در ذیل، عرصه‌های کاربردی (صنعتی) فناوری نانو در چهار سطح ذیل مرتب شده‌اند:

- صنعت (مانند صنعت خودرو یا صنعت هوافضا و دفاعی)
- زیربخش‌های صنعتی (مانند سوخت یا مواد ساختمانی)
- مزیت‌های عملی فناوری نانو (مانند سوخت‌های راکت پرقدرت یا جلیقه‌های ضدگلوله و سبک)
- عناصر پایه (مانند نانوذرات آلومینیوم یا آئروژل‌ها)

از آنجایی که تقریباً تمام صنایع به صنایع انرژی، مواد و فناوری اطلاعات و تغییرات آنها وابسته‌اند، از ذکر نام صنایع زیر مجموعه دیگر صنایع و صنایع دارای وابستگی غیرمستقیم با فناوری نانو (به عنوان مثال صنعت نفت به نانوکاتالیزورها(در بخش مواد پیشرفته) وابستگی زیادی دارد) اجتناب شده است.

در زمینه سیستمهای نانوالکترومکانیکی(NEMS) از آنجایی که در حال حاضر تفاوت چندانی بین قطعات میکرومتری و نانومتری مشاهده نمی شود و کاربردهای اندکی برای انواع مقیاس‌نانو آنها پیش بینی می شده، در متن از لفظ متداول تر MEMS (سیستمهای میکروالکترومکانیکی) استفاده شده است.

این درخت می‌تواند به شکلی صریح و شفاف به مسئولان صنعتی کمک کند، تا در یک نگاه با نحوه تأثیرگذاری فناوری نانو در حوزه کاری خود آشنا شوند و عناصر پایه مهم در کار خود را بشناسند.

البته بدیهی است همه موارد مشخص شده به یک میزان تأثیرگذار و مهم نمی باشند و باید بسته به شرایط برخی از شاخه ها را بر مابقی ترجیح داد. همچنین راهکارهای ارائه‌شده راههایی نسبتاً پیموده‌شده‌اند و محققین دانشگاهی ما برای کسب پیشتازی علمی کشور باید شاخه‌های جدیدی را به این درخت در حال رشد و تغییر بیفزایند.