هولوگرافی

علی بخشی
گروه مهندسی برق
دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی آباد کتول
ab_power2002@yahoo.com

محمد باقر معتمدی نژاد
گروه مهندسی برق
دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی آباد کتول
m_motamedi2004@yahoo.com

چکیده: هولوگرافی روش تهیه تصاویر سه بعدی با استفاده از نور می باشد.یعنی با استفاده از خواص نور می توانیم یک تصویر هولوگرام ایجاد کنیم. البته هر نوری برای ضبط یک تصویر هولوگرام مناسب نیست.در این مقاله اصول هولوگرافی، مشخصات نور لازم، موادی که به عنوان ضبط کننده تصاویر هولوگرام مورد استفاده قرار می گیرند شرح داده می شود.

کلمات کلیدی: *هولوگرام، همدوس، مدولاسیون، جبهه های موج، پراش*

1- مقدمه [1]

هر چند که هولوگرافی کاربردهای بسیاری دارد ولی به خاطر توانایی آن در ایجاد تصاویر سه بعدی شهرت دارد.یک هولوگرام چشم انداز یک منظره را به طوری می گیرد که هیچ کسی قادر به انجام چنین کاری نمی باشد.به عنوان مثال هنگام دیدن یک هولوگرام به وسیله حرکات سر می توان اطراف اشیاء را دید وهمچنین می توان دید که در پشت سر آنها چیست.با این همه هولوگرام ها بر روی همان فیلم های عکاسی استفاده شده برای عکاسی نیز می توانند ضبط شوند.دو سوال به طور طبیعی پیش می آید:چه چیزی هولوگرام ها را از عکسها متمایز می کند؟وچگونه یک صفحه صاف می تواند یک منظره سه بعدی را ضبط کند؟

پاسخ به این سؤال ها باید با یک باز بینی از خواص نور شروع شود.مثل یک موج الکترومغناطیسی ، نور شاخصهای چندانی دارد:دامنه، فاز، قطبش، رنگ وامتداد حرکت.وقتی که شرایط برای ضبط یک هولوگرام برآورده شود ارتباط خیلی نزدیک بین فاز وامتداد حرکت به وجود می آید.کلید پاسخ به دوسوال بالا در این است که عکسها در ابتدا اطلاعات دامنه را ضبط می کنند(در حقیقت آنها شدت که مربع دامنه است را ضبط می کنند) در حالی که هولوگرام ها اطلاعات وابسته به هر دو، یعنی دامنه وفاز را ضبط می کنند.خاصیت دیگر هولوگرام این است که آنها مثل منظره ای که ضبط کرده اند به نظر نمی آیند.به طور معمول یک هولوگرام به نظر می آید که تا اندازه ای یک لکه خاکستری یکنواخت است.یا شاید یک حلقه مشاهده پذیر بر آن وخطوطی که به طور تصادفی روی آن واقعند می باشد.در حقیقت تمام الگوی مشاهده پذیر یک هولوگرام اطلاعات بی فایده ونویز هستند.اطلاعات مفید در یک هولوگرام در الگوهایی ضبط شده اند که برای دیدن با چشم غیر مسلح ریزتر از آن هستند که دیده شوند.[1]

2- تصور یک هولوگرام

یک روش مفید برای تصور یک هولوگرام این است که آن را نوعی خاص از یک پنجره در نظر گرفت که نور در حوالی اشیای پنجره منعکس می شود.مقداری نور از میان پنجره عبور کرده وبا آن نور ما اشیاء را می بینیم.در لحظه

ای که ما هولوگرام را ضبط می کنیم پنجره، دامنه وامتداد نوری که از خلال آن عبور می کند را به خاطر می آورد.وقتی هولوگرام برای بازسازی منظره سه بعدی استفاده می شود،آن این اطلاعات ضبط شده را به کار می برد تا دوباره الگوی اولیه دامنه وامتدادنوری که از خلال آن می گذشت را دوباره ایجاد کند.نوری که از پنجره هولوگرافی به چشم ما می رسد درست مثل وقتی است که ما خود اشیاء را مشاهده می کردیم.ما می توانیم سرمان را به اطراف حرکت دهیم وبخشهای مختلف منظره را ببینیم مثل حالتی که اشیاء را از میان پنجره می دیدیم. اگر بخشی از هولوگرام پوشیده یا بریده شود کل منظره هنوز قابل مشاهده است، هر چند که بخش محدود شده ای از یک پنجره باشد.واقعا انواع متفاوتی از هولوگرام موجود می باشد.هر چند که فیلم عکاسی بیش از هر چیز دیگری به طور وسیع برای ضبط اطلاعات استفاده می شود.

خواص یک هولوگرام به وسیله ضخامت ماده ضبط کننده وساختار پرتوهای ضبط کننده تعیین می شود. هولوگرام ها می توانند در موادی که شدت نور را ضبط می کنند ودر خلال تغییر در جذب نوری شان یا ضریب شکستشان ویا هر دو ایجاد شوند.

3- اصول اساسی

عکسها اطلاعات شدت نور را ضبط می کنند.ولی هولوگرام ها اطلاعات شدت وفاز را ضبط می کنند.علاوه بر محدودیتهای گذاشته شده روی شدت (نور) فاز نوری که هولوگرامها را ضبط می کنند نیز باید شرایط خاصی را برآورده کند.این شرایط فازی ایجاب می کند که نور(مورد استفاده)همدوس باشد.

دو نوع همدوسی موقتی وفضایی موجود است.نوری که برای ضبط کردن هولوگرامها به کار می رود باید هر دو نوع همدوسی را داشته باشد. همدوسی موقتی(زمانمند)به رنگهای موجود در نور وابسته می باشد. نور همدوس زمانمند تنها یک رنگ را شامل می شود،یعنی تک رنگ است.هر رنگ از نور یک فاز مربوط به خودش را دارد.نورهای چند رنگ برای ضبط کردن یک هولوگرام نمی توانند مورد استفاده قرار گیرند زیرا در این صورت هیچ فاز مشخصی برای ضبط نمودن وجود ندارد.همدوسی فضایی به امتداد نور وابسته است.در هر نقطه داده شده در فضا،نورهای به طور فضایی همدوس همواره در یک امتداد حرکت می کنند وامتداد حرکت آنها با زمان تغییر نمی کند.نوری که به طور ثابت امتداد حرکتش تغییر می کند به طور ثابت فاز نسبی اش نیز تغییر می کند پس برای ضبط کردن هولوگرام مناسب نیست.

همدوسی فضایی وزمانمند به وسیله کمیتها درجه بندی می شوند. مانمی توانیم بگوییم که نوری به طور قطع همدوس است یا ناهمدوس است.همدوسی زمانمند نور معمولی را می توان به وسیله گذراندن آن از میان فیلتری که تنها اجازه عبور پهنه نازکی از رنگها را می دهد،بهتر نمود.همدوسی فضایی نور را می توان با استفاده از نور آمده از یک چشمه خیلی کوچک نور مثل سوراخ ریزی در یک صفحه مات بهتر نمود.حال می دانیم که نوردرهرنقطه از فضا باید از امتداد یک سوراخ ریز بیاید.نور معمولی که رنگش به خوبی صاف(فیلتر)شده است واز میان یک روزنه کوچک گذرانده شده است می تواند برای ضبط هولوگرام ها استفاده شود.با این وجود،نوری که از یک لیزر می آید به طور طبیعی خیلی به شکل فضایی وزمانمند همدوس است.به این دلیل عملا همه هولوگرام ها با بکار بردن نور لیزر ضبط می شوند.[2]

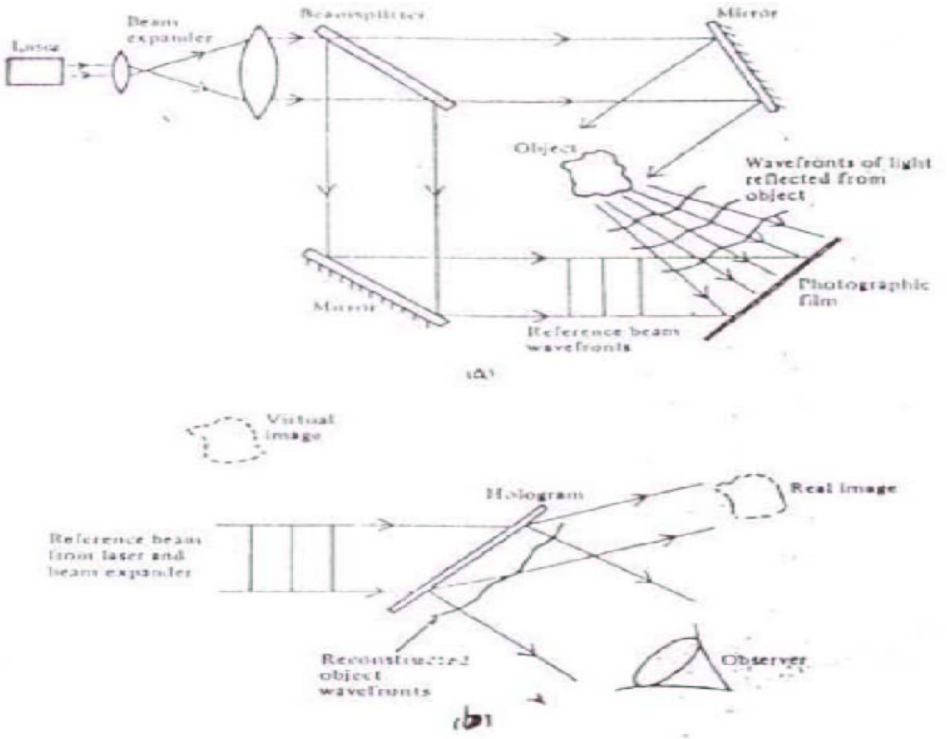
ساده ترین هولوگرام ممکن است از تلاقی (برخورد) دادن دو موج مسطح نوری و قطبیده مسطح ناشی می شود.

نکته جالب توجه این است که نقاطی از صفحه ناظر که در آنها میدان کل الکتریکی صفر است، وقتی که امواج حرکت می کنند صفر باقی می ماند.نقاط وسطی مابین نقاطی که در آنها میدان الکتریکی صفر است یک میدان الکتریکی متناوب را تجربه می کنند. برای یک ناظر، نقاط با میدان الکتریکی صفر تاریک ونقاط با میدان الکتریکی تناوبی روشن به نظر می رسند.این خطوط یک در میان روشن، نوارها نامیده می شوند که الگوی تداخلی ایجاد شده توسط امواج مسطح را تشکیل می دهند. علاوه بر این، نقاط با میدان الکتریکی صفر فیلم عکاسی را دست نخورده باقی

می گذراند ونقاط با میدان الکتریکی تناوبی فیلم را نور می دهند. بنابرای الگوی تداخل می تواند ضبط شود.نوارهای تداخلی نتیجه شده از دو موج مسطح مثل خطوطی راست به نظر خواهند رسید.
جبهه های موج برای ایجاد الگوی تداخلی لزومی ندارد که امواج مسطح و یا امواج یا جبهه موج همانندی از نظر شکل باشند.
فاصله L از یک نوار تداخلی تاریک تا نوار کناری اش(یا از یک نوار روشن تا نوار کناری اش) به طول موج λ از نور و زاویه θ بین امتداد انتشار جبهه های موج بستگی دارد.

$$L = \lambda/2\sin(\theta/2) \qquad (1)$$

برای زاویه های مناسب، فاصله نوارها حدود طول موج نور است، یعنی حدود یک دو هزارم میلیمتر.این توضیح می دهد که چرا هولوگرام ها تقریبا یک لکه خاکستری یکنواخت به نظر می رسند. اطلاعات مفید در نوارهای تداخلی که بسیار کوچکتر از آن هستند که دیده شوند، ضبط می شود.نوسانات در دامنه پرتوهای ضبط کننده، همچنین در هولوگرام ضبط می شوند ودر ایجاد دوباره جبهه موج باز ساخته شده مؤثرند.در خلال ضبط هولوگرام نقاط با میدان الکتریکی صفر تنها در برخورد دو پرتویی که دارای دامنه مساوی اند پیش می آید.اگر یکی از پرتوها قوی تر از دیگری باشد ، حذف کامل میدان الکتریکی آنها غیر ممکن است وازشدت مدولاسیون یا تفاوت نوارهای ضبط شده کاسته می شود.
ضبط کردن یک هولوگرام با ضبط الگوی تداخلی ایجاد شده توسط دو پرتو همدوس نور یکسان است. باز سازی تصویر هولوگرافی معمولا با نور تاباندن یکی از دو پرتو از خلال هولوگرام ظاهر شده به نتیجه می رسد.استفاده کردن یک پرتو نور بازسازنده با طول موجی متفاوت اندازه تصویر باز ساخته شده را تغییر می دهد.طول موج کمتر تصویر کوچکتر وطول موج بیشتر تصویر بزرگتر را ایجاد می کند.
حال فرض می کنیم فیلم عکاسی ماده ضبط کننده ما باشد. فیلم عکاسی یک نوع خاصی از ضبط کردن را بدست می دهد که تحت عنوان هولوگرام جذب نازک تقسیم بندی می شود. شکل (1a) و (1b) اصول اولیه را نشان می دهند. صفحه عکاسی به طور همزمانبا موجهای نور پراکنده شده از شیء ونر منبع مرجع روشن می شود. پرتو مرجع در شکل (1a) به صورت یک پرتو موازی صفحه ای نشان داده می شود. بخاطر درجه بالای وابستگی متقابل آنها دوگروه موج، یک الگوی تداخلی روی صفحه عکاسی ضبط می شود وبدین ترتیب یک هولوگرام شکل خواهد گرفت.
حال صفحه عکاسی پردازش شده وفقط با پرتو مرجع حاضر روشن می شود. (شکل1b)
بیشتر نور پرتو مرجع مستقیما از درون هولوگرام عبور می کند و مقداری هم در امولسیون به وسیله الگوی تداخلی پراکنده می شود.با استفاده از رابطه شبکه پراش نرمال،نور با طول موج λ تداخل سازنده با زوایای $\lambda = d\sin\theta$ تجربه خواهدکردکه d فاصله نوارهای محلی برای تداخل نوارهاست که شکل توزیع بستگی کامل به شکل شیء وجبهه موجانعکاس یافته از آن دارد.بدین ترتیب تداخل سازنده امواج پراشیده، جبهه های موج اصلی از شیء را بازسازی می کند و مشاهده کننده جبهه های موجی را می بیند که از خود شیء حاصل شده است.این جبهه های موج چیزی را تشکیل می دهند که تصویر مجازی نامیده می شود.شبکه پراش که در وضعیت مستقیم هم در نوار دیگر پراش ایجاد می کند وهولوگرام تصویر دوم را ایجاد می کند.این تصویر که از نظرکیفیت در مقایسه با تصویر مجازی پایین تر است به عنوان تصویر حقیقی نامیده می شود.



شکل(1): (a)ساختار کلی ساختن یک هولوگرام (b) بازسازی شیء از هولوگرام

4- تقسیم بندی هولوگرام ها

انواع بسیار متفاوتی از هولوگرام ها موجودند. هولوگرام ها بر طبق خاصیت ماده ای که در الگوی تداخلی ضبط می شود، شاخص پراش هولوگرام، جهت پرتوهای ضبط شده نسبت به هولوگرام وساختار دستگاه نوری که برای ضبط کردن وبازسازی هولوگرام استفاده می شود، طبقه بندی می شوند.

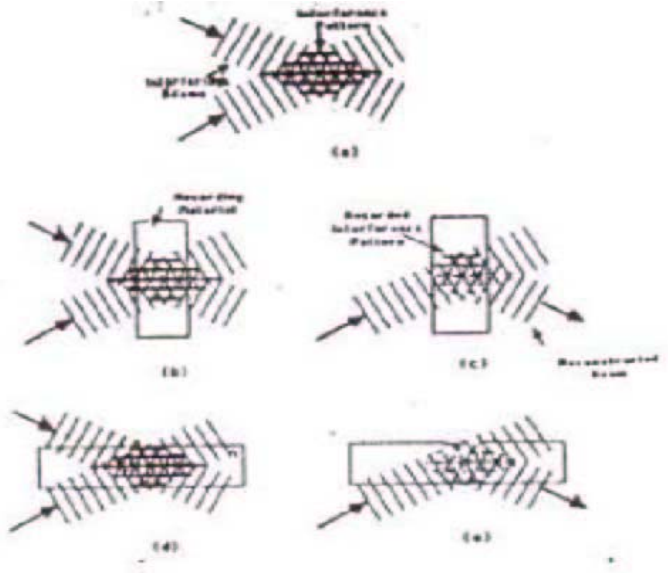
هولوگرام ها به وسیله نور دادن به یک ماده حساس نوری با نور ایجاد شده به وسیله پرتوهای نوری در الگوی تداخلی ضبط می شوند.به عنوان مثال نور دادن به فیلم عکاسی با پاشنده های نور یک فرایند شیمیایی که بعد از ظاهر نمودن یک تغییر در جذب نوری فیلم ایجاد می کند بخشهایی از فیلم نور داده شده با شدت نوری بالا جذب کننده می شوند وبخشهای نور داده نشده فیلم شفاف باقی می مانند.

همچنین موادی وجود دارند که ضریب شکست آنها با قرار گرفتن در مقابل نور تغییر می کند.این مواد معمولا کاملا شفاف هستند. هولوگرام هایی که از الگوی ضبط شده تداخلی ناشی از تغییرات ضریب شکست تشکیل می شوند به عنوان هولوگرام های فاز معروفند.

هولوگرام ها همچنین به عنوان باریک وضخیم ترنیز دسته بندی می شوند.این عبارات به شاخصهای پراش هولوگرام مربوط می شود.یک هولوگرام باریک انتظار می رود که ترتیب پراش چند گانه ایجاد کند.این یعنی هر چند ممکن است تنها دو پرتو برای ضبط کردن به کار رود، یک پرتو بازسازنده، چند پرتو باز سازی شده را به نام ترتیبهای پراش پدیدار می کند. از طرف دیگر هولوگرام ضخیم تر تنها یک پرتو بازسازنده منفرد(تنها) را می پراشد.بخشی از پرتو بازسازنده ممکن است از خلال هولوگرام در همان امتداد اولیه اش عبور کند. همچنین بازدهی پراش قابل توجه برای

هولوگرام های ضخیم تنها در حالتی که پرتو بازسازنده بخشی از روی هولوگرام از یک مجموعه گسسته به نام زاویاهای براگ(Bragg)باشد رخ می دهد. اگر پرتو در زاویه های براگ نباشد پرتو از میان هولوگرام می گذرد بدون اینکه هیچ پرتو پراشیده ای ایجاد شود.این خاصیت هولوگرام های ضخیم، یعنی نزول بازدهی پراش در صورت نبودن پرتو بازسازنده در یک زاویه براگ را انتخاب زاویه ای می نامیم.

تقسیم بندی دیگر هولوگرام ها به ترتیب پرتوهای ضبط کننده(وبنابراین پرتوهای بازسازنده وبازسازی شده) نسبت به ماده ضبط کننده وابسته می باشد. وقتی که دو پرتو موج مسطح نوارهای تداخلی ایجاد می کنند، نوارها یک مجموعه از صفحات در فضا را تشکیل می دهند.این صفحات با نیمساز زاویه بین پرتوها همانطور که در شکل (2a)نشان داده شده است موازی اند.اگر ماده ضبط کننده طوری ترتیب داده شود که هر دو پرتو ضبط کننده از یک طرف به آن میل کنند، نوارها عموما بر سطح ماده همان طوری که در شکل (2b)نشان داده شده است می شوند.ویک هولوگرام نوع انتقالی تشکیل می شود.در خلال بازخوانی هولوگرام انتقالی پرتوهای بازسازنده وبازسازی شده همانطور که در شکل (2c) نشان داده شده است در طرفین هولوگرام قرار دارند ویا اینکه ماده ضبط کننده می تواند طوری ترتیب داده شود که پرتوهای ضبط کننده از طرفین به آن میل کنند.همانطوری که در شکل (2d) نشان داده شده است.ویک هولوگرام بازتاب گونه تشکیل می شود.برای یک هولوگرام بازتابی پرتوهای بازسازنده وبازسازی شده همانطوری که در شکل (2e) نشان داده شده است در یک طرف هولوگرام قرار دارند.



شکل (2): (a)تداخل ناشی از دو موج سطحی(b)ضبط هولوگرام انتقالی(c)بازسازی هولوگرام انتقالی(d)هولوگرام انعکاسی(e)بازسازی هولوگرام انعکاسی

سه معیار تقسیم بندی هولوگرام ها که بحث شد فاز یا جذبی، باریک یا ضخیم وانتقالی یا بازتابی در تعیین حداکثر بازدهی ممکن پراش یک هولوگرام نقش ایفا می کند.جدول (1)بازدهی های پراش هولوگرام های واجد ترکیبهای مختلف این شاخصها را خلاصه می کند.[3]

جدول(1): حداکثر بازدهی پراش هولوگرام های شیشه ای

Thickness	Modulation	Configuration	Maximum efficiency(%)
Thin	Absorption	Transmission	6.25
Thin	Phase	Transmission	33.90
Thick	Absorption	Transmission	3.70
Thick	Absorption	Reflection	7.20
Thick	Phase	Transmission	100.00
Thick	Phase	Reflection	100.00

5- مواد ضبط کننده

مواد بسیاری وجود دارند که برای ضبط الگوهای تداخلی هولوگرافی مورد استفاده قرار می گیرند.بعضی از مواد الگو را به صورت تغییر هایی در جذب نوریشان ضبط می کنند.مواد دیگری الگو را به صورت تغییرهایی در ضریب شکستشان یا به صورت الگوهای برجسته نمایی بر سطحشان ضبط می کنند.

امور عملی وابسته به مواد ضبط کننده هولوگرافی شامل وضوح ضبط کردن،حساسیت ماده به عنوان تابعی از طول موج نوری وگامهای فرایند لازم برای ظهور هولوگرام می باشد.فاصله نوارهای تداخلی می تواند بوسیله تغییر زاویه بین پرتوها اصلاح شوند.یک زاویه کوچک نوارهای بزرگ و یک زاویه بزرگ نوارهایی به کوچکی نصف طول موج نور مورد استفاده بدست می دهد.یک ماده ضبط کننده ایده ال وضوحی با حداقل5000 نوار در میلیمتر خواهد داشت.بعضی از مواد به همه طول موجهای مرئی حساسند وبعضی دیگر تنها به بخشی از طیف نوری حساسند.حساسیت طول موج ماده ضبط کننده باید با چشمه نوری مورد استفاده هماهنگ شود.مواد ضبط کننده حساس عموما مطلوب ترند زیرا حساسیت بالا زمان نوردادن برای ضبط کردن را ومقدار توان نوری لازم چشمه نوری را کاهش می دهد.نور دادنهای طولانی مطلوب نیستند،به این دلیل که شانس اغتشاش تصادفی همدوسی پرتوهای ضبط کننده را زیاد می کند. بسیاری از مواد ضبط کننده فرایندهای شیمیایی را بعد از دیدن نور برای ظاهر کردن الگوهای هولوگرافی لازم دارند.بعضی از مواد وقتی که حرارت بکار گرفته می شود ظاهر می شوند.تعدادکمی از مواد هیچ فرایندی را برای ظاهر شدن لازم ندارند. یعنی در این حالتها هولوگرام فوراً در دسترس خواهد بود.البته،نیاز ظهور سیستم را پیچیده می کند و تاخیریبین ضبط هولوگرام های ضبط کننده فراهم می آورد تا بتواند مورد استفاده قرار بگیرد.[4]

مهمترین شاخصهای معمولیترین مواد ضبط کننده هولوگرام در جدول(2) جمع بندی شده است.

جدول (2) : مواد ضبط کننده هولوگرافیک

Material	Modulation	Sensitivity (J/cm^2)	Resolution (line pairs/mm)	Thickness (μm)
Photographic emulsion	Absorption or phase	$\sim 5\times10^{-5}$	~5000	<17
Dichromated gelatin	Phase	$\sim 7\times10^{-2}$	>3000	12
Photoresist	Phase	$\sim 1\times10^{-2}$	~1000	>1
Photopolymer	Phase	$\sim 1\times10$	3000	3-150
Photoplastic	Phase	$\sim 5\times10^{-5}$	>4100	1-3
Photochromic	Absorption	~2	>2000	100-1000
Photorefractive	Phase	~3	>1000	5000

لایه های حساس عکاسی هالید نقره معمولیترین مواد ضبط کننده مورد استفاده برای هولوگرام هااست.آنها یک تکنولوژی جا افتاده واز نظر تجاری در دسترس می باشند.لایه حساس ممکن است بر یک فیلم استات سلولز انعطاف پذیر ویا برای دقت بیشتر بر یک صفحه شیشه ای صاف واقع باشد.

ژلاتین دو رنگی بعضی از معروفترین مواد برای ضبط کردن هولوگرام های فاز ضخیم می باشند.قرار گرفتن در مقابل نور باعث می شود که مولکولهای ژلاتین به هم متصل بشوند.سپس ژلاتین شسته شده وبه دنبال آن دهیدرژنه می شود. دهیدروژنه کردن باعث می شود که ژلاتین منقبض شود واین سبب می شود شکاف وپارگیهایی در نواحی ای که ژلاتین بسته نشده رخ دهد.شکافها وپارگیها،یک تغییر فاز در نور گذرنده از این نواحی ایجاد می کند. هولوگرام های فازی در ژلاتین دو رنگی قادرند که به بازدهی 90% یا بهتر با نویز نوری خیلی کم برسند.محدودیت اولیه ژلاتین دو رنگی حساسیت خیلی پایینش واثرات نامطلوب منقبض شدن در خلال عمل ظهور می باشد.

فوتورزیستها در لیتوگرافی برای ساختن مدارهای مجتمع(IC ها) به کار می روند ولی برای هولوگرافی نیز می توانند بکار روند.در خلال ظهور،فوتورزیستهای منفی جاهایی که نور نخورده است را حل می کنند و در فوتورزیستهای مثبت جاهایی را که نور خورده است را حل می کنند.

به هر حال، یک سطح ضبط کننده برجسته نمایی از الگوی تداخلی ایجاد می شود. این الگوی برجسته نمایی سطحی می تواند بعنوان یک هولوگرام فازی یا به وسیله نور گذرنده از آن ویا بوسیله پوشاندن سطحش با فلز وبا منعکس کردن نور از آن مورد استفاده قراربگیرد.فوتورزیست می تواند با نیکل آبکاری الکتریکی شود وسپس بطور عمده برای برجسته کردن پلاستیک نرم شده بوسیله حرارت استفاده شود.

فوتوپلیمرها به روشی مشابه فوتورزیستها عمل می کنند ولی به جای حل کردن مکانهای نور خورده یا نخورده در خلال ظاهر سازی،برخورد یک فوتوپلیمر با نور یک عمل شیمیایی در ماده ای که ضریب شکستش را تغییر می دهد یا برجسته نمایی سطحش را تنظیم می کند القا می کند.بعضی فوتوپلیمرها هیچ فرایند ظاهر سازی را احتیاج ندارند وبعضی دیگر باید حرارت داده شده ویا با نور ماوراء بنفش نور داده شوند.

فوتوپلاستیکها برای توانایی شان در ضبط وپاک کردن الگوهای تداخلی گوناگون در خلال چندین دوره مورد توجه هستند. فوتوپلاستیکها واقعاً دارای ساختارهای چند لایه ای هستند.یک صفحه زیر لایه شیشه ای با یک فیلم فلزی هادی پوشیده می شود.در بالای این صفحه یک فوتوکنداکتور ذخیره می شود وآخرین لایه،ماده ای ترموپلاستیک می باشد.

برای ضبط یک بار،جریان الکتریکی ساکن یکنواخت به سطح ترموپلاستیک بکار گرفته می شود.با توجه به جریانی که بین فوتوکنداکتور وفوتوپلاستیک تقسیم می شود ولتاژافت می کند،سپس ساختار به الگوی تداخلی هولوگرافی نور داده وولتاژ بین بخشهای توضیح داده شده فوتوکنداکتور تخلیه می شود وسپس جریان برای بار دومین سطح وسیله بکار برده می شود.جذب الکتروستاتیکی میان توزیع بار روی سطح ترموپلاستیک وفیلم فلز هادی سطح پلاستیک را بک یک هولوگرام فازی برجسته نمایی سطحی تغییر شکل می دهد . سپس با سرد کردن پلاستیک آن، درالگویش ثابت می شود. هولوگرام ممکن است که با حرارت دادن پلاستیک به دمای بالاتر پاک شود طوری که هادی شود وبار سطحی اش تغییر کند.

فوتوکرومیک ها موادی هستند که رنگشان در برخورد با نور تغییر می کند. به عنوان مثال،ماده ممکن است که از شفافیت به جذبی بودن برای یک طول موج خاص تغییر کند. این اثر،برای ضبط هولورام های جذبی می تواند مورد استفاده قرار بگیرد.بعلاوه فرایند ضبط کردن می تواند بوسیله حرارت دادن یا نور دادن با یک طول موج متفاوت برعکس شود.این اجازه می دهد که الگوها ضبط وپاک شوند. بااین وجود،این مواد حساسیت خیلی پایینی دارند.

مواد فوتورفرکتیودر پاسخ به نور ضریب شکستشان را تغییر می دهند.این مواد برای ضبط هولوگرام های فازی ضخیم با بازدهی پراش خیلی بالا مورد استفاده قرار می گیرند.این فرایند ضبط کردن می تواند یا بوسیله برخورد یکنواخت با نور یا حرارت یکنواخت برعکس شود.همچنین این مواد حساسیت پایینی دارند ولی تحقیق برای اصلاحات آنها ادامه دارد.

6- نتیجه گیری

با توجه به ویژگیهای ذکر شده در مقاله می تـوان از هولـوگرافی در علـوم مختلـف اسـتفاده نمـود. یکـی از مهمتـرین مزیتهای هولوگرافی این است که تصویر هولوگرام ایجاد شده خواص جسم اصلی را دارا می باشد ومی توان بدون نیاز به شیء اصلی بر روی خواص آن مطالعه نمود. به عنوان مثال می توان از هولوگرامها به دلیل عدم نیاز بـه خـود جسـم در شمارش ذرات، تشخیص تومورها ویا سایر ضایعات بدن در پزشکی، در بازیـابی داده، تشـخیص ناخالصـیهای ویفرهـای سیلیکنی و... استفاده نمود.

7- منابع

[1]: Jowilson, JFB.Hawkes."Optoelectronics an introduction".MS Graw Hill
[2]:Robert A.M eyers Editor."Encyclopedia of laser and optical technology"TWR,INC.AP (1991)
[3:]:S.jho."Prespectives in optoelectronics",Mc Graw Hill(1996)
[4]:E.J.Restall,B.Rbertson,M.R.Taghizadeh and A.C.Walker, in 3rd IEEE conf. On Holographic system, components and Applications(1991)