MEMS برای کاربردهای جدید بی سیم RF یا مایکروویو (موج بسیار کوتاه)

زهرا السادات سادات زاده[1]

عاطفه آخوندی خضرآبادی[2]

چکیده :

تکنولوژی MEMS اوج کاربردهای مایکروویو می باشد . نیازهای کنونی و آینده سیستم های مایکروویو برای کمترین وزن ، حجم،قدرت مصرفی و هزینه با عملیات افزایش یافته و فرکانس عملیاتی و اجزاء جمع کننده،اجزاء MEMS مایکروویو و معماری سیستم را افزایش می دهد.

این مقاله در دو بخش دیدگاه تکنولوژی MEMS مایکروویو ارائه شده است. بخش اول در مورد بحث در زمینه نیازهای سیستم ، مایکروویو آغاز می گردد و سپس پتانسیل های فعال سازی MEMS در مورد این نیازها را معرفی می شود . درحالت خاص تکنیک های ساختاری MEMS آدرس دهی شده اند و اجزاء اصلی شامل القا کننده ها، طنین اندازها ، دیدها با مقاومت ظاهری و خطوط انتقالی و حتی الگوهای طرح یا CAD می باشند که توصیف شده اند.

کلمات کلیدی:

سیستم میکروالکترومکانیکی (MEMS) ، ماکروویو ، طنین اندازها ، القا کننده ها

---

[1]- الکترونیک/ مقطع کارشناسی/ دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

Email: zsadat2002@yahoo.com

[2] - الکترونیک/ مقطع کارشناسی/ دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

تکنولوژی MEMS برای کاربردهای مایکروویو یا RF

کلمات کلیدی : ماکروویو ، سوئیچ های MEMS ، تکنولوژی RF MEMS

مقدمه :

سیستم های بی سیم کم قدرت و کم وزن ایجاد شده تا هزینه های تولیدی ، اندازه ، وزن و عمر باطری را کاهش دهد . کاربردهای کنونی و آینده در مورد این سیستم های دقیق ، شامل دستگاههای بی سیم برای پیغام دادن ، سرویس های اینترنتی بی سیم برای تجارت های الکترونیکی و اتصالات داده های بی سیم از قبیل بلوتوث[1] می باشد .

برای فعال کردن عملیات گسترده در این سیستمها ،اجزاء بی اثر چیپ خروجی حذف می گردند که افت ناچیز اتصال داخلی و سوئیچ های ایده ال و طنین اندازها در بافت فرآیند ، ساختارهای مسطح را ایجاد می کند که با فرآیندهای IC و MMIC موجود برابر می باشد . در حالی که تکنولوژی RF MEMS به فعال کردن سوئیچ های چیپ ، متصل با قدرت مصرفی ذخیره شده صفر ، قدرت قطع و وصل سطح نانو ژول و ولتاژ عمل کننده ۵ ولت کمک می نماید .

القا کننده های سطح بالا ، خازنها و دیودهای نیمه هادی ، اسیلاتورهای ثابت و فیلترهای فرکانس بالا در دهها مگا هرتز و در چندین رنج فرکانسی گیگا هرتز فعالیت می کنند.

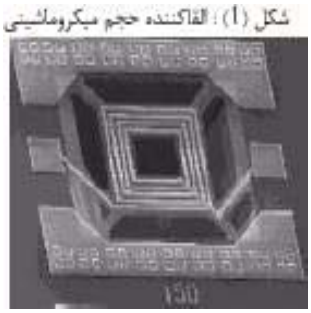
---

[1] - Bluetooth

جذابیت در تکنولوژی MEMS برای کاربردهای بی سیم و RF به علت انعطاف پذیری آن می باشد که می تواند برای غلبه بر محدودیت های دستگاههای RF تولید شده ، مورد استفاده قرار گیرد که اگر طبق فرآیند بالا انجام داده شود ، مدارها با سطوح جدید اجرایی که در غیر این صورت در دسترس نمی باشند را فعال می کند .

در این مقاله ، به بررسی وضعیت تکنولوژی MEMS که شامل دستگاهها ، مدارها ، ساختارها ، کاربردهای سیستم، بسته بندی و نمونه طرح جدیدی که تکنولوژی ایجاد می کند ، پرداخته شده است. . همچنین مثال های کاربردی از قبیل سوییچ ها و طنین انداز ها ارائه شده است .

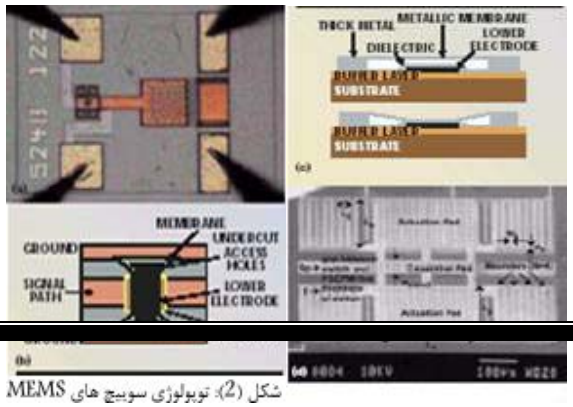
القا کننده های کیفیت پایین میکرو ماشینی


شکل (1) : القاکننده حجم میکروماشینی

حجم میکرو ماشینی برای کاهش دادن القا کننده های مسطح معمولی روی تراشه بکار برده شده است تا بر عامل کیفیت پایین (Q)تاثیر گذارد.

شکل (۱) یک مثال از القا کننده حجم میکرو ماشینی را نشان می دهد که در آن ماده اصلی از اثر مارپیچ حذف شده است .محدوده Q اندازه گیری شده از ۶ تا ۲۸ در فرکانس های ۶ تا ۱۸ گیگا هرتز با مقادیر عایق کننده در حدود ۱۸ هرتز می باشد . بطور مشابه سطح میکرو ماشینی برای به وجود آوردن عایق کننده های مشابه سولونوئید در بالای ماده اصلی مورد استفاده قرار گرفته است.

سوئیچ های MEMS



شکل (2): توپولوژی سوییچ های MEMS

گرایش به مراکز سوئیچ های MEMS برای پتانسیل شان در افت داخلی کم ، عایق سازی بالا و خطی سازی بالا می باشد .کار تحت روشی انجام می گیرد تا قدرت قطع و وصل سریع و عملیات ولتاژ عمل کننده پایین را بدست آورد .

بسیاری از سوئیچ ها بر روی تعدادی از مکانیزم های عمل کننده و توپولوژیها پایه گذاری شده اند و شامل تیر پایه دار، پوسته و شکل آلیاژهای حافظه می باشند که در شکل (۲) نشان داده شده است.

۲

توصیفی از مکانیزم های عمل کننده در ادامه دنبال می شود .

- الکترواستاتیک :

بارهای مثبت یا منفی توسط ولتاژهای بکار برده شده میان اعضای ساختاری مطمئن نیروهای کلوین تنظیم شده اند که حرکت را ایجاد می کنند.

- پیزوالکتریک :

ولتاژهای بکار برده شده بر روی ساختارها ، میدان هایی که ابعادشان را تغییر می دهند را القا می کنند که با تغییر ابعاد فیزیکی برای حرکت ارتباطی استفاده شده اند.

- بی متالیک[1] :

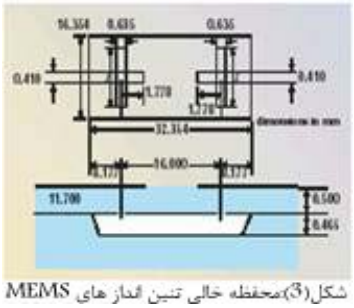
[1] - Bimetallic

موادی که بر روی تخریب های آزمایشی در درجه حرارت های کم می باشند ، هنگامی که حرارت داده می شوند میتوانند به شکل اولیه بازگردند ..در طول این فرآیند ، از تغییر ابعاد فیزیکی برای حرکت ارتباطی استفاده شده است.

زمانی که تعداد مکانیزم های عمل کننده تحت بررسی برای کاربردهای دستگاه MEMS می باشند ، عمل کننده الکترواستاتیکی کامل می شود ممکن است بعلت این واقعیت باشد که سطح میکرو ماشینی ، عموماً تکنولوژی بکار برده شده برای ایجاد الکترواستاتیکی پایه گذاری شده بر روی عمل کننده ها می باشد ، که با فرآیند ساختاری مدار کلی سازگار می باشد .

سوئیچ ها بر طبق نوع تماسی که بکار می برند ، طبقه بندی می شوند . بنابراین سوئیچ های تماس فلز به فلز ، دارای قابلیت مقاومت و ظرفیت متصل شده به سوئیچ هستند که در آن تما ۳ از طریق یک لایه دی ا لکتریک عایق برقرار می گردد .

طنین اندازهای محفظه خالی میکرو ماشین



شکل(3)محفظه خالی تنین انداز های MEMS

نوعی از سطوح اجرایی طنین اندازهای راهنمای موج ماکروسکوپی ممکن است تا در سطح صاف میکروسکوپی توسط تکنیک های میکرو ماشینی مورد استفاده قرار گرفته،بدست آورده شوند. برای مثال ، شکل (۳) ، محفظه خالی طنین اندازهای میکرو ماشینی را برای کاربردهای باند X نشان می دهد که برای انتگرال گیری در فرآیند مایکروویو مسطح، مناسب می باشد . در این حالت نمایشی خاص ، Q بدون بار ۵۰۶ برای محفظه خالی با ابعاد mm ۱۶×۳۲×۰/۴۶۵ بدست آورده شده است که باید ۳/۸٪ کمتر از Q بدون بار بدست آورده شده از محفظه خالی مستطیلی شکل ابعاد شناسایی شده باشد.

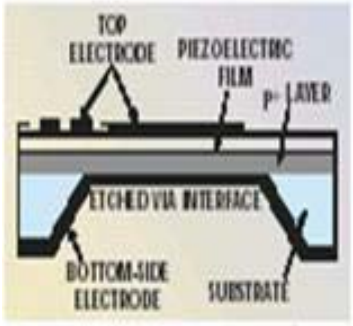
طنین اندازهای میکرو ماشینی

حجم طنین اندازهای میکرو ماشینی ، نشان دهنده این است که قادر به نمایش دادن Q در محدوده ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰ می باشند .طنین اندازهای میکرو ماشینی برای رسیدن به سطح مشابه اجرا در فرایند IC مسطح بکار برده می شوند .

بنابراین دو طرح اصلی نزدیک به تکمیل طنین اندازها وجود دارد که عبارت است از :

طنین انداز تغییر مکان عمودی که در آن شعاع تیر پایه دار در یک برد مشابه نوسانات عمودی در پاسخ به تحریک الکترواستاتیکی و طنین انداز تغییر مکان جانبی قرار داده شده است .

ماکزیمم فرکانس طنین صوت برای این طنین اندازها تا ۲۰۰MHZ گزارش شده است. کاربردهای مورد نیاز فرکانسهای بالاتر، این که تا چند گیگا هرتز در تکنولوژی نیم طنین اندار حجم موج صوتی[1] ظاهر می شوند .یک دستگاه FBAR در شکل(۴) نشان داده شده که شامل لایه ماده پیزوالکتریک می باشد که در بین بالا و پایین الکترودهای فلز ، تنظیم شده است. فرکانس طنین صوت و Q بالای ۱۰۰۰ می باشند و میان ۱/۵ و ۷/۵GHZ است.



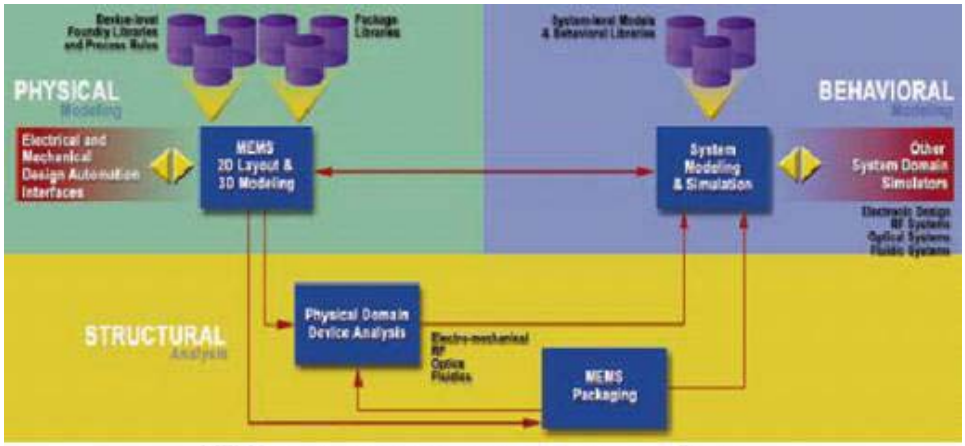
شکل (۴) : دستگاه نیم طنین انداز حجم موج صوتی

۴

ابزارهای طراحی MEMS

[1] - FBAR

در گذشته بسیاری از طراحان RF MEMS به سیکل های طولانی و پر هزینه برای بدست آوردن طرح MEMS وابسته بودند . امروزه ، ابزارهای دقیق تری برای طراحی MEMS در دسترس می باشند که زمان کمتری را در بازار صرف می کنند و دارای هزینه کمتری برای طراحی می باشند . طرح های موفق RF MEMS باید در شمارش طرح ساختار دستگاه ، مدل سازی و شبیه سازی بکار گرفته شوند . روش شناسایی طرح برای کامل کردن گسترش دستگاههای فعال شده



شکل (5) :روش های شناسایی طراحی دستگاه های فعال شده MEMS

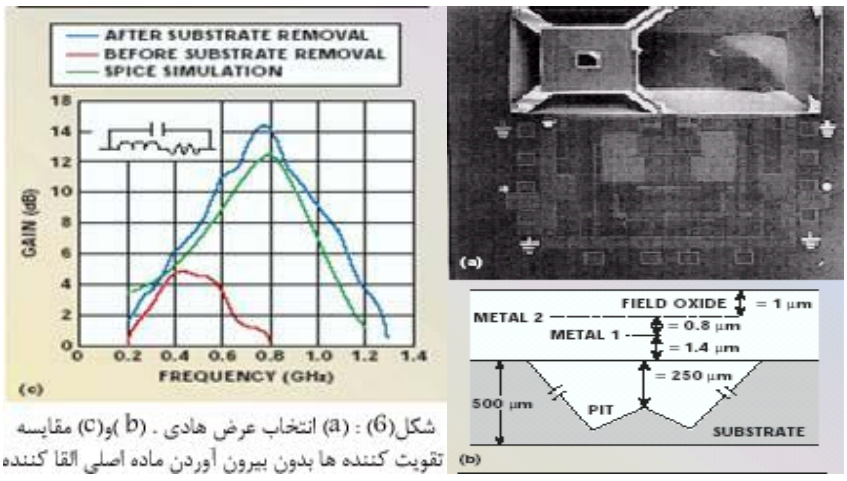
MEMS در شکل (۵) نشان داده شده است.

MEMS ها برای کاربردهای بی سیم RF یا مایکروویو

بدلیل حجم کم ، وزن کم و دقت بالای این سیستم ها ، تولید کنندگان بسمت سیستم های بی سیم قابل حمل ، روی آورده اند این سیستم ها در کاربردهایی از قبیل سیستم های ارتباطی شخصی ، موبایل (PCS) ، شبکه بی سیم ، رادار،LMDS ،MMDS ، آنتن های قابل هدایت و ارتباطات ماهواره ای مورد استفاده قرار گرفته است در این بخش ، مثال های اولیه از MEMS های مدارهای کاربردی ، نشان داده شده اند.

القا کننده MEMS پایه گذاری شده بر روی مدارها

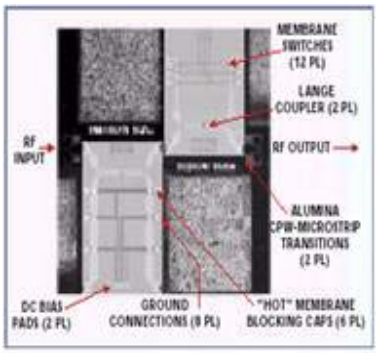
القا کننده ها عناصر کلیدی می باشند که اجرای مدارهای نوسانی را تعیین می کنند و در حالت خاص ، شبکه های تطبیق مقاومت ظاهری ، تقویت کننده ها با نویز کم و نوسان سازهای کنترل شده ولتاژ (VCO) می باشند که به بهبود گین ، افت قدرت یا فاز نویز این مدارها کمک می کنند و اینها به سمت تشکیل دادن MEMS پایه گذاری شده بر روی القا کننده های چیپ ، هدایت می شوند . شکل (۶) مقایسه اجرایی بدست آمده از تقویت کننده ها را نشان می دهد که بدون بیرون آوردن ماده اصلی القا کننده بدست آورده شده است . بهبود تقریبی ۱۲dB در گین و عامل قابلیت



شکل(6) : (a) انتخاب عرض هادی . (b)و(c) مقایسه تقویت کننده ها بدون بیرون آوردن ماده اصلی القا کننده

فرکانسی دو مرکز بالاتر با القا کننده MEMS آشکار می باشد.

سوئیچ MEMS پایه گذاری شده بر روی مدارها



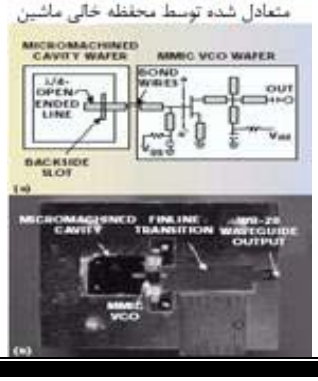
شکل (7) : تغییر دهنده های فاز چهار بیتی باند X

اجرای عالی نمونه سوئیچ های MEMS ، مثلاً افت داخلی و جداسازی تقریباً ۰/۱dB و ۵۰ dB از DC به ۴GHZ ، پتانسیل را برای جایگزینی افت و سوئیچ های نیمه هادی قدرت درچندین کاربرد نشان داده است که شامل سوئیچ های T/R، تغییر دهنده های فاز ، فیلترهای قابل قطع و وصل و آنتن های قابل تنظیم می باشد . در این رابطه ، تغییر دهنده های فاز ۴ بیتی باند X با میانگین افت داخلی فقط ۱/۴dB و افت برگشتی بزرگتر از ۱۱d ، اثبات شده اند که در شکل (۷) نشان داده شده است.

تشدید کننده محفظه خالی ماشین پایه گذاری شده بر روی مدارها

Q تشدید کننده محفظه خالی با حجم آن متناسب می باشد. بنابراین طبیعی است تا به بکارگیری تشدید کننده های محفظه خالی در مدارها و کاربردهای آن از قبیل تکوین یافتن کاربردهای تجاری موج میلی متری توجه بیشتر می شود که سطوح اجرایی و فرکانسی در غیر این صورت نمی توانند باشند .

شکل (8) : اسیلاتور 3.2 MMIC گیگاهرتز متعادل شده توسط محفظه خالی ماشین



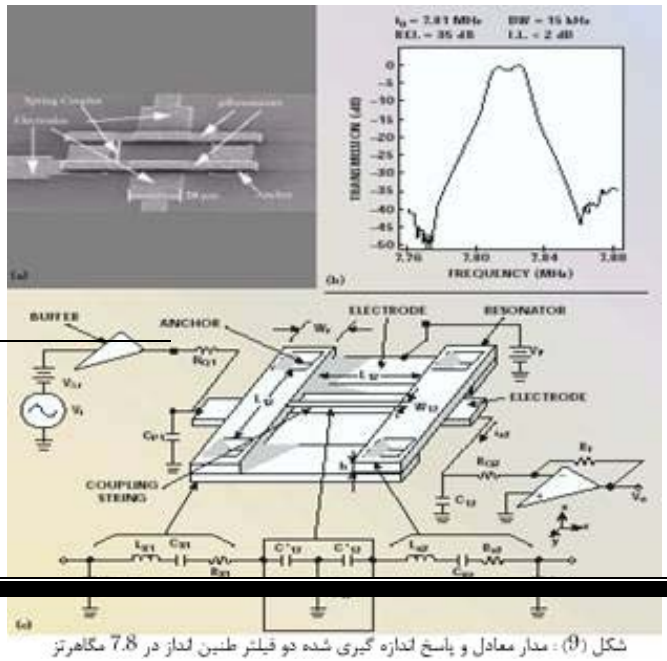
این مدارها شامل نوسان سازها [1] ، VCOها و فیلترها می باشند .

شکل ۸ اسیلاتور MMIC ، ۳,۲ گیگاهرتز متعادل شده توسط محفظه خالی ماشین نشان می دهد.

تشدید کننده ماشینی پایه گذاری شده بر روی مدارها

در فرکانس های پایین ، تشدیدکننده های محفظه خالی بعلت ابعاد بسیارگسترده آن ، غیر عملی بوده در حالی که بعلت فرکانس طنین صوت ، بسیار جذاب می باشد .

در نتیجه تلاش قابل توجه ای توسط Nguyen برای توسعه تشدیدکننده های MEMS با استفاده از فیلترها بصورت وسیله ۷ های نشان داده شده،ادامه یافته است .اخیراً ظرفیت های فرکانسی تشدیدکننده ،زیرGHZ۱ میباشند وQ تحت شرایط روش خلا ۹۴۰۰ اندازه گیری شده است .طرح نشدیدکننده MEMS بر روی فیلترها در حوزه الکتریکی در طول خط های معمولی ادامه یافته به غیر از شباهت های الکترومکانیکی ایجاد شده که مورد استفاده قرار گرفته اند از مدل نمونه الکتریکی به ساختار مکانیکی واقعی عبور میکند . بنابراین فیلترها در فرکانسهای کمتر از چند کیلو هرتز تا چند مگا هرتز عمل می کنند (شکل ۹).شکل فوق مدار معادل و پاسخ اندازه گیری شده دو فیلتر طنین انداز که در MHZ ۷/۸ عمل می کنند را نشان می دهد.



شکل (9) : مدار معادل و پاسخ اندازه گیری شده دو فیلتر طنین انداز در 7.8 مگاهرتز

[1]- Oscillator

نتیجه گیری و جمع بندی

فرصت های تولیداتی جدید و قابلیت های سیستم جدید،توسط توسعه تکنولوژی MEMS توزیع شده با هزینه کم فعال شده اند . موضع گیری و نظارت توزیع شده و کنترل در گذشته توسط نیازهای نصب پیچیده و احتیاجات شبکه ارتباطی به تاخیر انداخته شده اند.سنسورهای توزیع شده به سطح مشترک کابل احتیاج دارند و بنابراین تغییرات ساختارها و تجهیزات نصب آنها ، گسترده می باشد .

کاربردهای MEMS توزیع شده توسط تکنولوژی جدید ، میکرو سنسورهای تکمیل شده بی سیم با قدرت کم (LWIM) گسترش یافته اند .شبکه میکرو سنسور بی سیم ممکن است به سرعت و بدون تغییرات ساختارهای بزرگ و سیستم ها توزیع گردد انتقال دهنده های ارتباطی یکپارچه برای کاربردهای ارتباطی بی سیم امروزی توصیف شده است.بنابراین ، طرح های RF جاری به اجزاء چیپ خاموش برای اجرای بلوک های ساختمانی کلیدی از قبیل اسیلاتورهای کنترل شده ولتاژ RF نویز فاز پایین،وابسته می باشد.در اغلب سیستم ها،اسیلاتورها،دیودهای نیمه هادی و القا کننده های مجزا برای فرکانس قابل تنظیم بکار می رود . این دستگاههای چیپ خاموش به پردازش و موادی که از ساختار IC متفاوت می باشند ، وابسته است .

بنابراین سیستم ها یMEMS برای کامل سازی یکپارچه ، افزایش هزینه ، اندازه و بسته بندی نسبت به IC مناسب تر می باشد.

در انتقال دهنده ها قدرت الکترواستاتیکی استفاده شده است تا فاصله هوای خازن قابل تنظیم را کنترل کند ، بسیاری از این قبیل دستگاهها در حالت موازی متصل شده اند تا مقدار ظرفیت را برای نیازهای RF VCO بدست آورند.

مزایای استفاده از حجم میکرو ماشینی برای جلوگیری از هر ظرفیت پارازیت میان صفحه خازن و ماده اصلی سیلیکان می باشد که می تواند بر مقدار واقعی خازن قابل تنظیم تاثیر گذارد.نتایج سازگار نشان داده شده اند تا اجرای خازن MEMS موقعی که در مدار RF VCO استفاده شده را نشان دهد .

مراجع :

1-G.Y.Chen, T.Thundat, E.A.Wachter, and R.J.Warmack,"Adsorptio-induced surface stress and its effect on resonance frequency of micro cantile ١ Journal of Applied Physics, vol.77, pp.3618-3622, 1995

2 - T. Thunder, R. J. War Mack, G.Y .Chen, and D. P. Allison, "Thermal and ambient-induced deflections of scanning force microscope cantilevers," Applied Physics Letters, vol. 64, pp. 2894, 1994.

3 – J. Rabaey, J. Amour, T. Karalla, S.Li, B.Otis, M.Sheets, T.Tuan, PicoRadis for Wireless sensor Networks: The Next Challenge in Ultra-Low Power Design , IEEE ISSCC, pp. 200-1 , Feb 2002 .

4 –B. ircumshaw ET. Al, The Radial Bulk Annular Resonator: To wares a 50 Ohm RF MEMS Filter, Tech. 12th Int. Conf. on Solid State Sensor, Actuators and Microsystems, Boston, PP. 875-878 , June 8-12, 2003.

5 –Aluru, N. R. (1999). A Reproducing Kernel Particle Method for Mesh less Analysis of Microelectromechanical Systems. Computational Mechanics, Vol. 23, pp. 324 – 338.

6-Attoh-Okine, N.O. (2001).Potential Applications of Microelectromechanical Systems (MEMS) in the Management of Infrastructure Assets. Fifth International Conference on Managing Pavements, Seattle, Wash.

7- Huff, M. (2002). MEMS Fabrication. Sensor Review, Vol. 22, No. 1, pp. 18 -33.

8 – Mensah, S., and Attoh-Okine, N. O. (2003). Civil Infrastructure Monitoring Using Microelectromechanical Systems (MEMS): A Case Study of Concrete Micro cracking. Presented at the 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

9 – Nagel, D.J. and Zaghloul, M. E. (2001). MEMS: Micro Technology Mega Impact. Circuit and Devices, pp. 14 25.

10 – Obadat, M., Hosin, L., Bhatti, M. A., and Mclean, B. (2003). Full Scale Field Evaluation on MEMS Based Bi-axial Transducer. Presented at the 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

11 – Ohns, R. R., and Aluru, N. R. (2001).Mesh less Analysis of Piezoelectric Devices .Computation Research Board, Washington, D.C.