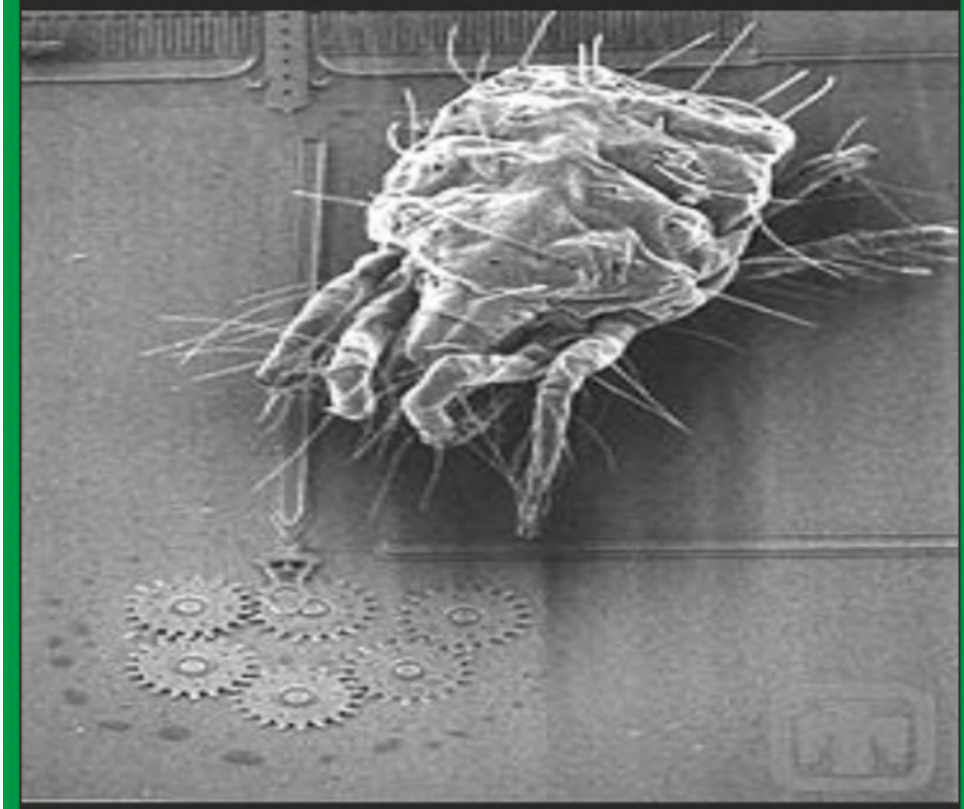
MEMS

ریز فناوری ها بر گرفته از اعصاب مغز انسان



نویسنده : دکتر افشین رشید

درباره نویسنده

نویسنده : افشین رشید

سطح علمی نویسنده : دکترای نانو _ میکرو الکترونیک

تارنما : www.electronic-tarfand.blog.ir

پست الکترونیک : afshinrashid342@gmail.com

تعداد صفحات کتاب : ۵۰صفحه

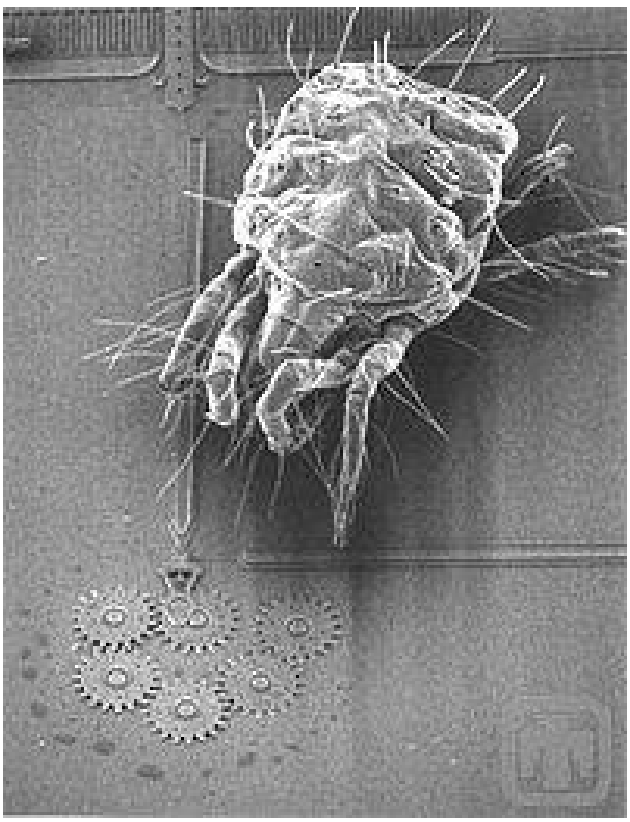
به نام خدا

پیشگفتار از نویسنده کتاب :

در ستایش علم الکترونیک همین بس که کاربردی ترین علوم در جوامع میباشد . و از یاد نبریم نانو _میکرو الکترونیک برترین گرایش علوم الکترونیک و کلید دستیابی به یک فناوری برتر در نیمه ی سَده پیش رو میباشد. شاید باور کردنی نباشد اما تغییر در حجم و بازطراحی مدار ه‌ای الکترونیکی و مخابراتی بر پایه علوم نانو الکترونیک میتواند تا چنویسندر کارایی و قدرت این عناصر الکترونیکی افزایش دهد . و دست با تر در صنایع دریایی ؛ نظامی ؛ پزشکی ؛ الکترونیکی ؛ مخابراتی _ارتباطی ؛ به ارمغان آورد .

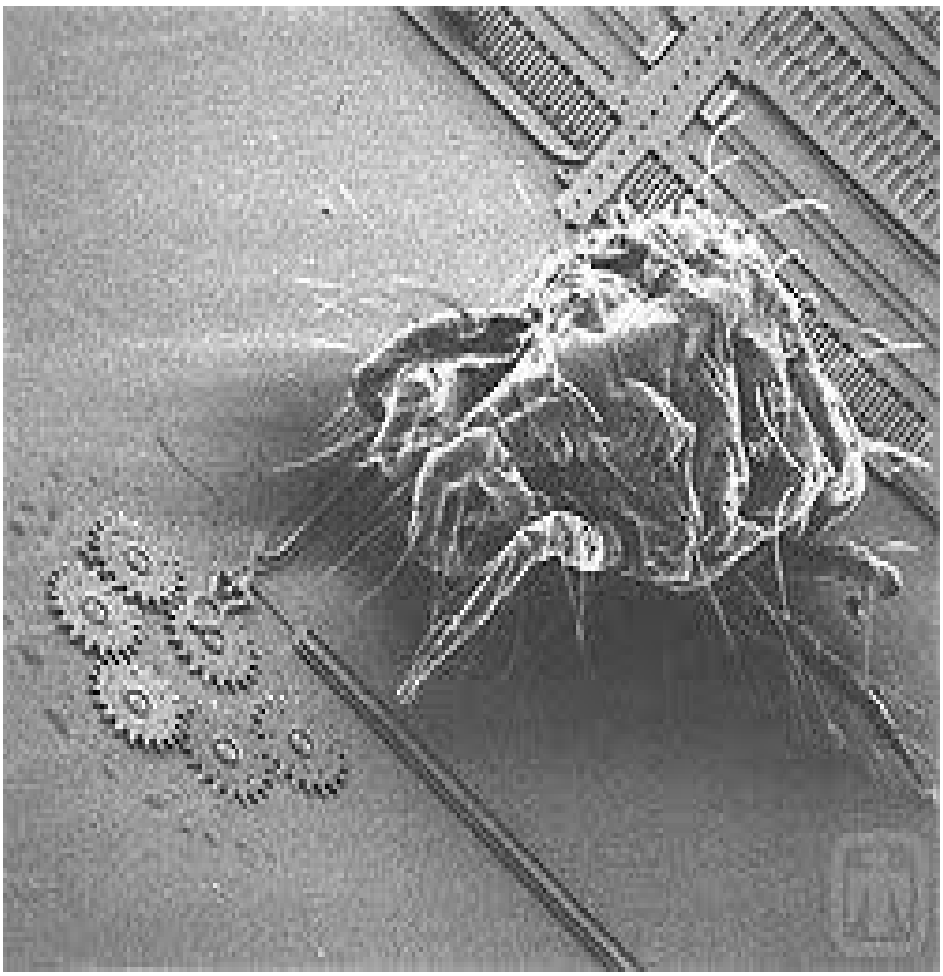
(دکتر افشین رشید)

فناوری سیستم ریز فناوری ها (میکرو چیپ) برگرفته از اعصاب مغز انسان فناوری فوق پیشرفته MEMS



در واقع « MEMS » ، « ریزفناوری ها » یا سیستم های میکرو الکترو مکانیکی در واقع تلفیقی از اجزای مکانیکی ، حس گر ها ، بازو های مکانیکی و اجرای الکترونیکی هستند که بر روی یه ای از ماده استرات‌ژیک « سیلیکون » قرار دارند.این ساختار مکانیکی بسیار کوچک در ابعاد « میکرون » بر پایه تکنولوژی « تراشه های الکترونیکی » استوار است.امروز در کشور های پیشرفته جهان ، توسعه تلفیقی سیستم های مکانیکی و الکترونیکی در ابعاد بسیار کوچک مورد نظر است ، زیرا این بخش مهم علمی موجب افزایش

سرعت و کم حجم شدن ابعاد صنایع در بخش صنعت خواهد شد. فناوری « MEMS » یا فناوری سیستم های میکرو الکترو مکانیکی ، در صنایع مختلف و اثرگذار جهان از جمله صنایع خودرو سازی ، موشکی ، تراشه ها و نظامی کاربرد بسیار زیادی دارند.امروزه لزوم توسعه این فناوری باعث شده است تا بسیاری از کشور های جهان برای توسعه این فناوری و تولید محصول اقداماتی انجام و در این راستا سرمایه گذاری هایی صورت دهند. امروزه تولیدات بسیاری در زمینه صنایع خودرو سازی و محصو ت الکترونیکی « ریزفناورانه » دارند.در حالی که بر اساس آمار های ارائه شده نیاز به « MEMS » روز به روز در حال گسترش است ، ضمن این که نکته قابل تأمل دخالت تنها چند کشور در صادرات محصو ت این فناوری است.از دیگر موارد برجسته در این موضوع نیاز روز افزون به این فناوری با توجه به این مسأله که بشر دریافته است باید نیاز های خود را بدون ایجاد آلودگی و اشغال فضای بیهوده توأم با سرعت بیشتر برطرف کند.به طور کلی مطالعه و ارزیابی عملکرد برای توسعه تولید و تجاری سازی محصو ت بر پایه ریزفناورانه می تواند الگویی مفیدی برای شکل دهی یک مدل توسعه در کشور ما باشد ، زیرا تجارت پر سود این فناوری و آینده صنعتی دنیا و ارتباط آن با این فناوری کتمان ناپذیر است ؛ ضمن این که برطرف کردن نیاز های اصلی صنعتی کشور در گرو توسعه این فناوری است.



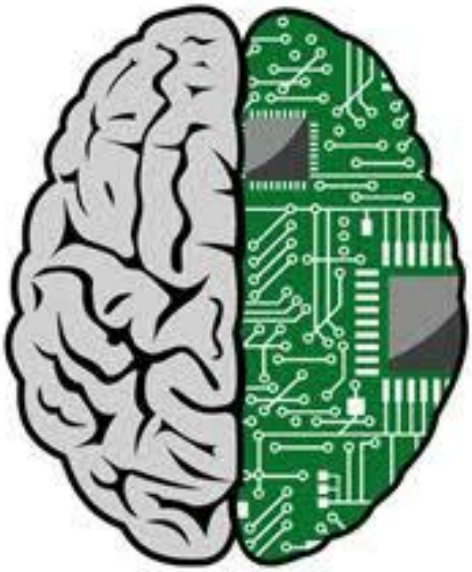
خصوصیات فناوری MEMS

در حالی که قطعات الکترونیکی با استفاده از روال ساخت مدار مجتمع (IC) ساخته می‌شوند (همانند فرآیندهای Bipolar ، CMOS و یا BICMOS)، عناصر میکروماشینها از طریق فرآیندهای ماشین کاری میکرونی (Micromachining) تولید می‌شوند به این ترتیب که بر حسب مورد، قسمتهایی از ویفر (Waf ER) برداشته‌شده یا یه‌های جدیدی به آن اضافه می‌شود MEMS. با تلفیق میکروالکترونیک سیلیکونی با فناوری ماشین کاری میکرونی، نوید تحول را در تقریبا"

هرنوع محصولی می‌دهد تا به این ترتیب به "نظام روی یک تراشه" جامهٔ عمل بپوشاند. MEMS فناوری واقعاً توانایی است که با درک و کنترل قابلیتهای "میکروسنسورها" و "میکرو محرکها" و به همراه آوردن توانایی محاسبات دستگاههای میکروالکترونیکی, موجب پیشرفت در تولیدات هوشمند می‌شود. MEMS همچنین فناوری بسیار گسترده و مستعدی است، چه در کاربرد و چه در نحوهٔ ساخت و طراحی ابزارها.

فناوری MEMS امکان تلفیق میکروالکترونیک را با درک فعال و اعمال کنترلی فراهم کرده، فضای طراحی و کاربرد را بسط می‌دهد.فناوری MEMS یا فناوری سیستم‌های میکروالکترومکانیکی ، حاصل تلفیق اجزای مکانیکی، حسگرها، محرکها و قطعات الکترونیکی بر روی یک یه سیلیکون به کمک فناوری ساخت تراشه‌های میکرونی است، مدارهای پیوسته میکروالکترونیکی (IC) می‌توانند بعنوان مغز متفکر سیستمها باشند و MEMS با اضافه‌کردن "چشم" و "بازو" ، این قدرت تفکر را توسعه می‌دهد تا این میکروسیستمها بتوانند محیط اطرافشان را حس کرده و کنترل نمایند. ای‌ن حسگرها در ساده‌ترین حالت خود با کمک اندازه‌گیری پدیده‌های مکانیکی، گرمایی، زیستی، شیمیایی، نوری و مغناطیسی، اط عات را از محیط جمع‌آوری می‌کنند. پس از اخذ اط عات از

حس‌کننده‌ها, دستگاههای الکترومکانیکی به کمک قدرت تصمیم‌گیری خود، محرکها را به پاسخ‌هایی چون : حرکت، جابجایی، تنظیم‌کردن، پمپ‌کردن و فیلترکردن وادار کرده, محیط را به سمت نتایج موردنظر هدایت می‌کنند. از آنجا که دستگاههای MEMS همانند ICها با تکنیکهای ساخت ناپیوسته ساخته می‌شوند، می‌توان سطح بسیار با یی از کارکرد، اطمینان و پیچیدگی را با هزینه اندک بر روی تراشهٔ کوچک سیلیکونی شکل داد.



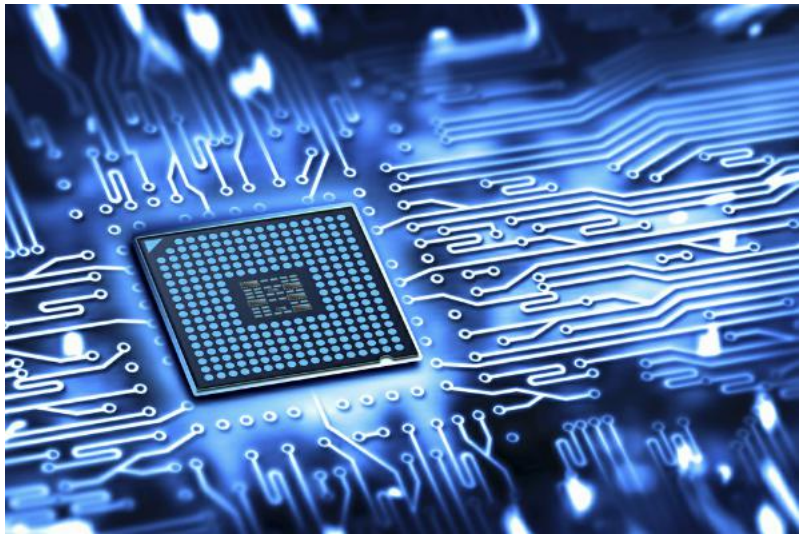
کاربرد فناوری MEMS

فناوری MEMS توانایی کشفیات جدیدی را در علوم و مهندسی دارد، مثل: *میکروسیستمهای واکنشهای زنجیره‌ای پلیمراز (PCR) برای تقویت و شناسایی DNA*میکروسکپهای تونل‌زنی پیمایشگر (STM) که با فرآیندهای ماشینکاری میکرونی ساخته شده‌اند

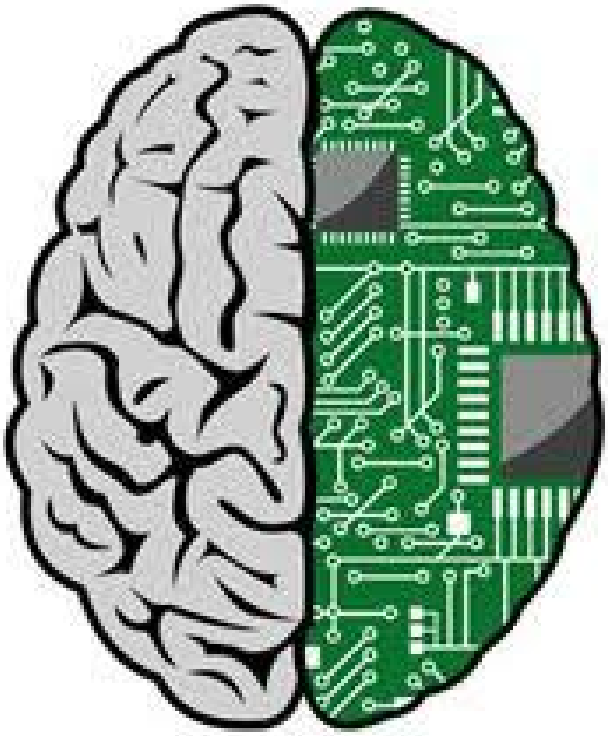
*تراشه‌های زیستی شناساگر عوامل خطرناک شیمیایی و بیولوژیکی

* فناوری جهشی میکروسیستمها جهت غربال و انتخاب سریع دارو

ابزارهای MEMS در بازارهای مختلف صنعتی, تعیین کننده کیفیت محصو ت شده و پیش‌بینی می‌شود که این فناوری سا نه 50% رشد داشته باشد.



اگر چه وسایل MEMS خیلی کوچک اند (مثلا" MEMS دارای موتورهای الکتریکی کوچکتر از قطر موی انسان است) ولی اهمیت فناوری MEMS فقط به اندازهٔ آنها مربوط نمی‌شود. ع وه بر این، MEMS فقط به پایه سیلیکونی محدود نمی‌شود، هرچند سیلیکون به دلیل داشتن خواص عالی به یک انتخاب جالب توجه برای مصارف مکانیکی با کیفیت با تبدیل شده است. (مثلا" نسبت استحکام به وزن برای سیلیکون از خیلی از مواد مهندسی دیگر با تر است، که ساخت وسایل مکانیکی با پهنای باند وسیع (band width) را ممکن می‌سازد). در عوض، MEMS فناوری تولیدی است که راه جدیدی برای ایجاد سیستمهای الکترومکانیکی ارائه می‌دهد با تکنیکهای تولید ناپیوسته ارائه می‌دهد، مانند روش تولید مدارهای مجتمع که باعث تولید عناصر الکترومکانیکی در کنار قطعات الکترونیکی می‌شود.



مزایای فناوری MEMS

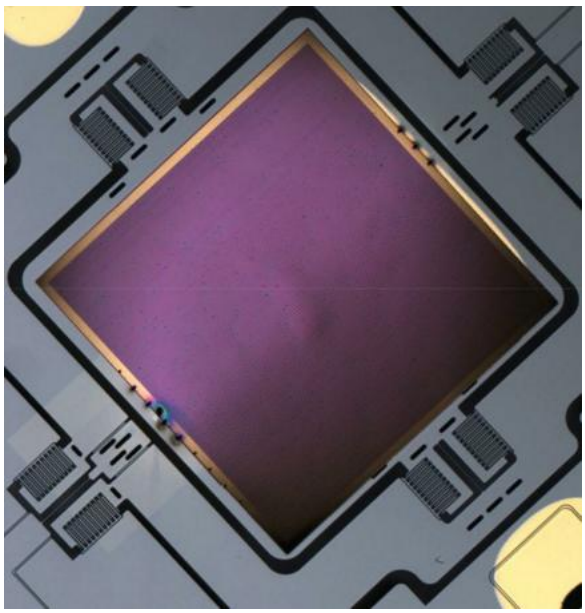
فناوری MEMS مزایای متعددی دارد: اول اینکه MEMS فناوری گسترده‌ای است که بالفعل می‌تواند تأثیر مهمی بر انواع تولیدات تجاری و نظامی بگذارد. هم‌اکنون MEMS در هر چیزی، از نمایش فشار خون گرفته تا سیستمهای تعلیق فعال خودروها active suspension (systems)مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا ماهیت فناوری MEMS و کاربردهای متعددش، آن را از فناوریهای مرسوم حتی مدارهای مجتمع و ریزتراشه‌ها فراگیر تر نموده است.

دوم اینکه MEMS فاصلة بین سیستم‌های مکانیکی پیچیده و مدارهای مجتمع الکترونیکی را پر می‌کند. حس‌کننده‌ها و محرکها عموماً گران قیمت‌اند، به ء وه سیستم "الکترونیکی، محرکها و حس‌کننده‌ها" در ابعاد بزرگ قابل اعتماد نیستند. فناوری MEMS امکان ساخت سیستمهای میکروالکترومکانیکی را با استفاده از تکنیکهای ساخت ناپیوسته فراهم کرده موجب برابری قیمت و اعتبار حس‌کننده‌ها و محرکها با مدارهای مجتمع می‌شود. جالب اینکه، انتظار می‌رود کارآیی دستگاهها و ابزارهای MEMS با تر از عناصر و سیستمهای مقیاس ماکرو و قیمت آن خیلی پایین تر از آنها باشد.به عنوان یک نمونة جدید از فواید فناوری MEMS می‌توان به شتاب‌سنجهای MEMS اشاره کرد، که به سرعت جایگزین سرعت‌سنجهای مربوط به سیستمهای کیسة هوا در اتومبیل می‌شود. در روش مرسوم از چندین شتاب‌سنج حجیم شامل اجزای مختلف در جلوی خودرو استفاده می‌شود که قطعات الکترونیکی سیستم در نزدیکی کیسة هوا قرار دارند و قیمت مجموعه بالغ بر 50 د ر است. فناوری گسترده‌ای است که بالفعل می‌تواند تأثیر مهمی بر انواع تولیدات تجاری و نظامی بگذارد

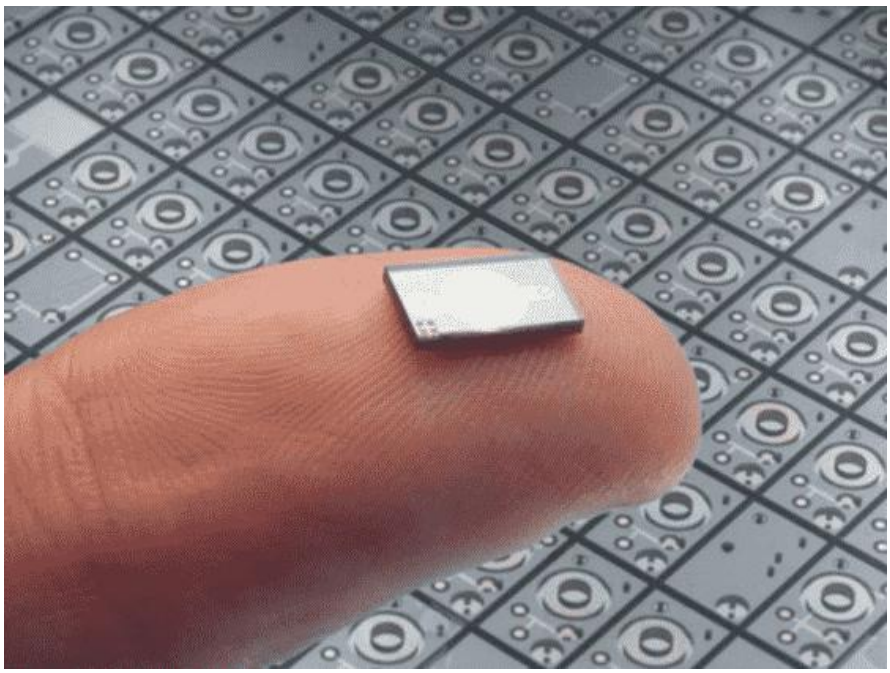
این امکان را فراهم کرده تا شتاب‌سنج و وسایل الکترونیکی MEMS با هزینه‌ای بسیار کمتر در یک ریزتراشة سیلیکونی تلفیق شوند. شتاب‌سنج MEMS خیلی کوچکتر، کارآمدتر، سبکتر و قابل اعتمادتر بوده و قیمتی بسیار کمتر از شتاب‌سنجهای مرسوم دارد. لذا انتظار می‌رود ظرف چند سال آینده این شتاب‌سنجها جایگزین دستگاههای

مشابه در کلیه خودروهای خارجی و داخلی گردند.بهای اندک عناصر شتاب‌سنج MEMS ، اجازهٔ ساخت کیسهٔ هوا برای حفاظت مسافرین در مقابل ضربات کناری را می‌دهد. ادامهٔ پیشرفت در فناوری شتاب‌سنج MEMS در 5 سال آینده، امکان می‌دهد تا حس‌کننده‌ها, اندازه و وزن یک مسافر را تعیین کرده پاسخ بهینه را محاسبه کنند تا صدمات احتمالی ناشی از کیسه هوا کاهش یابد.

فناوری است که در ، MEMS سیستم های میکرو الکترو مکانیکی یا عمومی ترین شکل خود می تواند به عنوان عناصر مکانیکی و (الکترو مکانیکی کوچک سازی شده (یعنی دستگاه ها و سازه ها تعریف شود که با استفاده از تکنیک های ساخت میکرو ساخته می می تواند از زیر MEMS شوند. ابعاد بحرانی فیزیکی دستگاه های یک میکرون در انتهای پایین طیف ابعادی متفاوت باشد ، تا چند می توانند از MEMS میلی متر. به همین ترتیب ، انواع دستگاه های ساختارهای نسبتاً ساده و فاقد عناصر متحرک ، گرفته تا سیستم های الکترومکانیکی بسیار پیچیده و دارای چندین عنصر متحرک تحت کنترل میکروالکترونیک یکپارچه باشند. یکی از معیارهای اصلی این است که حداقل برخی از عناصر دارای نوعی عملکرد MEMS مکانیکی هستند که این عناصر قادر به حرکت هستند یا خیر. اصط استفاده می شود در مناطق مختلف MEMS حی که برای تعریف می MEMS جهان متفاوت است. در ایا ت متحده عمدتا به آنها Microsystems" گویند ، در حالی که در بعضی دیگر از نقاط جهان یا "دستگاه های ریز ماشین" نامیده می شوند "Technology.



، ساختارهای کوچک سازی شده MEMS در حالی که عناصر عملکردی سنسورها ، محرک ها و ریز الکترونیک هستند ، اما شاخص ترین (و شاید جالب ترین) عناصر ریز حسگرها و ریز محرک ها هستند. ریز حسگرها و میکرو محرک ها به طور مناسب به عنوان "مبدل" دسته بندی می شوند ، که به عنوان دستگاههایی تعریف می شوند که انرژی را از یک فرم به شکل دیگر تبدیل می کنند. در مورد میکرو سنسورها ، دستگاه معمو ً یک سیگنال مکانیکی اندازه گیری شده را به یک سیگنال الکتریکی تبدیل می کند.

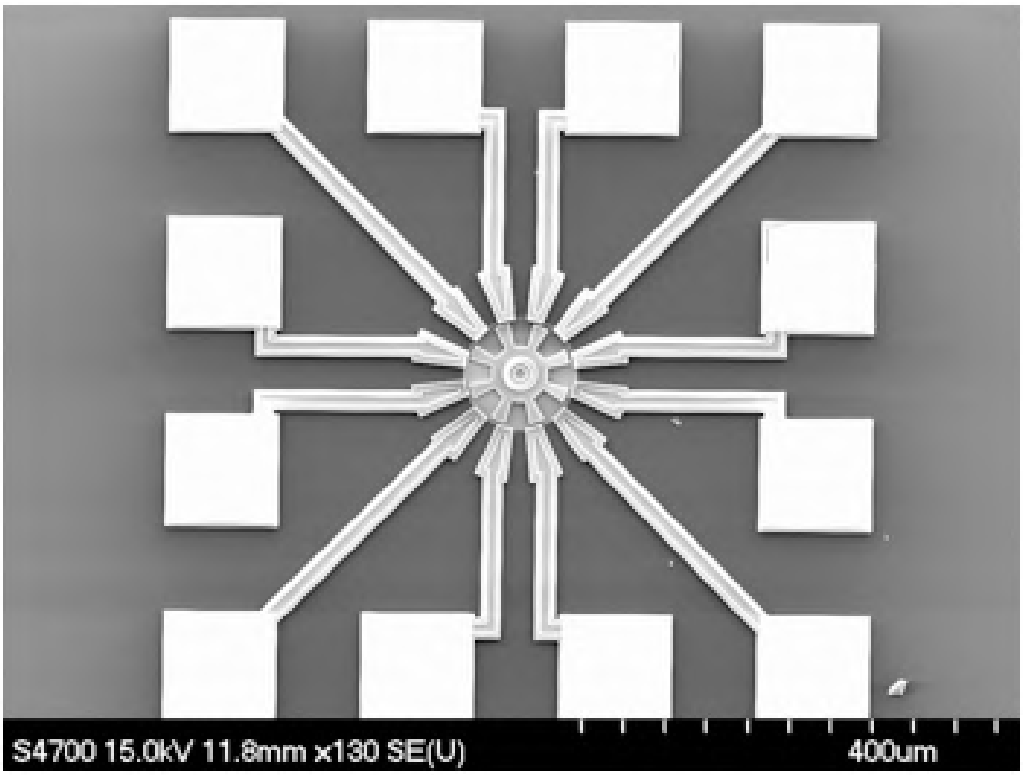


تعداد بسیار MEMS طی چند دهه گذشته محققان و توسعه دهندگان زیادی میکرو سنسور را تقریباً برای هر حالت سنجش ممکن از جمله دما ، فشار ، نیروهای اینرسی ، گونه های شیمیایی ، میدان های ، مغناطیسی ، تابش و غیره نشان داده اند. قابل توجه است

بسیاری از این سنسورهای ماشین خرد عملکردهایی که بیش از همتایان ک ن خود هستند. به عنوان مثال ، نسخه میکروماشین شده به عنوان مثال ، یک مبدل فشار ، معمو ً از سنسور فشار ساخته ، شده با استفاده از دقیق ترین تکنیک های ماشینکاری در سطح MEMS مقیاس بهتر عمل می کند. نه تنها عملکرد دستگاههای استثنایی است ، بلکه روش تولید آنها از همان روشهای ساخت دسته ای استفاده شده در صنعت مدار مجتمع استفاده می کند - که می تواند به هزینه های پایین تولید هر دستگاه تبدیل شود ، و همچنین بسیاری از مزایای دیگر. در نتیجه ، نه تنها می توان به عملکرد دستگاه ستاره ای دست یافت ، بلکه می توان آن را در سطح نسبتاً کم هزینه انجام داد. جای تعجب نیست که ریز حسگرهای گسسته مبتنی بر سیلیکون به سرعت مورد بهره برداری تجاری قرار گرفتند و بازار این دستگاه ها با سرعت زیادی به رشد خود ادامه می دهند.

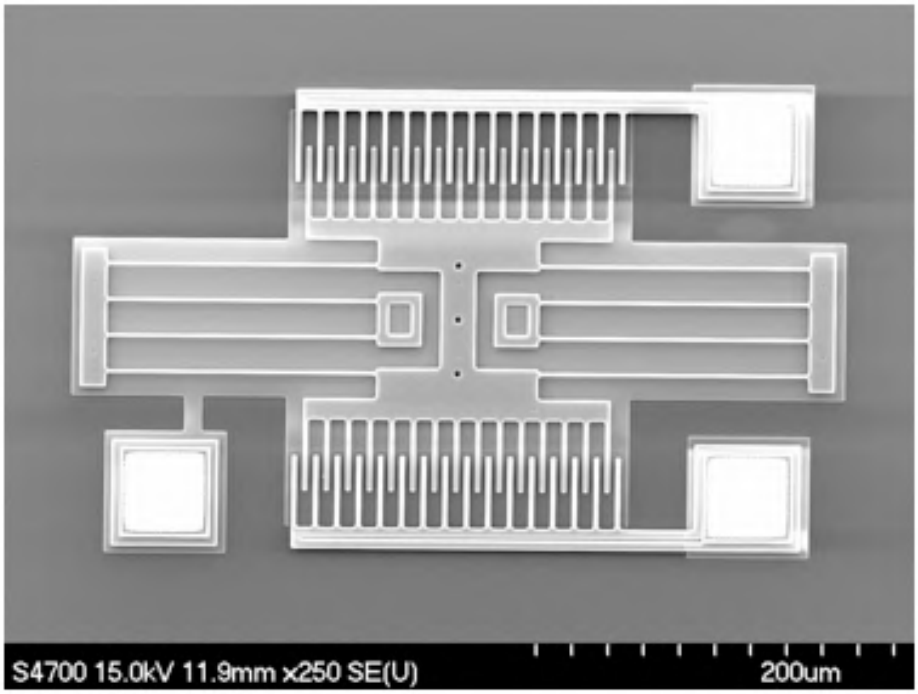
تعدادی میکرو محرک را MEMS اخیراً ، جامعه تحقیق و توسعه نشان داده است از جمله: شیرهای میکرو برای کنترل جریان گاز و مایع. سوئیچ ها و آینه های نوری برای هدایت یا تعدیل پرتوهای نور ؛ آرایه های میکرو آینه برای نمایشگرها ، میکرورساناتورها برای تعدادی از برنامه های مختلف ، میکرو پمپ ها برای ایجاد فشارهای مایع مثبت ، میکرو فلپ ها برای تعدیل جریان های هوایی روی ورق های هوا ، و همچنین بسیاری دیگر ، به طور مستقل کنترل می شوند. با کمال تعجب ، حتی اگر این ریز محرک ها بسیار

کوچک باشند ، اما اغلب می توانند در سطح ک ن اثراتی ایجاد کنند. یعنی این محرکهای کوچک می توانند عملکردهای مکانیکی بسیار بزرگتر از اندازه خود را انجام دهند.



وقتی این سنسورها ، محرک ها و سازه های کوچک سازی شده می توانند در یک یه مشترک سیلیکون همراه با مدارهای مجتمع (یعنی میکروالکترونیک) ادغام شوند ، پتانسیل واقعی MEMS شروع به تحقق می کند. در حالی که وسایل الکترونیکی با استفاده از توالی های فرآیند مدار مجتمع (IC) ساخته می شوند (به عنوان مثال ، فرآیندهای CMOS ، دو قطبی یا BICMOS) ، اجزای میکرو مکانیکی

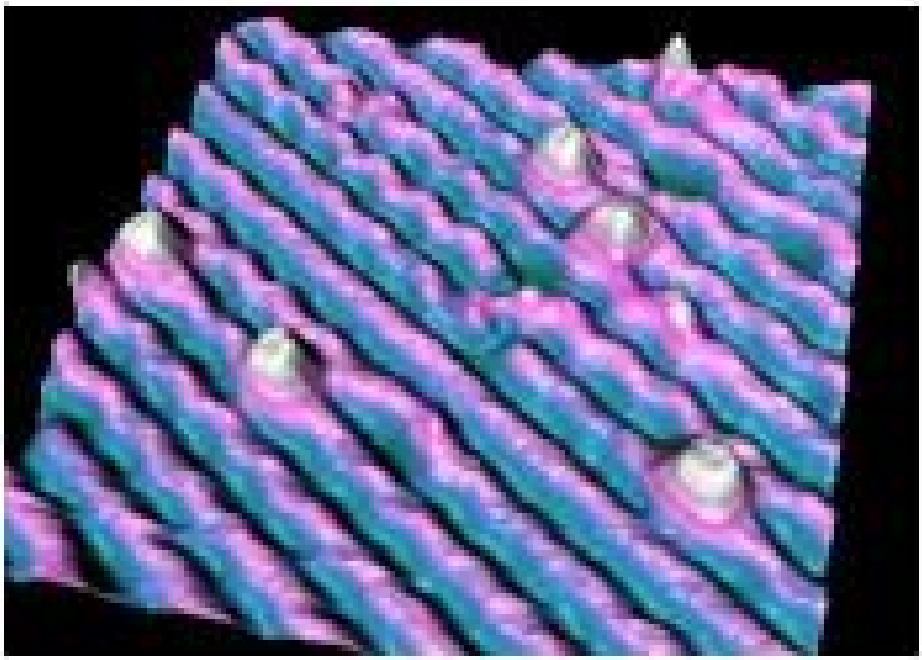
با استفاده از فرایندهای سازگار "ریز ماشین سازی" ساخته می شوند که به طور انتخابی قسمت های ویفر سیلیکون را از بین می برند یا یه های ساختاری جدید اضافه می کنند برای تشکیل دستگاه های مکانیکی و الکترومکانیکی. حتی جالب تر است اگر MEMS نه تنها با میکروالکترونیک ، بلکه با سایر فناوری ها مانند فوتونیک ، فناوری نانو و غیره ادغام شود. این گاهی اوقات "ادغام ناهمگن" نامیده می شود. به وضوح،



در حالی که سطح پیچیده تر یکپارچه سازی روند آینده فناوری MEMS است ، مدرن ترین حالت مدرن است و معمو ً شامل یک میکرو حسگر گسسته ، یک میکرو محرک مجزا ، یک میکرو سنسور

مجتمع با الکترونیک است ، که ریز سنسورهای یکسان با الکترونیک ، یک میکرو محرک مجتمع با الکترونیک یا تعداد زیادی میکرو محرک یکسان با الکترونیک. با این وجود ، با پیشرفت روشهای ساخت MEMS ، نوید یک آزادی طراحی عظیم است که در آن هر نوع میکرو حسگر و هر نوع میکرو محرک را می توان با میکروالکترونیک و همچنین فوتونیک ، فناوری نانو و غیره بر روی یک بستر واحد ادغام کرد.انتظار می رود این دیدگاه MEMS که میکرو حسگرها ، ریز محرک ها و میکروالکترونیک و سایر فن آوری ها را می توانند در یک ریز تراشه واحد ادغام شوند ، یکی از مهمترین پیشرفتهای فناوری آینده خواهد بود. این امر با تقویت توانایی محاسباتی ریز الکترونیک با درک و کنترل قابلیت های ریز حسگرها و ریز محرک ها ، توسعه محصو ت هوشمند را امکان پذیر می کند. می توان مدارهای مجتمع میکروالکترونیک را "مغز" یک سیستم دانست و MEMS این قابلیت تصمیم گیری را با "چشم" و " بازو" تقویت می کند ، به سیستم های ریز اجازه می دهد تا محیط را درک و کنترل کنند. سنسورها از طریق اندازه گیری پدیده های مکانیکی ، حرارتی ، بیولوژیکی ، شیمیایی ، نوری و مغناطیسی اط عات را از محیط جمع می کنند. سپس الکترونیک اطلاعات مشتق شده از سنسورها را پردازش می کند و از طریق برخی قابلیت های تصمیم گیری ، محرک ها را به حرکت با حرکت ، موقعیت یابی ، تنظیم ، پمپاژ و فیلتر کردن سوق می دهد و بدین ترتیب محیط را برای نتیجه یا هدف دلخواه کنترل می کند. بع وه ، از آنجا که

دستگاههای MEMS با استفاده از تکنیکهای ساخت دسته ای ، مشابه IC تولید می شوند ، سطح بی سابقه عملکرد ، قابلیت اطمینان و پیچیدگی را می توان با هزینه نسبتاً کم روی تراشه سیلیکون کوچک قرار داد. فناوری MEMS ، هم در زمینه های مورد انتظار برای کاربرد و هم در نحوه طراحی و ساخت دستگاه ها ، بسیار متنوع و بارور است. در حال حاضر ، MEMS با تحقق بخشیدن به سیستم های کامل روی تراشه ، در بسیاری از دسته های محصو ت انق بی ایجاد کرده است.



فناوری نانو توانایی دستکاری ماده در سطح اتمی یا مولکولی برای ساختن چیزی مفید در مقیاس نانو بعدی است. اساساً دو رویکرد در اجرا وجود دارد: با به پایین و پایین به بالا. در رویکرد از با به پایین ، دستگاه ها و ساختارها با استفاده از بسیاری از تکنیک های

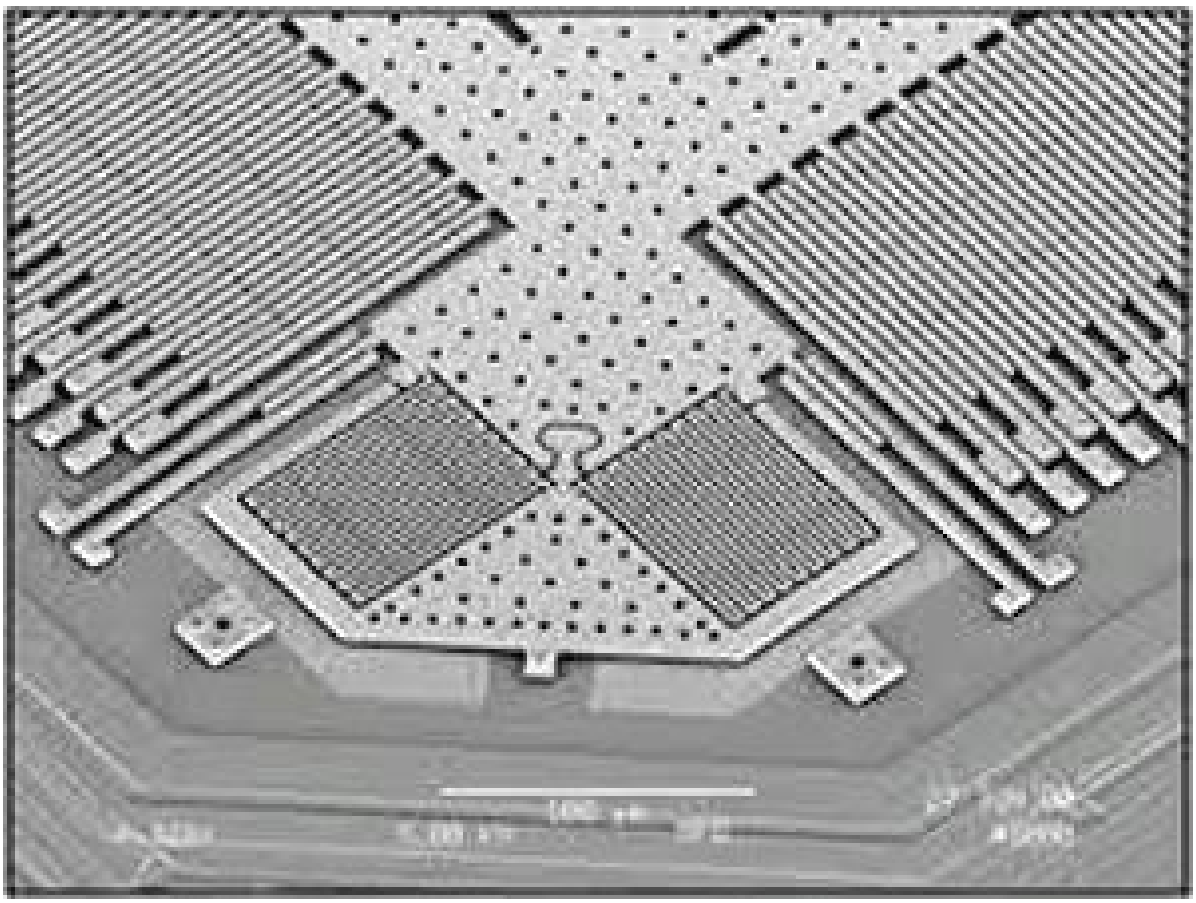
مشابه استفاده شده در MEMS ساخته می شوند ، با این تفاوت که اندازه آنها کوچکتر می شود ، معمو ً با استفاده از روشهای سنگ نوردی پیشرفته و اچ. رویکرد پایین به با معمو ً شامل فن آوری های رسوب گذاری ، رشد یا خود مونتاژ است. مزایای دستگاه های نانو بعدی نسبت به MEMS شامل مزایایی است که بیشتر ناشی از قوانین مقیاس بندی است ، همچنین می تواند برخی از چالش ها را نیز به همراه داشته باشد. برخی از کارشناسان معتقدند که فناوری نانو نوید می دهد: الف). به ما اجازه می دهد که اساسا ً هر اتم یا مولکول را در مکان و موقعیت مورد نظر قرار دهیم - یعنی کنترل دقیق موقعیت برای مونتاژ ، ب). به ما اجازه می دهد تقریبا ً هر ساختار یا ماده ای مطابق با قوانین فیزیک باشد که می تواند در سطح اتمی یا مولکولی مشخص شود. و سی). به ما این امکان را می دهد که هزینه های تولید بیش از حد هزینه مواد اولیه مورد نیاز و انرژی مورد استفاده در ساخت (یعنی موازی سازی گسترده) داشته باشیم.

اگرچه گاهی اوقات از MEMS و فناوری نانو بعنوان فناوریهای مجزا و مجزا نام برده می شود ، اما در واقع تمایز بین این دو چندان روشن نیست. در واقع ، این دو فناوری وابستگی زیادی به یکدیگر دارند. میکروسکوپ نوک تونل اسکن معروف (STM) که برای شناسایی اتمها و مولکولهای جداگانه در مقیاس نانومتر استفاده می شود ، یک دستگاه MEMS است. به طور مشابه میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) که برای دستکاری موقعیت و موقعیت اتمها و مولکولهای منفرد روی سطح بستر استفاده می شود ، یک دستگاه MEMS نیز هست. در حقیقت ، برای ارتباط با دامنه در مقیاس نانو ، انواع فن آوری های MEMS مورد نیاز است.به همین ترتیب ، بسیاری از فناوری های MEMS برای محصو ت جدید موفق به فناوری های نانو وابسته می شوند. به عنوان مثال ، شتاب سنج های کیسه هوا در هنگام خرابی که با استفاده از فناوری MEMS تولید می شوند ، می توانند به دلیل اثرات ساختاری پویا در استفاده بین جرم ضد اثبات و بستر ، قابلیت اطمینان طو نی مدت خود را کاهش دهند. اکنون یک فناوری نانو به نام پوششهای Singlelayers Self-Assembled (SAM) برای درمان سطوح عناصر متحرک MEMS بطور معمول مورد استفاده قرار می گیرد تا از بروز اثرات ساختاری در طول عمر محصول جلوگیری کند.

بسیاری از کارشناسان به این نتیجه رسیده اند که MEMS و فناوری نانو دو برچسب متفاوت برای آنچه در اصل یک فن آوری است شامل موارد بسیار کوچک شده است که با چشم انسان قابل مشاهده نیستند. توجه داشته باشید که تعریف گسترده مشابهی در حوزه مدارهای مجتمع وجود دارد که غالباً از آن به عنوان فناوری میکروالکترونیک یاد می شود حتی اگر فناوری های پیشرفته IC معمو ً دارای دستگاه هایی با ابعاد ده ها نانومتر باشند. فارغ از اینکه MEMS و فناوری نانو یکی هستند ، بدون تردید وابستگی های متقابل زیادی بین این دو فناوری وجود دارد که فقط به مرور زمان افزایش می یابد. شاید مهمترین نکته مزایای مشترک ارائه شده توسط این فناوری ها باشد ، از جمله: افزایش قابلیت های اطلاعاتی. کوچک سازی سیستم ها ؛ مواد جدید حاصل از علم جدید در مقیاس های ابعادی کوچک ؛ و افزایش عملکرد و خودمختاری برای سیستم ها.

فناوری MEMS در بسیاری از قطعات الکترونیکی گنجانده شده است و تعداد آنها روز به روز در حال افزایش است. با پیشرفت در توسعه دستگاه های ارزان قیمت MEMS ، می توانیم شاهد کاربردهای بیشتری از آنها در آینده باشیم.از آنجا که دستگاه های MEMS عملکرد بهتری نسبت به دستگاه های معمولی دارند مگر

اینکه فناوری عملکرد بهتری وارد کار شود ، MEMS بر تخت سلطنت باقی خواهد ماند. در فناوری MEMS بیشترین عناصر برجسته میکرو سنسورها و محرک های میکرو هستند که به طور مناسب به عنوان مبدل دسته بندی می شوند. این مبدل ها انرژی را از شکلی به شکل دیگر تبدیل می کنند. در مورد میکرو سنسورها ، دستگاه به طور معمول سیگنال مکانیکی اندازه گیری شده را به سیگنال الکتریکی و میکرو محرک سیگنال الکتریکی را به خروجی مکانیکی تبدیل می کند.



را مشاهده می کنید. در اینجا صفحات خازنی MEMS شتاب سنج چندگانه در جهت افقی و عمودی سازمان یافته اند تا شتاب را در هر دو جهت اندازه گیری کنند. اندازه صفحه خازن چند میکرومتر است و اندازه کل تنظیمات تا چند میلی متر است ، بنابراین ما می در دستگاه های قابل حمل باتری MEMS توانیم از این شتاب سنج مانند تلفن های هوشمند به راحتی استفاده کنیم.

سیستم میکرو الکترومکانیکی) دستگاهی مینیاتوری است که) MEMS هم دارای اجزای مکانیکی و هم الکترونیکی است. بعد فیزیکی یک می تواند از چندین میلی متر تا کمتر از یک میکرومتر MEMS باشد ، ابعادی چند برابر کوچکتر از عرض موی انسان.

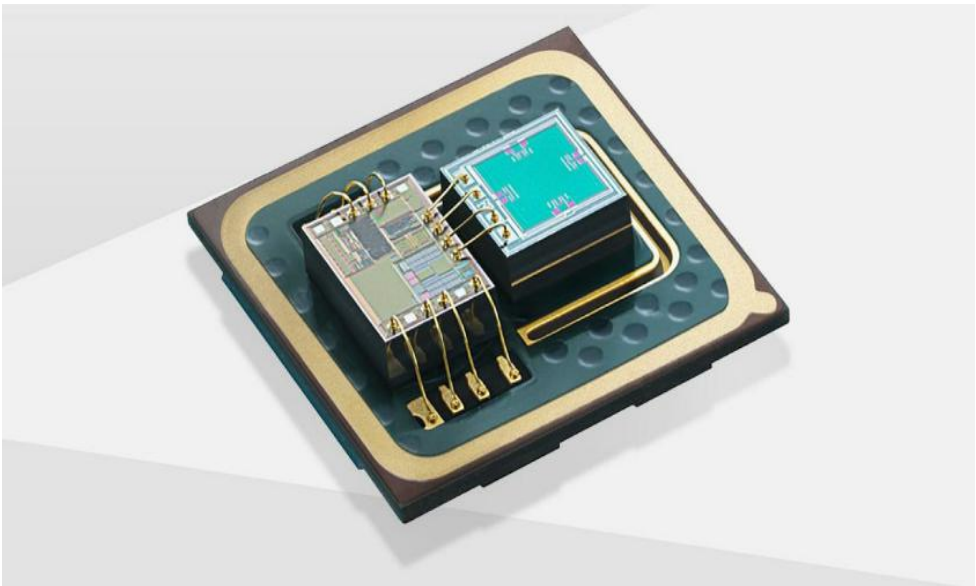
هم برای توصیف دسته ای از دستگاه های MEMS برچسب میکرومکترونیک و هم برای فرآیندهای استفاده شده در هنگام ها حتی قطعات MEMS ساخت آنها استفاده می شود. برخی از طبقه بندی می شوند زیرا MEMS مکانیکی ندارند ، اما به عنوان ، ساختارهای مورد استفاده در ماشین آ ت معمولی مانند فنرها کانال ها ، حفره ها ، سوراخ ها و غشاها را کوچک می کنند. از سیگنال مکانیکی اندازه گیری MEMS آنجا که برخی از دستگاه های شده را به سیگنال الکتریکی یا نوری تبدیل می کنند ، ممکن است بیشتر به MEMS ، از آنها به عنوان مبدل نیز یاد شود . در ژاپن

عنوان میکرو ماشین شناخته می شود و در کشورهای اروپایی می نامند (MST) را بیشتر به عنوان فناوری ریز سیستم ها MEMS.

نحوه ساخت MEMS

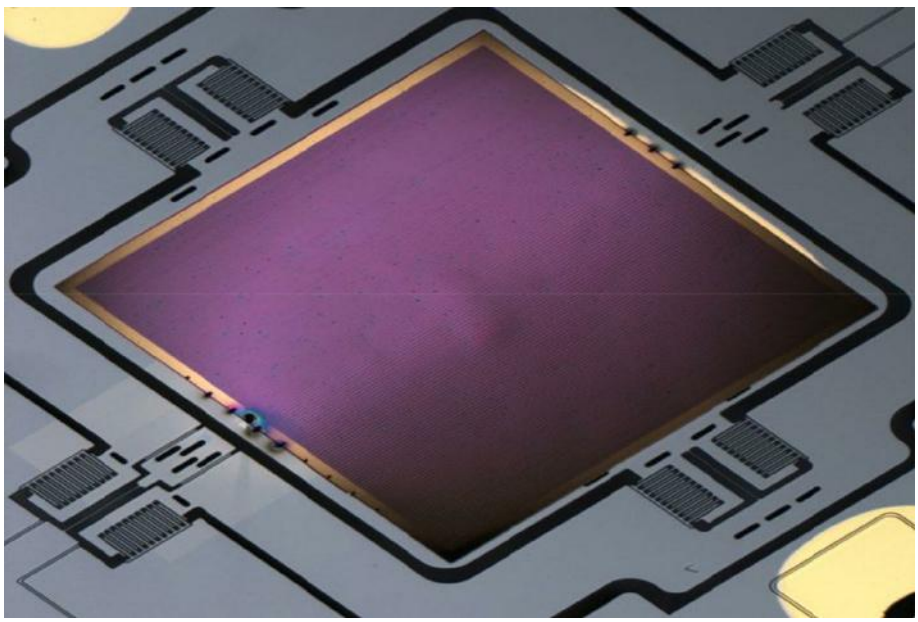
از قطعاتی مانند ریز حسگرها ، ریز پردازنده ها ، میکرو MEMS عملگرها ، واحدهایی برای پردازش داده ها و قطعاتی که می توانند با قطعات خارجی تعامل داشته باشند ، تشکیل شده است.

اغلب با تکنیک های MEMS ،بر خ ف مرسوم مکاترونیک دستگاه ساخت همان دسته ای مورد استفاده برای ایجاد تولید مدارات تجاری مجتمع هستند MEMS ها) و بسیاری از محصو ت IC) مجتمع به میکرو MEMS های بسته بندی شده. ساخت IC و همراه با حسگرها ، داده ها را جمع می کند و میکرو محرک ها ، که انرژی را به حرکت تبدیل می کنند ، اجازه می دهد تا در همان بستر ادغام شوند

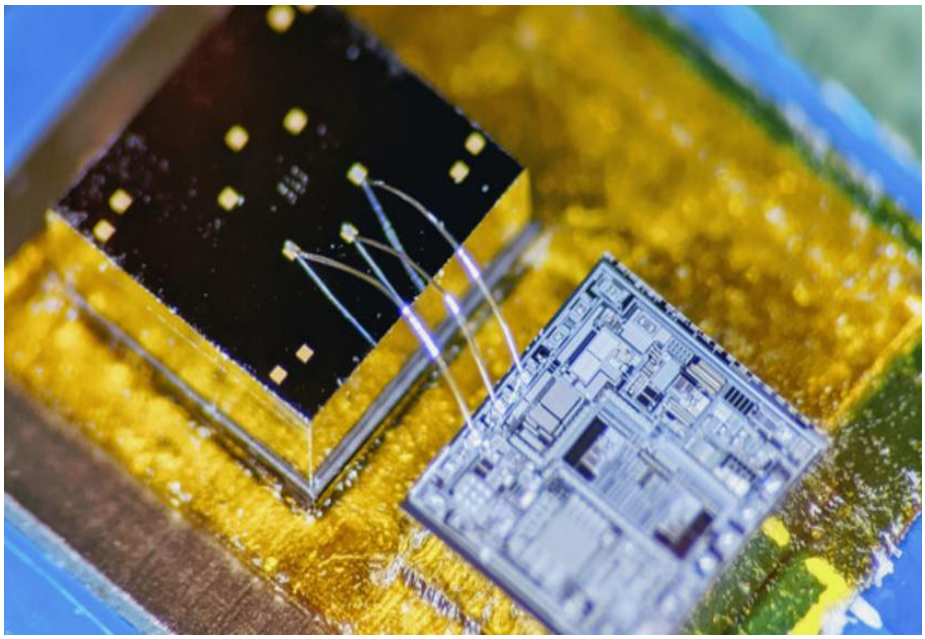


هزینه پایین تولید هر دستگاه دارد ، بسته بندی می MEMS اگرچه باید بسته بندی شود تا مدارهای MEMS تواند یک چالش باشد. هر الکتریکی یا نوری و سایر اجزای دستگاه از آلودگی هوا و آب در امان بمانند ، در حالی که هنوز قادر به تعامل با محیط اطراف و جا به جایی هستند.

از دهه 1980 آغاز شد. با این حال ، ابزار تولید MEMS ایده ایجاد زیرساخت طراحی و تولید) تا دهه 1990 به اندازه کافی در) MEMS تولید شده برای کنترل MEMS دسترس نبود. یکی از اولین انواع کننده های کیسه هوا و سر چاپی جوهر افشان بود. در اواخر دهه MEMES یک پروژکتور با استفاده از میکروآرورها (که از ، 1990 استفاده می کند) ساخته شد.با گذشت زمان ، میکرو سنسورها برای ، تعداد زیادی از انواع حسگرها ، از جمله سنسورهای دما ، فشار میدان های مغناطیسی و تابش ، استفاده می شوند. در بسیاری از استفاده می کردند در مقایسه با MEMS موارد ، سنسورهایی که از نمونه های بزرگتر عملکرد بسیار کارآمدتری داشتند.



تعامل دارند. هر خودروی MEMS امروزه بیشتر افراد روزانه با MEMS جدیدی که از یک خط مونتاژ خارج می شود حداقل 50 دارد. آنها اجزای اساسی در سیستم های ایمنی مختلف اجباری (ESC) هستند ، از جمله کیسه های هوا ، کنترل پایداری الکترونیکی (TPMS). و سیستم های کنترل فشار تایر



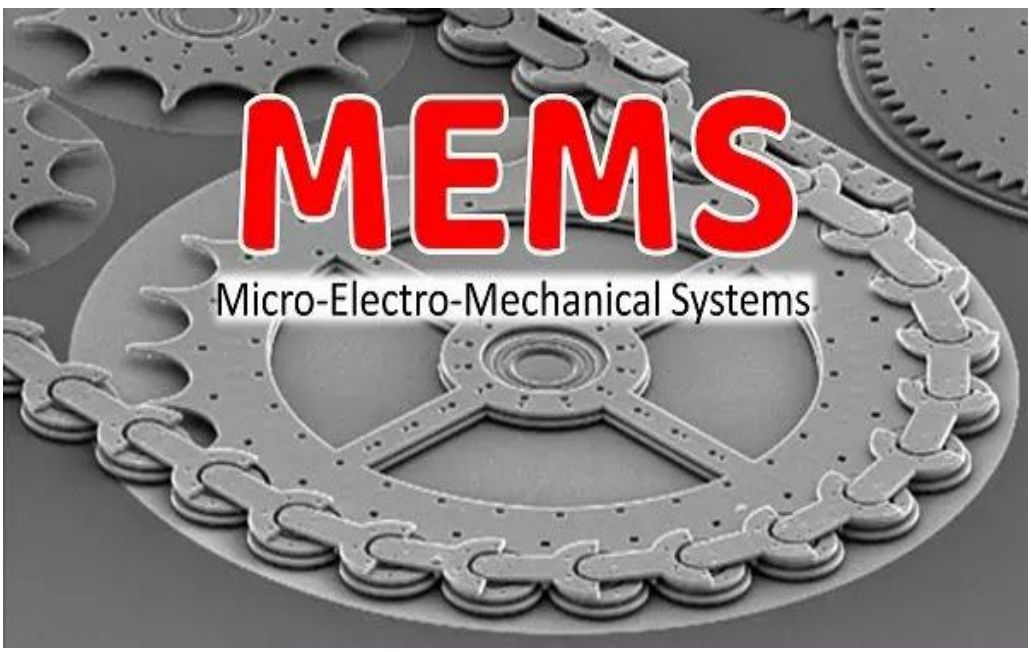
NEMS در مقابل MEMS

، مخفف سیستم میکرو الکترومکانیکی است MEMS در حالی که در فناوری NEMS .مخفف سیستم نانو الکترومکانیکی است NEMS نانو مورد استفاده قرار می گیرد ، این یک فناوری است که می (تواند ماده را در مقیاس نانو (حدود سطح اتمی یا مولکولی

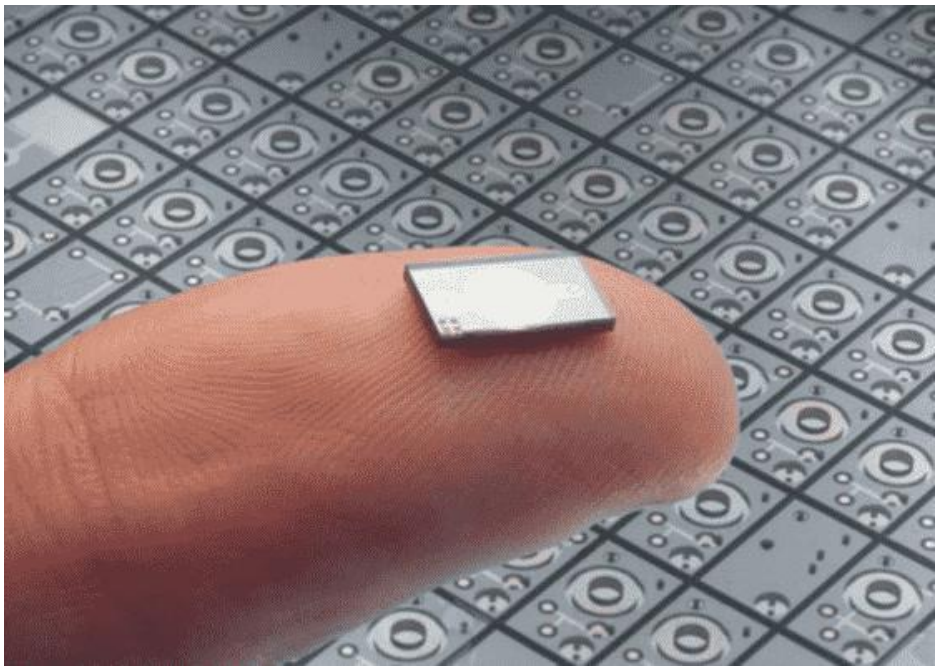
دستکاری کند. یک رویکرد از با به پایین در فناوری نانو از دستگاه را MEMS هایی استفاده می کند که بسیاری از تکنیک های مشابه گاهی اوقات به عنوان فناوری های جداگانه NEMS و MEMS .دارند ای شناخته می شوند اما می توان آنها را وابسته به یکدیگر دانست مورد نیاز است. به عنوان مثال NEMS برای NEMS زیرا فناوری های که می تواند اتم ها را ، (STM) یک میکروسکوپ نوک تونل زنی ، است MEMS تشخیص دهد ، یک دستگاه.

در تحقیق و توسعه در (MEMS) سیستم های میکرو الکترو مکانیکی دهه 1980 و 1990 ، چه در دانشگاه و چه در صنعت ، پیشرفت بسیار شگرفی داشته است. رشد سریع توسط روشهای ساخت جدید .حاصل از ساخت مدارهای مجتمع نیمه هادی امکان پذیر شده است اینها اساساً لیتوگرافی ، یه برداری نازک و اچ خشک و مرطوب اغلب MEMS طراحی شده است ، زیرا MEMS است که برای اهداف از سیلیکون نه تنها به عنوان نیمه رسانا بلکه عمدتا به عنوان مواد مکانیکی استفاده می کند

همچنین به عنوان ،(MEMS) سیستم های میکروالکترومکانیکی نوشته شده است سیستم های میکرو الکترو مکانیکی (یا سیستم های میکروالکترونیک و میکروالکترومکانیکی) و مرتبط micromechatronics و مایکروسیستمز این فن آوری از دستگاه های میکروسکوپی، به وی‌ژه کسانی که با قطعات متحرک تشکیل می دهند. آنها در مقیاس نانو در سیستم های نانو الکترومکانیکی (NEMS) در با MEMS و فناوری نانو ادغام می شوند . همچنین از یاد (MST) عنوان میکروماشین و در اروپا با فناوری میکروسیستم از اجزای اندازه 1 تا 100 میکرومتر تشکیل شده MEMS .می شود به MEMS است (یعنی 0.001 تا 0.1 میلی متر) و اندازه دستگاه های طور کلی از 20 میکرومتر تا یک میلی متر (یعنی 0.02 تا 1.0 میلی متر) است ، اگرچه اجزا به صورت آرایه ای مرتب شده اند (به



دیجیتال) می تواند بیش از micromirror عنوان مثال، دستگاه های میلی متر 2 . [1] آنها معمو از یک واحد مرکزی تشکیل شده 1000 است که فرایندهای داده (یک مدار مجتمع تراشه مانند ریزپردازنده و اجزای مختلف است که در تعامل با محیط اطراف (مانند (نیروهای تولید ، MEMS به دلیل سطح زیاد به نسبت microsensors شده توسط الکترومغناطیس محیط (به عنوان مثال ، بارهای الکترواستاتیک وگشتاورهای مغناطیسی) ، و پویایی سیال (به عنوان مثال ، کشش سطحی و گرانروی) از نظر طراحی مهم تر از دستگاه از فناوری MEMS های مکانیکی در مقیاس بزرگتر هستند. فناوری نانو مولکولی یا الکترونیک مولکولی متمایز می شود از این جهت . که شیمی دومی نیز باید شیمی سطح را در نظر بگیرد

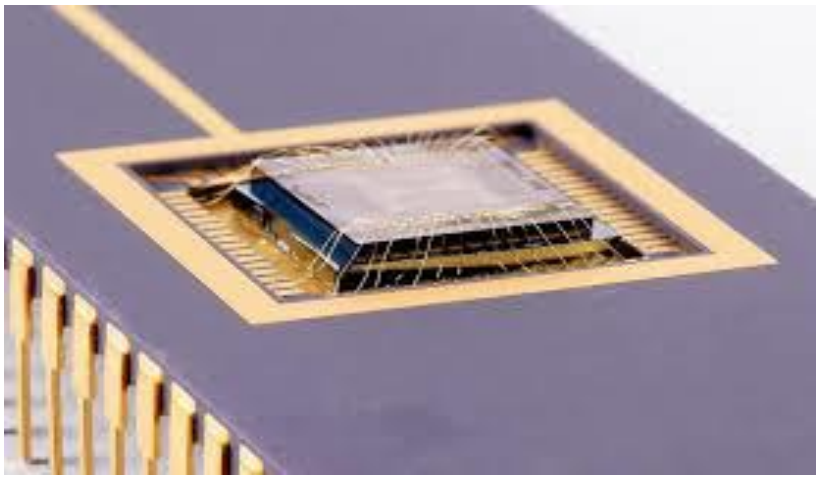


پتانسیل ماشین های بسیار کوچک قبل از وجود فناوری که بتواند آنها را تولید کند ، مورد ارزیابی قرار گرفت (به عنوان مثال ، به

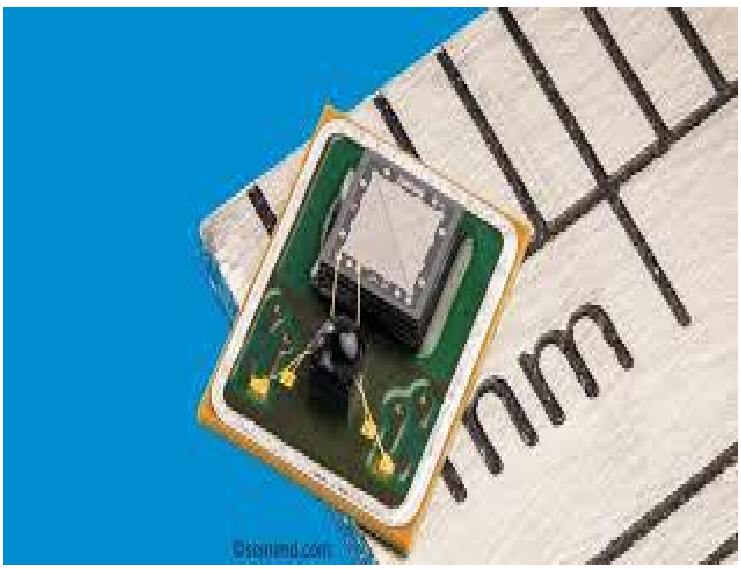
سخنرانی معروف ریچارد فاینمن در سال 1959 "فضای زیادی در پایین وجود دارد" مراجعه کنید. (MEMS هنگامی عملی شد که بتوان آنها را با استفاده از فن آوری های ساخت وسایل نیمه هادی اص ح ، شده ، که معمو ً برای ساخت الکترونیک استفاده می شوند ، KOH) ساخت اینها شامل قالب گیری و آبکاری ، اچینگ مرطوب ماشینکاری تخلیه الکتریکی ، (DRIE و RIE) و اچ خشک (TMAH و سایر فناوری های قادر به ساخت دستگاه های کوچک (EDM است.

ریشه در انق ب سیلیکون دارد که می توان آن را در MEMS فناوری دو اختراع مهم نیمه هادی سیلیکونی از سال 1959 جستجو کرد: توسط رابرت نویس در نیمه هادی (IC) تراشه یکپارچه مدار مجتمع اکسید فلز - نیمه هادی) ترانزیستور یا) MOSFET و اثر Fairchild توسط محمد ام. آتا و داون کهنگ در آزمایشگاه (MOS ترانزیستور بر روی MOSFET کوچک سازی ، MOSFET های بل . مقیاس گذاری منجر به کوچک سازی الکترونیک (همانطور که ، IC تراشه های پیش بینی شده است)) این Dennard توسط قانون مور و مقیاس امر با توسعه فناوری ریز ماشین سازی مبتنی بر فناوری نیمه هادی سیلیکونی ، بنیان های کوچک سازی سیستم های مکانیکی را بنا نهاد ، زیرا مهندسان شروع به درک این نکته کردند که تراشه های می توانند با محیط اطراف تعامل و ارتباط MOSFET سیلیکون و

برقرار کرده و مواردی مانند مواد شیمیایی ، حرکات و نور را پردازش کنند . یکی از اولین سنسورهای فشار سیلیکون توسط هانیول در سال 1962 به صورت ایزوتروپی ماشین سازی شد



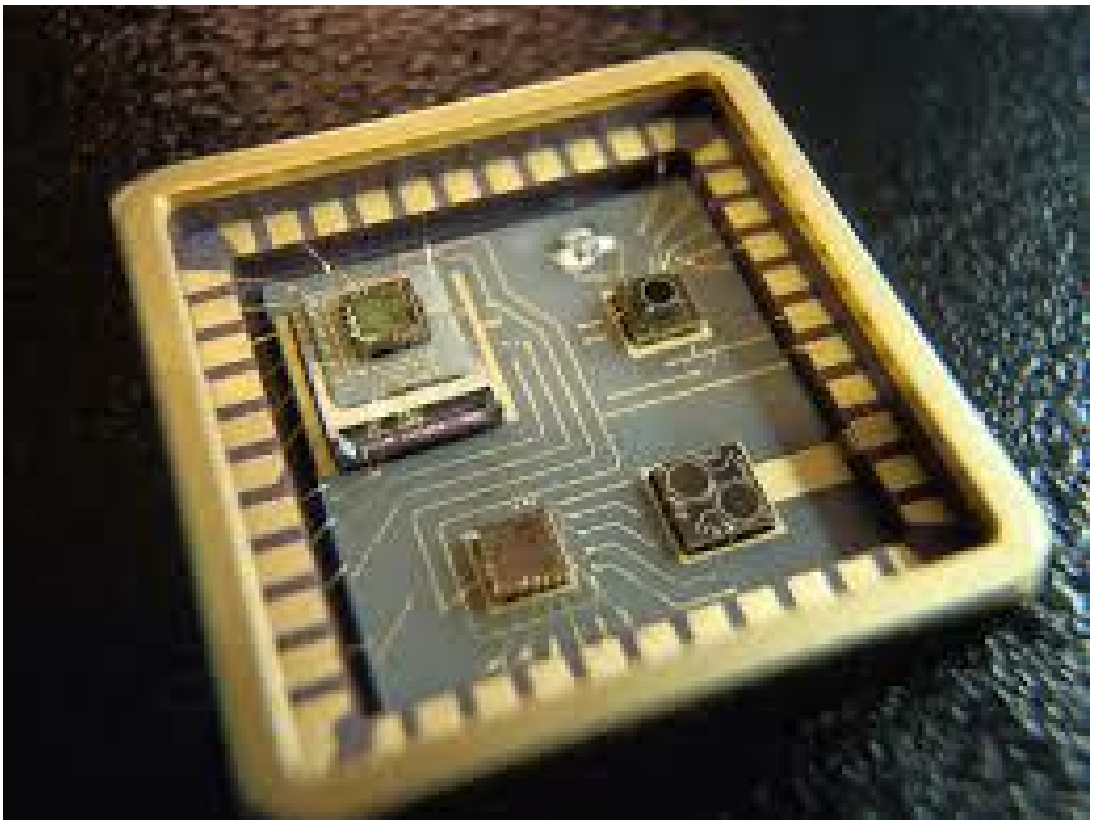
، ترانزیستور گیت رزونانس است MEMS نمونه اولیه دستگاه است که توسط هاروی سی ناتانسون در سال MOSFET سازگاری از نمونه اولیه دیگر ، تشدیدکننده است ، یک ساخته شده است 1965 تشدید کننده یکپارچه الکترومکانیکی ثبت شده توسط ریموند جی ، 1980 ویلفینگر بین 1966 و 1971. طی دهه 1970 تا اوایل دهه برای اندازه گیری پارامترهای MOSFET تعدادی میکرو سنسور فیزیکی ، شیمیایی ، بیولوژیکی و محیطی تولید شد



دو نوع اساسی دارد: خازنی و اهمی . یک MEMS فن آوری سوئیچ با استفاده از صفحه متحرک یا عنصر سنجش MEMS سوئیچ خازنی Ohmic ایجاد می شود که ظرفیت را تغییر می دهد. سوئیچ های توسط کنسول های کنترل شده الکترواستاتیک کنترل می شوند می توانند در اثر خستگی فلزات محرک Ohmic MEMS کلیدهای کنسول) و سایش در اثر تماس ، از کار بیفتند ، زیرا) MEMS کانتیلورها می توانند با گذشت زمان تغییر شکل دهند.

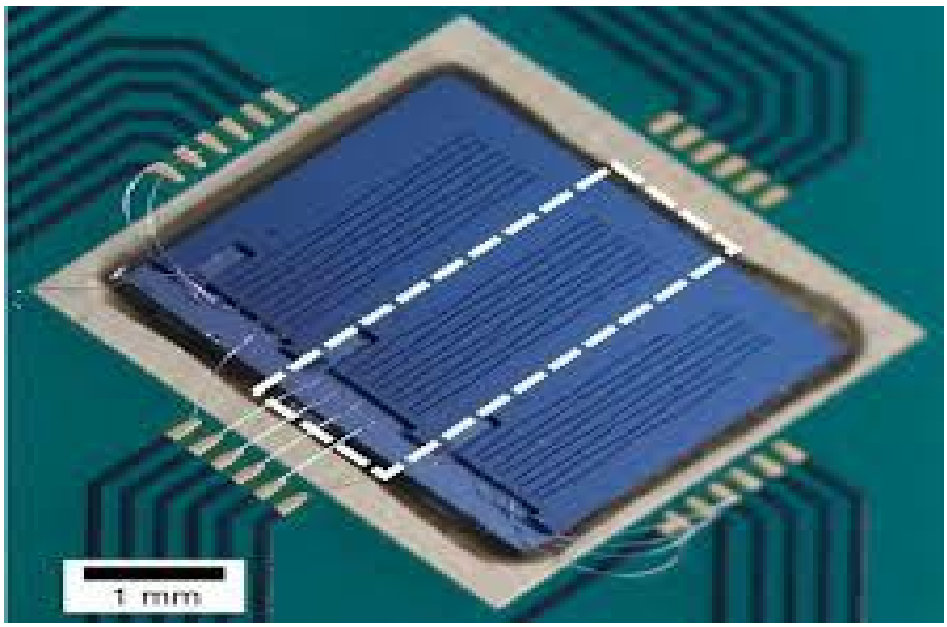
ساخت MEMS از تکنولوژی فرآیند در ساخت دستگاه نیمه هادی حاصل شده است ، یعنی تکنیک های اصلی رسوب یه های مواد ، الگو برداری با استفاده از فوتولیتوگرافی و اچ برای تولید اشکال مورد نیاز است.سیلیکون ماده ای است که برای ایجاد بیشتر مدارهای مجتمع مورد استفاده در لوازم الکترونیکی مصرفی در صنعت مدرن استفاده می شود. اقتصاد مقیاس ، در دسترس بودن آماده از مواد با کیفیت با ارزان و توانایی ترکیب قابلیت های الکترونیکی سیلیکون را جذاب برای طیف گسترده ای از MEMS برنامه های کاربردی. سیلیکون همچنین دارای مزایای قابل توجهی است که از طریق خواص مواد ایجاد می شود. در شکل تک کریستال، سیلیکون تقریبا کامل است هوکی مواد، به این معنی که هنگامی که آن خم است عم هیچ وجود دارد پسماند و از این رو تقریبا هیچ اتـ ف انرژی.ـع وه بر ایجاد حرکت بسیار تکرار شونده ،

این باعث می شود که سیلیکون بسیار قابل اعتماد باشد زیرا خستگی کمی را متحمل می شودو می تواند طول عمر در محدوده میلیاردها تا تریلیون چرخه داشته باشد بدون اینکه خراب شود. نانوساختارهای نیمه هادی مبتنی بر سیلیکون در زمینه میکروالکترونیک و به وی‌ژه MEMS اهمیت فزاینده ای پیدا می کنند. نانوسیم های سیلیکونی که از طریق اکسیداسیون حرارتی سیلیکون ساخته می شوند ، بیشتر مورد توجه در تبدیل و ذخیره سازی الکتروشیمیایی هستند ، از جمله باتری های نانوسیم و سیستم های فتوولتائیک .



نیتریدها از سیلیکون، آلومینیوم و تیتانیوم و همچنین سیلیکون است MEMS کاربید و دیگر سرامیک به طور فزاینده ای در ساخت در ساختار AlN .ترکیب سودمند از خواص مواد استفاده می شود وورتزیت متبلور می شود و بنابراین خصوصیات پیروالکتریک و پیزوالکتریک را نشان می دهد که حسگرها را قادر می سازد ، به دیگر از طرف عنوان مثال ، با حساسیت به نیروهای عادی و برشی رسانایی الکتریکی با و مدول ا ستیک زیادی را به نمایش TiN ، می گذارد، امکان اجرای طرح های فعال سازی الکترواستاتیک ، با پرتوهای فوق نازک را فراهم می کند. ع وه بر این MEMS در برابر خوردگی زیستی ، مواد را برای کاربردها TiN مقاومت با ی در محیط های بیوژن واجد شرایط می کند. در این شکل یک تصویر TiN با پرتوی MEMS میکروسکوپی الکترونی از یک سنسور زیستی نشان داده TiN خمش پذیر نازک 50 نانومتری با ی صفحه زمین شده است. از آنجا که پرتو در دیواره های جانبی جدا شده با برق ثابت است ، می توان هر دو را به عنوان الکترود مخالف خازن هدایت کرد. هنگامی که یک مایع در حفره معلق است ، ممکن است گرانروی آن از خم شدن تیر توسط جاذبه الکتریکی به صفحه زمین و اندازه گیری سرعت خمش حاصل شود.

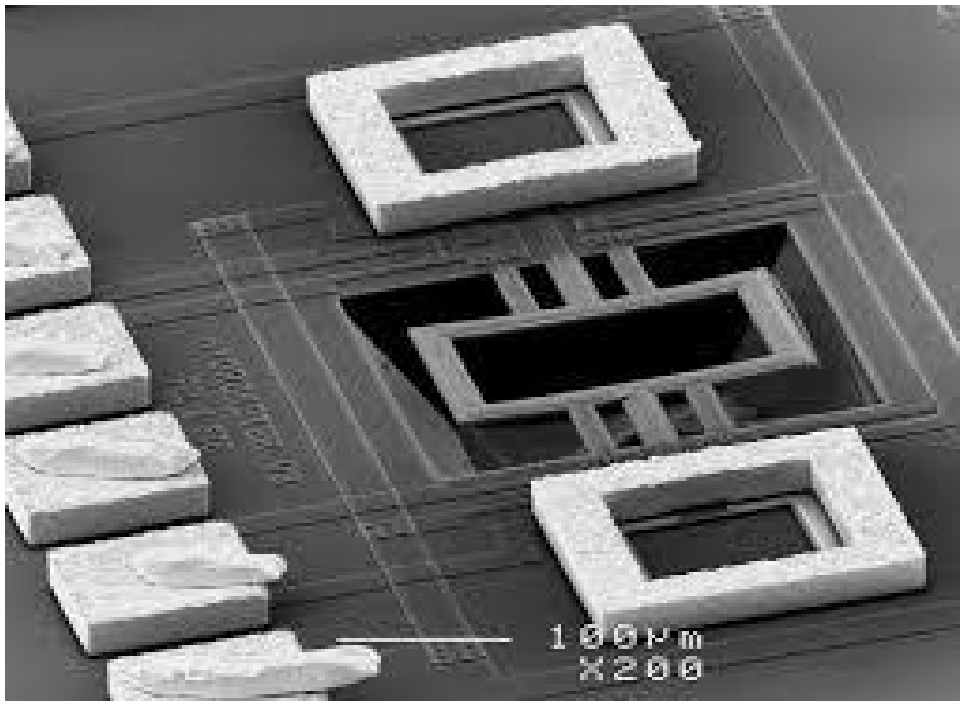
یکی از اصلی ترین عناصر سازنده در پردازش MEMS ، توانایی رسوب فیلم های نازک از مواد با ضخامت در هر مکانی بین یک میکرومتر ، تا حدود 100 میکرومتر است. روند NEMS یکسان است ، اگرچه اندازه گیری رسوب فیلم از چند نانومتر تا یک میکرومتر متغیر است. به شرح زیر دو نوع فرآیند رسوب وجود دارد.رسوب بخار فیزیکی ("PVD") شامل فرآیندی است که در آن ماده ای از هدف برداشته می شود و روی یک سطح رسوب می کند. تکنیک های انجام این کار شامل فرآیند پاشیدن است ، که در آن یک پرتو یون باعث آزاد شدن اتم ها از هدف می شود ، به آنها اجازه می دهد از طریق فضای مداخله حرکت کرده و روی بستر مورد نظر رسوب کنند و تبخیر می شود ، که در آن ماده با استفاده از هر یک از اهداف تبخیر می شود. گرما (تبخیر حرارتی) یا پرتوی الکترون (تبخیر پرتو الکترونی) در سیستم خلاuum.



تکنیک های رسوب شیمیایی شامل رسوب بخار شیمیایی (CVD) است که در آن یک جریان گاز منبع بر روی بستر واکنش داده و مواد مورد نظر را رشد می دهد. بسته به جزئیات این روش ، بیشتر می توان این مورد را به دسته هایی تقسیم کرد ، به عنوان مثال LPCVD (رسوب بخار شیمیایی با فشار کم) و PECVD (رسوب بخار شیمیایی با افزایش پ سما).فیلم های اکسید را می توان با تکنیک اکسیداسیون حرارتی ، که در آن ویفر (معمو ً سیلیکونی) در معرض اکسی‌ژن و / یا بخار قرار دارد ، پرورش داد تا یک یه سطحی نازک از دی اکسید سیلیکون رشد کند .لیتوگرافی در زمینه MEMS به طور معمول انتقال یک الگوی به یک ماده حساس به نور با قرار گرفتن در معرض انتخاب به یک منبع تابش مانند نور است. ماده حساس به نور ، موادی است که هنگام قرار گرفتن در معرض منبع تابش ، تغییر در خصوصیات فیزیکی خود را تجربه می کند. اگر یک ماده حساس به نور به طور انتخابی در معرض تابش قرار گیرد (به عنوان مثال با پوشاندن مقداری از تابش) ، الگوی تابش روی ماده به ماده در معرض منتقل می شود ، زیرا خواص مناطق در معرض و در معرض آن متفاوت است.

سپس می توان این ناحیه در معرض را از بین برد و یا با تهیه ماسکی برای بستر زمینه درمان کرد. فوتولیتوگرافی به طور معمول با رسوب فلز یا فیلم نازک ، اچ مرطوب و خشک استفاده می شود. گاهی اوقات ، از فوتولیتوگرافی برای ایجاد ساختار بدون هیچ نوع

پس از اچ استفاده می شود. یک مثال لنزهای مبتنی بر SU8 است که در آن بلوک های مربعی شکل SU8 تولید می شوند. سپس مقاومت در برابر عکس ذوب می شود و به شکل یک نیمه کره می شود که مانند یک عدسی عمل کند.

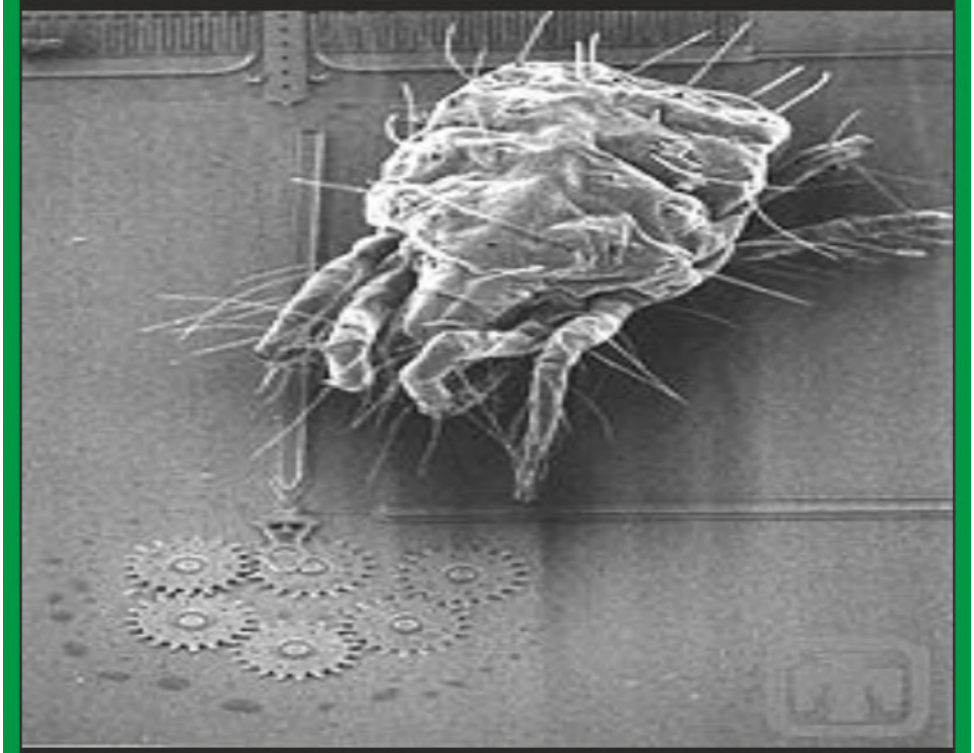


لیتوگرافی پرتوی الکترونی (که به اختصار لیتوگرافی پرتو الکترونی) می باشد ، روشی برای اسکن یک پرتو الکترون به صورت طرح دار در سطح پوشیده شده از یک فیلم (مقاومت نامیده می شود) (" نشان دادن" مقاومت) و از بین بردن مناطق در معرض یا غیر در معرض مقاومت ("در حال توسعه") به طور انتخابی. هدف ، همانند فوتولیتوگرافی ، ایجاد ساختارهای بسیار کوچکی در مقاومت است که می تواند متعاقباً توسط اچ به مواد بستر منتقل شود. این برای ساخت مدارهای مجتمع توسعه یافته است ، و همچنین برای ایجاد

معماری های فناوری نانو استفاده می شود .مزیت اصلی لیتوگرافی پرتوی الکترونی این است که یکی از راه های غلبه بر حد پراش نور و ایجاد وی‌ژگی هایی در محدوده نانومتر است . این شکل از لیتوگرافی بدون ماسک کاربرد گسترده ای در ساخت نانو ماسک دارد که در نورسنجی ، تولید کم حجم اجزای نیمه هادی و تحقیق و توسعه مورد استفاده قرار می گیرد .محدودیت کلیدی لیتوگرافی پرتوی الکترونی ، توان عملیاتی است ، یعنی مدت زمان زیادی که زم است تا کل ویفر سیلیکون یا بستر شیشه ای در معرض آن قرار گیرد. زمان طو نی قرار گرفتن در معرض کاربر را در برابر رانش پرتوی یا بی ثباتی که ممکن است در هنگام قرار گرفتن در معرض آن رخ دهد ، آسیب پذیر می کند. همچنین ، در صورت عدم تغییر الگوی بار دوم ، زمان چرخش مجدد یا طراحی مجدد بی مورد افزایش می یابد.

MEMS

ریز فناوری ها بر گرفته از اعصاب مغز انسان



نویسنده : دکتر افشین رشید