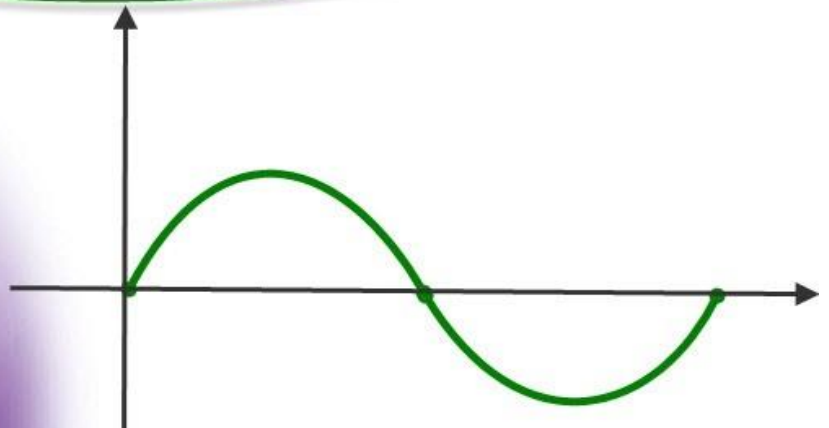


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

موضوع پروژه:

# بررسی و ساخت انواع سنسورها و سنسور پارک



برای خرید فایل word این پروژه [اینجا کلیک کنید](#).

( شماره پروژه = ۵۰۵ )

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## فهرست

۷	مقدمه
۸	فصل ۱: سنسور چیست؟
۱۱	فصل ۲: تکنیک های تولید سنسور
۱۳	فصل ۳: سنسور سیلیکانی
۱۳-۱۵	۱-۳: خواص سیلیکان
۱۵-۱۶	۲-۳: مراحل تولید در تکنولوژی سیلیکان
۱۷	۳-۳: سنسور درجه حرارت
۱۷	۴-۳: سنسور درجه حرارت مقاومتی
۱۹	۵-۳: سنسور حرارت ایتترفیس
۲۰	۶-۳: سنسورهای حرارتی دیگر و کاربرد آنها
۲۱	۷-۳: سنسورهای فشار
۲۲	۸-۳: اثر پیزو مقاومتی
۲۳	۹-۳: سنسورهای فشار پیزو مقاومتی
۲۵	۱۰-۳: اصول سنسورهای فشار جدید
۲۶	۱۱-۳: سنسورهای نوری
۲۷	۱۲-۳: مقاومت های نوری
۲۸	۱۳-۳: دیودهای نوری و ترانزیستورهای نوری
۳۰	۱۴-۳: سنسورهای میدان مغناطیسی
۳۱	فصل ۴: مولدهای هال و مقاومت های مغناطیسی
۳۲	۱-۴: کاربردهای ممکن سنسورهای میدان مغناطیسی
۳۴	فصل ۵: سنسورهای میکرو مکانیکی
۳۵	۱-۵: سنسورهای شتاب / ارتعاش
۳۷	۲-۵: سنسورهای میکروپیل
۳۹	فصل ۶: سنسورهای فیبر نوری
۴۰	۱-۶: ساختمان فیبر ها
۴۱	۲-۶: سنسورهای چند حالتی
۴۴	۳-۶: سنسورهای تک حالتی
۴۶	۴-۶: سنسورهای فیبر نوری توزیع شده
۵۲	فصل ۷: سنسورهای شیمیایی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- ۱\_۷ : بیو سنسورها ..... ۵۶
- ۲\_۷ : سنسورهای رطوبت ..... ۵۸
- فصل ۸ : سنسورهای رایج و کاربرد آن ..... ۶۰
- ۱\_۸ : سنسورهای خازنی ..... ۶۰
- فصل ۹ : سنسور ویگانده ..... ۶۲
- فصل ۱۰ : سنسورهای تشدید ..... ۶۶
- ۱\_۱۰ : سنسورهای تشدید کوارتز ..... ۶۷
- ۲\_۱۰ : سنسورهای موج صوتی سطحی ..... ۶۹
- فصل ۱۱ : سنسورهای مافوق صوت ..... ۷۱
- فصل ۱۲ : سنسور پارک ..... ۷۹
- ۱-۱۲ : پتاسیومترها ..... ۷۹
- ۲-۱۲ : خطی بودن پتاسیومترها ..... ۸۰
- ۳-۱۲ : ریزولوشن پتاسیومترها ..... ۸۲
- ۴-۱۲ : مسائل نوین الکتریکی در پتاسیومترها ..... ۸۴
- ۵-۱۲ : ترانسدیوسرهای جابه جایی القایی ..... ۸۵
- ۶-۱۲ : ترانسدیوسرهای رلوکتانس متغیر ..... ۸۵
- ۷-۱۲ : ترانسفورمورهای تزویج متغیر: LDT و LVDT ..... ۸۹
- ۸-۱۲ : ترانسدیوسرهای تغییر مکان جریان ادی ..... ۹۴
- ۹-۱۲ : ترانسدیوسرهای تغییر مکان خازنی ..... ۹۶
- ۱۰-۱۲ : رفتار خطی ترانسدیوسرهای تغییر مکان خازنی ..... ۹۹
- ۱۱-۱۲ : سنسورهای حرکت از نوع نوری ..... ۱۰۰
- ۱۲-۱۲ : ترانسدیوسرهای تغییر مکان اولتراسوند ..... ۱۰۱
- ۱۳-۱۲ : سنسورهای پرآب هال سرعت چرخش و سیستم های بازدارنده (کمک های پارکینگ) ..... ۱۰۴
- ۱۴-۱۲ : سیستم های اندازه گیری تغییر مکان اثر هال ..... ۱۰۵
- ۱۵-۱۲ : سنسور دو بل پارک ..... ۱۰۶
- ۱۶-۱۲ : آی سی ۵۵۵ در مواد ترانسسمیتر ..... ۱۰۷

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## مقدمه:

امروز وابستگی علوم کامپیوتر، مکانیک و الکترونیک نسبت به هم زیاد شده‌اند و هر مهندس و با محقق نیاز به فراگیری آن‌ها دارد، و لذا چون فراگیری هر سه آنها شکل به نظر می‌رسد حداقل باید یکی از آن‌ها را کاملاً آموخت و از مابقی اطلاعاتی در حد توان فرا گرفت. اینجانب که در رشته مهندسی مکانیک سیالات تحصیل می‌کنم، اهمیت فراگیری علوم مختلف را هر روز بیشتر حس می‌کنم و تصمیم گرفتم به غیر از رشته تحصیلی خود سایر علوم مرتبط با خودرو را محکم بزنم. می‌دانیم که سال‌هاست علوم کامپیوتر و الکترونیک با ظهور میکروچیپ‌ها پیشرفت قابل ملاحظه‌ای کرده‌اند و این پیشرفت دامنگیر صنعت خودرو نیز شده است، زیرا امروزه مردم نیاز به آسایش، ایمنی، عملکرد بالا از خودرو خود توقع دارند. از نشانه‌های ظهور الکترونیک و کامپیوتر در خودرو پیدایش سنسورها در انواع مختلف، و سیستم‌های اداره موتور و سایر تجهیزات متعلقه می‌باشد. این تجهیزات روز و به روز تعدادشان بیشتر و وابستگی علم مکانیک به آن‌ها بیشتر می‌شود. در ادامه سعی دارم نگاهی به تولید و سنسورهای موجود در بازار بیاندازیم و زمینه را برای ساخت یک سنسور پارک مهیا کنم، تا از ابزارهای موجود حداکثر بهره را برده و عملکرد مطلوب ارائه داد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## فصل اول

### سنسور چیست؟



امروزه بحث سنسور به اهمیت مفاهیمی از قبیل میکروپرسنسور (پردازش گر)، انواع مختلف حافظه و سایر عناصر الکترونیکی رسیده است، با این وجود سنسور هنوز هم فاقد یک تعریف دقیق است همچنانکه کلمات الکترونیکی از قبیل پروب، بعدسنج، پیک آپ یا ترنسدیوسر هنوز هم معانی لغوی ندارند. جدا از این ها کلمه سنسور خود ریشه بعضی کلمات هم خانواده نظیر المان سنسور، سیستم سنسور، سنسور باهوش و تکنولوژی سنسور شده است کلمه سنسور یک عبارت تخصصی است که از کلمه لاتین Sensorium، به معنی توانایی حس کرد، یا Sensus به معنی حس برگرفته شده است. پیش از آن که بحث را ادامه دهیم لازم است عبارت سنسور را در صنعت الکترونیک تعریف کنیم:

یک سنسور هم کمیت فیزیکی معین را که باید اندازه گیری شود به شکل یک کمیت الکتریکی تبدیل می کند، که می تواند پردازش شود یا به صورت الکترونیکی انتقال داده شود. مثلاً

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

یک سنسور رنگ می تواند تغییر در شدت نور را به یک پرو سه تبدیل نوری الکترونی به صورت یک سیگنال الکتریکی تبدیل کند. بنابراین سنسور را می توان به عنوان یک زیر گروه از تفکیک کننده ها که وظیفه ی آن گرفتن علائم و نشانه ها از محیط فیزیکی و فرستادن آن به واحد پردازش به صورت علائم الکتریکی است تعریف کرد. البته سنسوری مبدلی نیز ساخته شده اند که خود به صورت IC می باشند و به عنوان مثال (سنسورهای پیزوالکترونیکی، سنسورهای نوری).

وقتی ما از سنسوری مجتمع صحبت می کنیم منظور این است که تکیه پرو سه آماده سازی شامل تقویت کردن سیگنال، فیلترسازی، تبدیل آنالوگ به دیجیتال و مدارات تصحیح می باشند، در غیر این صورت سنسوری که تنها سیگنال تولید می کند به نا سیستم موسوم هستند.

در نوع پیشرفته به نام سنسور هوشمند یک واحد پردازش به سنسور اضافه شده است تا خروجی آن عاری از خطا باشد منطقی تر شود. واحد پردازش سنسور که به صورت یک مدار مجتمع عرضه می شود اسمارت (Smart) نامیده می شود. یک سنسور باید خواص عمومی زیر را داشته باشد تا بتوان در سیستم به کار برد که عبارتند از:

حساسیت کافی، درجه بالای دقت و قابلیت تولید دوباره خوب، درجه بالای خطی بودن، عدم حساسیت به تداخل و تاثیرات محیطی، درجه بالای پایداری و قابلیت اطمینان، عمر بالای محصول و جایگزینی بدون مشکل.

امروزه با پیشرفت صنعت الکترونیک سنسوری مینیاتوری ساخته می شود که از جمله مشخصه ی آن می توان به موارد زیر اشاره کرد:

سیگنال خروجی بدون نویز، سیگنال خروجی سازگار با باس، احتیاج به توان پایین.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## فصل دوم

### تکنیک های تولید سنسور



#### تکنیک‌هایی در تولید سنسور:

تکنولوژی سنسور امروزه براساس تعداد نسبتاً زیادی از سنسورهای غیرمینیا توری استوار شده است. این امر با بررسی ابعاد هندسی سنسوریهایی برای اندازه‌گیری فاصله، توان، شتاب،



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سیال عبوری فشار و غیره مشاهده می شود. برای اکثر سنسورها این ابعاد از ۱۰cm تجاوز می کند. اغلب ابعاد، سنسورها توسط خود سنسور تعیین نمی شود بلکه وسیله پوشش خارجی آن مشخص می گردد. با این وجود، حتی در چنین مواردی خود سنسورها از نظر اندازه در حد چند سانتی متر هستند. چنین سنسورهایی که می تواند گاهی خیلی گرانها باشند، برای مثال در زمینه اندازه گیری پروسه. تکنولوژی تولید و ربات ها، تکنولوژی های میکروالکترونیک زیر اکثراً به کار برده می شوند: تکنولوژی سیلیکان، تکنولوژی لایه نازک، تکنولوژی لایه ضخیم/هیبرید، سایر تکنولوژی های نیمه هادیپرسوه های دیگری نیز در تولید سنسور بکار برده می شود، از قبیل تکنولوژی های فویل سیتر، تکنولوژی فیبرنوری، مکانیک دقیق، تکنولوژی لیزر نوری، تکنولوژی مایکروویو و تکنولوژی بیولوژی. بعلاوه، تکنولوژی هایی از قبیل پلیمرها، آلیاژهای فلزی یا مواد پیزوالکتریکی نیز نقش حساسی را در تولید سنسور بازی می کنند. از آنجایی که سیلیکان و نیمه هادی های دیگر بطور خیلی گسترده در میکروالکترونیک بکار برده می شوند. در ادامه به تشریح این پروسه تولید می پردازم.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## فصل سوم

### سنسور سیلیکانی

استراتژی ترجیح داده شده در ساخت سنسورهای بر مبنای سیلیکانی جدید بهره مند شدن از

تکنیکها و پردازشهایی هست که قبلاً در صنعت مدار مجتمع (IC) بر مبنای سیلیکان بنا نهاده

شده است و به این طریق می تواند از تجربیات و نتایج این بخش صنعتی سود جست



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## خواص سیلیکان و اثرات آن بر سنسور:

سیلیکان یک ماده مناسب برای تکنولوژی سنسور است به شرط آن که اثرات فیزیکی و شیمیایی کافی با قوت قابل قبول نشان دهد که می تواند در ساختارهای غیر پیچیده در طول گستره وسیعی از درجه حرارت ها بکار برده شود. استفاده از سیلیکان دارای چندین پی آمد برای سنسورها می باشد. نخست آن که، خواص فیزیکی سیلیکان می تواند مستقیماً برای اندازه گیری کمیت اندازه گیری شوند. مطلوب به کار برده شود.



در جدیدترین تحولی که در سال ۱۹۸۰ جلوه گر شد، ارتباط تکنولوژی میکروالکترونیک با تکنیک های ایجاد شده بویژه برای تولید سنسور است، از قبل برداشتن نم غیریکسان، یا شیشه آندی در اتصال سیلیکانی. به این طریق خواص مکانیکی بسیار خوب سیلیکان تک کریستال می تواند برای ساخت سنسورهای بدیع به کار برده شود. ای تکنولوژی که به نام میکرومکانیک موسوم است منجر به تولید عناصر سیلیکانی مکانیکی یا مکانیکی / الکترونیکی با ابعادی به اندازه مشابه الکترونیکی آنها می گردد، که از نظر اندازه چندین میکرومتر هستند. سیلیکان تک کریستالی بویژه بخاطر خواص مکانیکی عالی خود با این تکنولوژی بخوبی سازگار است. تک کریستالی تغییر ماهیت نمی دهد. با این وجود، شکنندگی آن می تواند یک ایراد باشد. همچون الماس، این

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

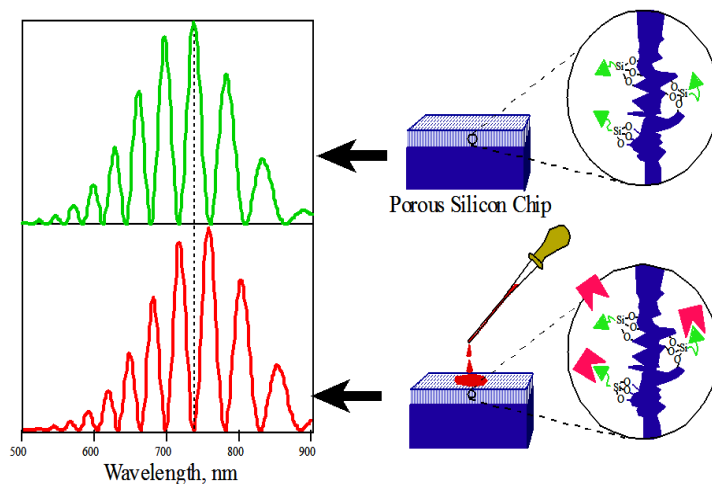
کریستال می تواند در عرض ضخامت مختلف شکسته می شود. نتیجه آن که بسیاری از سنسورهای ساخته شده بر مبنای سیلیکان تک کریستالی به کاربردهایی که در آن درجه حرارت به بالاتر از ۱۵۰-۱۲۰ درجه سانتی گرد افزایش پیدا نمی کند محدود می شوند.

## مراحل تولید در تکنولوژی سیلیکان:

ساخت سنسورهای سیلیکانی بطور عمده بر اساس عملیات بکار برده شده در تکنولوژی نیمه هادی مدرن استوار است. که برای تولید عناصر میکروالکترونیکی ابداع شده اند. تکنولوژی صفحه ای سیلیکان نه فقط بر تولیدات مدارات مجتمع غلبه می کند، بلکه یک عنصر تعیین کننده در تولید بسیاری از سنسورهای سیلیکانی نیز می باشد این امر منجر به مزایای زیر می شود:

ساخت کم هزینه سنسورها به تعداد زیاد، مینیاتورسازی سنسور تجمع یکپارچه و الکترونیک، ساخت سنسورهای چند گانه (سنسورهای چند گانه بر روی یک چیپ تنها)، استفاده از چیپ های بزرگ یا، در بعضی موارد، و وینرهای کامل (مثلاً سلولهای خورشیدی، سنسورهای نوری الکتریکی حساس به وضعیت)، امکان ساخت به بعدی که در آن تکنیک های خاص برای برش عمیق و غیر ایزوتروپیک و لایه های توقف برش خاص برای خلق شکل سه بعدی عناصر سیلیکاتی مینیاتور شده به کار برده می شود، استفاده از دیسک های خیلی نازک یا قسمت های خیلی نازک (سنسورهای فشار یا شتاب)، نشست دادن لایه های سنسور نازک بر روی زمینه سیلیکان که خواص سنسور محدود سیلیکانی را توسعه می دهد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



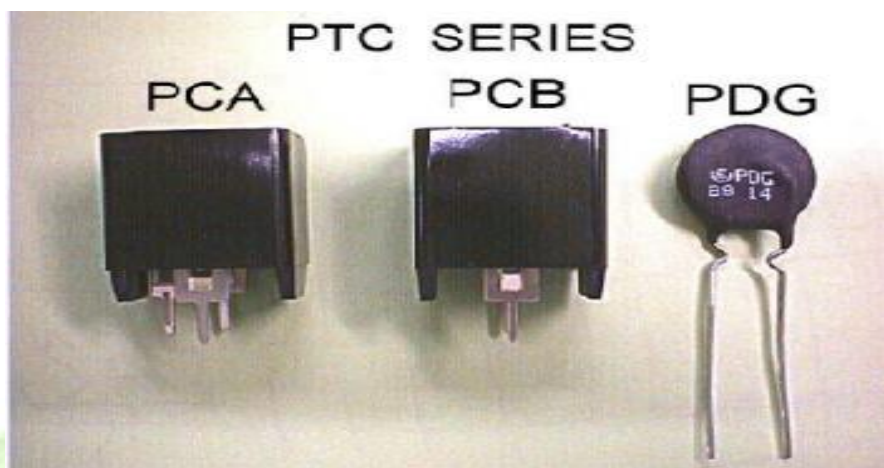
ویژگی های دیگر را می توانید در کتاب های میکرومکانیک مطالعه نمایید. ولی قبل از خلاصه ای از میکرومکانیک را خدمت شما عرض می کنم: عبارت میکرومکانیک، یا تشابهات آن به یک شاخه علمی گفته می شود که در آن هدف ساخت میکروسیستم های پیچیده متشکل از سنسورهای بسیار مجتمع، یک طبقه پردازش سیگنال لا+ رنجش های مکانیکی قابل حرکت می باشد. در این حرکت علمی به روش های علمی برای ساخت دست پیدا کرده اند که در روش های مکانیکی معمول امکان ساخت آن غیرممکن است محدوده ساخت آن ها بین میلی متر و زیرمیکرومتر واقع می شود.

### سنسورهای در بعد حرارت:

در بعد حرارت یکی از مهمترین کمیت های فیزیکی می باشد. بسیاری از اصول مربوطه به اندازه گیری درجه حرارت از دتها پیش شناخته شده اند، از قبل پدیده انبساط مکانیکی، ترموکوپل، ترمومتر و ... پیشرفت های حاصل شده در علم مواد در دهه ۱۹۵۰ سبب پیدایش مقاومت هایی با

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

ضریب درجه حرارت مثبت (PTC) یا منفی (NTC) شد، بر طبق سنسورهای موجود می توان سنسورهای موجود حرارتی را به ۱- سنسورهای مقاومتی ۲- سنسورهای درجه حرارت اینزفیس طبقه بندی کنیم.



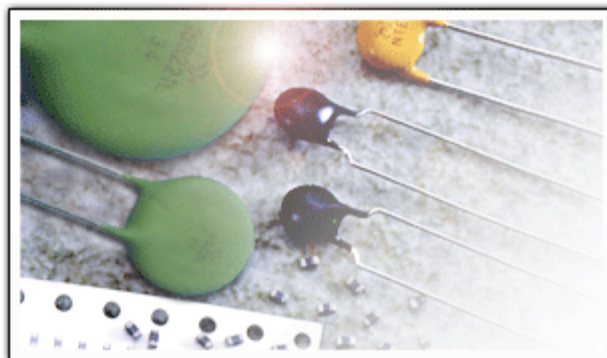
### سنسورهای درجه حرارت مقاومتی:

چنین سنسورهایی از وابستگی درجه حرارت انتقال عامل استفاده می کند. اصلاح مقاومت توزیعی، از روش برای سنجش مقاومت ویژه یک نیمه هادی با استفاده از روش تک پروپی ناشی می شود.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سنسورهای سیلیکانی دارای این مزیت هستند که می توانند با اطمینان بیشتر و با سطوح قابل تحمل پایین تر دوباره تولید شوند. H-Si بطور عمده در کاربردهای تکنیکی به کار برده می شود.



طول کناره زمينه ۱-۲mm، ضخامت تقريباً ۲۰۰mm است. کل قطر d دارای مقداری به اندازه ۱۰-۵۰mm می باشد. ابعاد کوچک و زمان پاسخ دهی کوتاه باعث کاربرد آن شده است. مثلاً سنسور نوع (Valvo) KTY 84 یک سنسور NTC در محدوده درجه حرارت بین ۵۰- تا ۳۰۰ درجه سانتی گراد است.

### سنسورهای حرارتی اینترفیس:

این نوع سنسور بطور عمده از وابستگی حرارتی انتقال عامل با استفاده از اتصالات p-n به پایای دیودها، ترانزیستورها یا ترکیبات ترانزیستوری بهره برداری می کند. اثرات اصلاح وابستگی حرارتی پلاویته اینترفیس مخازن های Mos با تغذیه AC نیز می تواند توسط این نوع سنسور بکار برده شود. هر دو اثر در مبدل های حرارتی - فرکانسی بکار برده می شوند. مثال های تجارتي از این نوع سنسور حرارتی عبارت است از انواع AD 590 (دستگاه های آنالوگ) هستند.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



آن‌ها می‌توانند در حد دقتی به اندازه تقریباً  $1k$  برای درجه حرارت‌های  $0.50^{\circ}C$  و  $0.150^{\circ}C$  به کار برده شوند. اگر چه پیشرفت‌های دیگری در حال تجربه هستند، بیشتر آن‌ها هنوز در مرحله آزمایشگاهی قرار دارند، مبدل‌های حرارتی فرکانسی بدلیل توانائی آن‌ها برای ایجاد یک سیگنال خروجی فرکانسی - آنالوگ جهت غالب دیگری از تکامل را ارائه می‌دهند. این مدار متشکل از تعدادی طبقات معکوس کننده با ترازیستورهای جانبی ( $T1$ ) و عمودی ( $T2$ ) می‌باشد ظرفیت اتصال طبقات معکوس کننده انفرادی سبب ایجاد یک تاخیر سوپینگ می‌شود که، با فرض یک جریان تزریقی معین، فرکانس عملیاتی نوسان‌ساز حلقه‌ای را تعیین می‌کند که با تعداد طبقات معکوس کننده بکار برده شده تغییر می‌نماید. وابستگی حرارتی  $VBE$  مستقیماً فرکانس نوسان ساز را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین برای درجه حرارت‌هایی بین  $0.20$  و  $0.80$  درجه سانتی‌گراد یک وابستگی مغطی بین درجه حرارت و فرکانس با یک حساسیت نسبی،  $\Delta f/f$  به اندازه‌ی تقریباً  $k$   $3-10$  وجود دارد. اگر چه آینده چنین سنسورهایی خوب است، ولی آن‌ها هنوز در زمینه قیمت با رقیبان خود قادر به رقابت نیستند.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## سنسورهای حرارتی سیلکونی دیگر و کاربردها:

در درجه حرارت بالا (۵۰۰ الی ۳۰۰۰ درجه سانتی گراد) غالباً با لومتر به عنوان یک عنصر

حس کننده به کار برده می شود. در این دستگاهها درجه حرارت در نتیجهی جذب تشعشع گرمایی

توسط لایه های مقاومتی افزایش می یابد. غالباً

مقاومت های لایه ای سیاه فلزی و مقاومت های

لایه ای ترکیب فلز - اکسید فلز مورد استفاده

قرار می گیرند.



سیلیکون اغلب به عنوان زمینه به کار

می رود. ترموپیل های مجتمع علاوه بر کاربردهای حرارتی کاربردهای دیگری نیز دارند به عنوان

مثال اندازه گیری دبی سیال، آشکار سازی تشعشع ماوراء قرمز و اندازه گیری فشار خلاء از

آنجایی که سیلیکان یک هادی گرمایی خوب است، روش های حکاکی اغلب می تواند به منظور

وفق دادن ضخامت و شکل ترموپیل ها در کاربردهای ویژه به کار روند. آفست (offset) کم

ترموپیل های مجتمع یک مزیت بزرگ است. بالابردن سی یک سیلیون نیز یک مزین است زیرا

سیلیکون دارای اثر سی بک (ضریب) بیشتری نسبت به فلزات است از این رو برای اندازه گیری

دماهای جزئی مورد استفاده قرار میگیرد (در حد میکروکلوین).

## سنسورهای فشار:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سنسورهای سیلیکانی در اندازه گیری فشار، توان، و شتاب دارای اهمیت زیادی هستند تاکنون معمولی ترین سنسورهایی را که در این زمینه به کار برده می شود دارای اثر پیزوالکتریک بوده است. با به کارگیری مقاومت هایی که سنسورهای سیلیکونی نصب یا پخش می شوند اثر اندازه گیری شده را نتیجه می دهد.

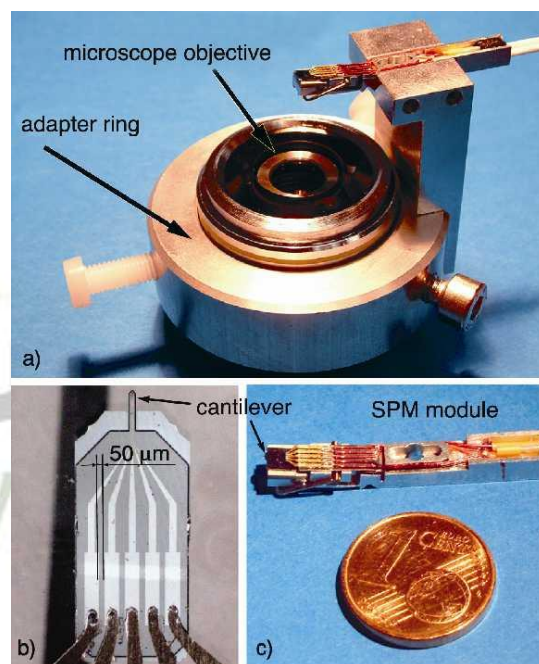


. بعلاوه، سنسورهایی که از اثر پیزو خازنی بهره می برند نقش بطور فزاینده مهمی را، بویژه هنگامی که نوسانگر یا تقویت گرها می توانند بطور یکپارچه بر روی یک چیپ مجتمع شوند، بازی می کنند. سنسورهای فشار پیزو خازنی نسبت به سنسورهای پیزو مقاومتی حساس تر و پایدارتر و کم متاثر نسبت به تغییرات درجه حرارت هستند. با این وجود تولید روی ساده تر و ارزانتر است. آنها در مقایسه با سنسورهای خازنی، یک مشخصه پاسخ تقریباً خطی ارائه می کنند. همچنین آماده سازی سیگنال ساده تر است. جدیدترین طرح Si چند گانه یا MOSFET های اصلاح شده می باشد.

**اثر پیزو مقاومتی:**

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

اثر پیزو مقاومتی بیانگر تغییر در مقاومت الکتریکی ماده‌ای است که در معرض یک نیروی مکانیکی همچون کشش یا فشار قرار می‌گیرد. این پدیده در کریستال‌هایی که فاقد محورهای قطبی هستند رخ می‌دهد و به خوبی در نیمه هادی‌ها نمودار می‌شوند. در عمل، مقاومت پیزو غالباً برای عناصری بکار برده می‌شوند که به یک جسم تغییر شکل دهنده به صورت یک مدار مقاومتی اعمال می‌شود.

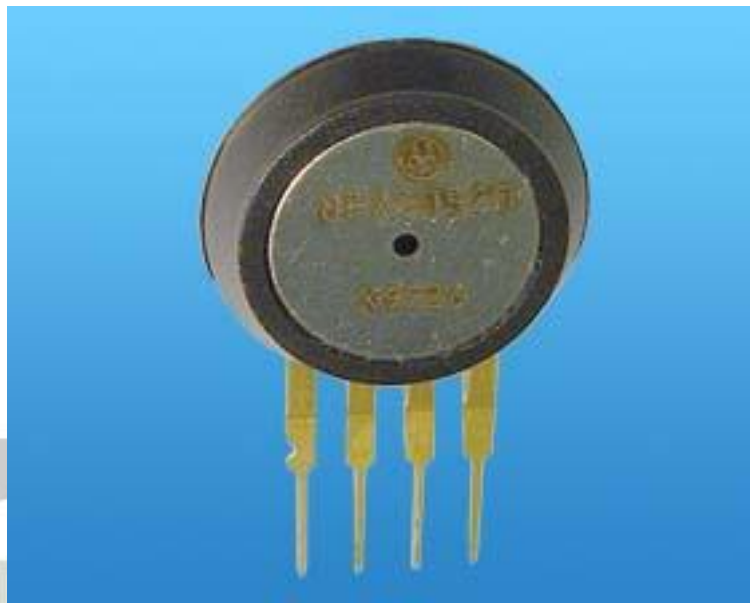


جسم تغییر شکل دهنده معمولاً به فرم یک میله قابل انعطاف، بویژه در سنسورهای توان یا شتاب یا به فرم یک دیافراگم مستطیلی یا مدور می‌باشد. مقاومت‌ها در نواحی تحت حداکثر نیروی مکانیکی به صورت یک پل بسته می‌شوند.

### سنسورهای فشار پیزو مقاومتی:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

امروزه بسیاری از سازندگان سنسورهای پیزو مقاومتی را برای رنجی بین 1mbar تا 1000 bar می سازند، که برای اندازه گیری فشار مطلق و تفاضلی مناسب هستند، آن ها در مقابل بارهای زیاد حساس نیستند، با وجود این هنگامی که فشار از مقدار مجاز بالاتر روند به آسانی می شکنند، همچنین باید آن ها را در مقابل گرد و غبار محافظت کرد.



به این منظور سنسور را در یک کپسول ضد هوا قرار داده و داخل آن را با روغن پر می کنند، محدوده ای دمایی این سنسور بین ۱۲۰ تا ۱۲۵ درجه سانتی گراد است که اگر از این محدوده ای دمایی بالاتر رود اتصال یونی بین آن به سادگی می شکنند. اشکالاتی که این سنسور دارد در آماده سازی سیگنال برای مدار تقویت کننده می باشد که تا حدودی به وسیله ی پردازش گرهای جدید رفع شده است. اخیراً یک سنسور فشار با سیگنال خروجی دیجیتالی با عنوان فلیپ- فلاپ NMOS آماری معرفی شده است. ساختار این سنسور که براساس یک فلیپ فلاپ نامتعادل قرار

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

دارد توسط دو مقاومت می تواند تحت تاثیر قرار گیرد و این منجر به تغییری در خروجی پالس سنسور قرار گیرد.

## اصول سنسورهای فشار جدید

تجمع بک MOSFET و یک الکتروت منجر به ظهور انواع زیادی از سنسورهای جدید شده است که نمونه‌ای از آن سنسور فشار PRESSFET می باشد. این سنسور که یک نمونه جدید از آرایش FET با یک لایه ساندویچی دی الکتریک بین گیت و سیلیکان در نظر گرفته می شود.



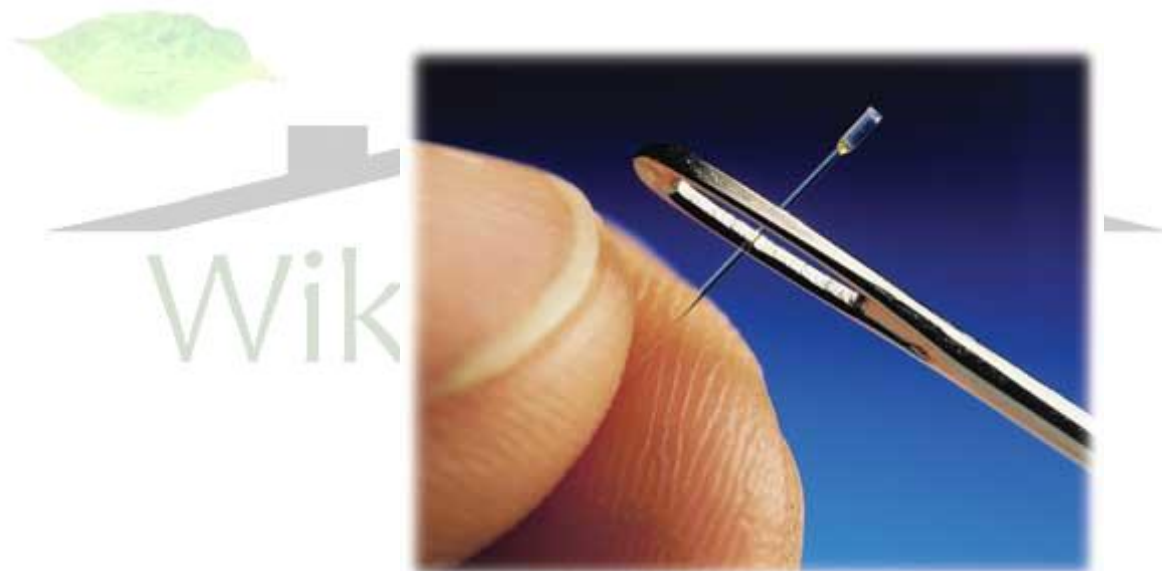
نمونه‌ای از سنسورهای جدید که براساس روش های میکرومکانیکی تولید می شوند که برای اندازه گیری فشار خلاء به کار می روند. نمونه‌ای از کاربرد این سنسور را می توان در خودرو با نام سنسور MAP که بر روی ما نیفرلد قرار دارد مشاهده کرد. این سنسور برای فشارهای بین 10mpa و 10mpa مناسب می باشد. این سنسور سیلیکونی پیزو مقاومتی که با استفاده از تکنولوژی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

سیلیکانی بر روی یاقوت کبود (SOS) تولید می شود در دمای بالاتر از ۱۰۰ درجه سانتی گراد می تواند بخوبی کار کند.

## سنسورهای نوری:

سنسورهای نوری بر اساس نیمه هادی دارای اهمیت زیادی در زمینه اندازه گیری و تکنولوژی اتوماسیون است. با این وجود سنسورهای نوری به تنهایی کمتر برای اندازه گیری نور مورد استفاده قرار می گیرند و بیشتر برای اندازه گیری موقعیت و مسافت مورد استفاده قرار می گیرند.

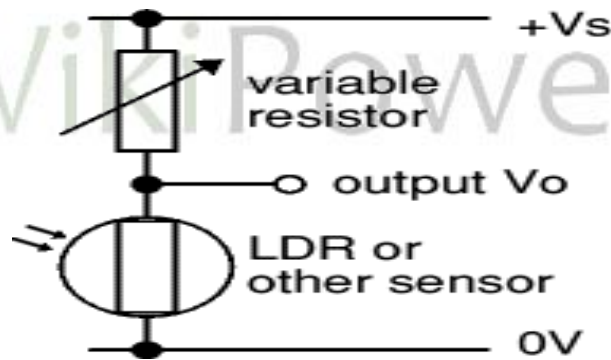


مثال کاربردی در خودرو مانند ( شفت اینکدر) است که بر روی گیربکس برای اندازه گیری سرعت خودرو به کار می روند. سنسورهای نوری به دلیل سادگی کاربرد و سازگاری با مدارهای میکروالکترونیک سال است مورد استفاده قرار می گیرند. در ادامه به توصیف چند نوع سنسور فوری می پردازیم.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## مقاومت های نوری:

مقاومت های نوری هادی های نوری ساخته شده از موادی هستند که هدایت نوری آنها هنگامی که در معرض نور قرار داده می شوند تغییر می کند. یک نمونه شناخته شده با استفاده از مقاومت نوری لایه نازک فراهم می شود که از cds چند کریستالی یا نیمه هادی های با اتصال دو ماده ای cds/cdse تشکیل می یابند. با وجود این پیشرفت هائی در تکنولوژی Si به معنی آنستکه اینها توسط عناصر Si جایگزین کرده شده اند، برای مثال توسط دیویدهای نوری Si که به منظور تشکیل مقاومت های نوری متصل می شوند. از Si تک کریستالی خالص به عنوان یک ماده مقاومت نوری به دلیل سطح نسبتاً پایین تغییر مقاومت آن چشم پوشی شده است.



زمان پاسخ این مقاومت در حد میلی ثانیه قرار دارد و چنین حالتی یک رابطه ی خطی بین

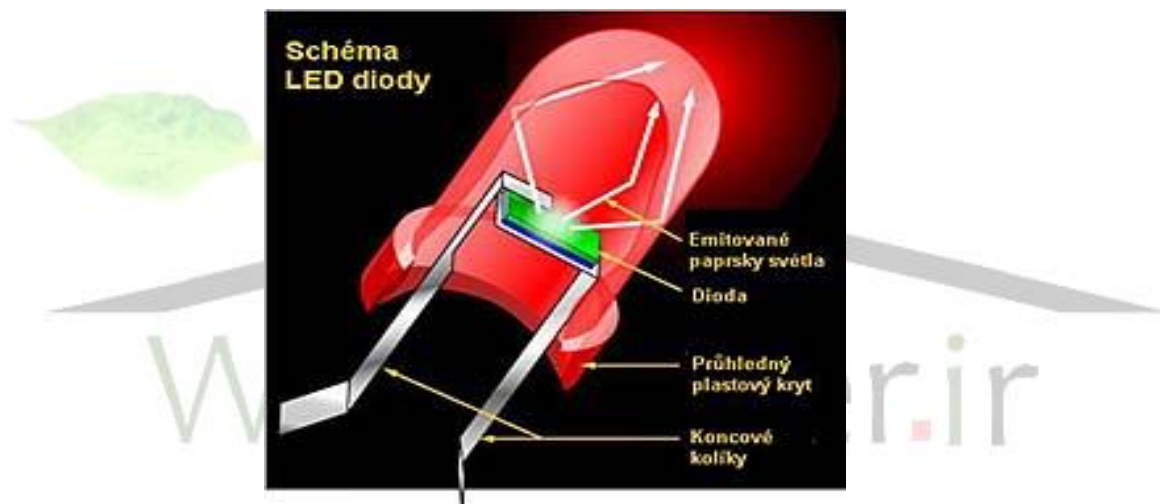
نور تابنده و قدرت هدایت نوری فراهم می کنند.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## دیودهای نوری و ترانزیستورهای نوری:

سنسورهای نوری غالباً از آشکارسازهای Si با اتصالات p-n استفاده می کنند. اینها می توانند به عنوان عناصر فتوالکتریکی بدون هیچ ولتاژ خارجی یا به عنوان دیود با وجود یک بایاس معکوس به کار برده شوند. در دیودهای نوری p-n نور غالباً توسط لایه p جذب می شود حامل های اقلیتی که به این ترتیب به وجود می آیند به داخل ناحیه تخلیه انتشار می یابند که در آنجا توسط میدان داخلی به تله می افتد.



جریان نوری، در محدوده‌ی نسبتاً بزرگی از دامنه، یک تابع خطی از انرژی نورانی تابنده برروس سطح حساس به نور می باشد. حداکثر حساسیت طیفی در 850 nm حاصل می شود. امروزه سنسورهای حساس به نور فروانی در بازار یافت می شود به عنوان مثال سنسور نوع S2 که توسط شرکت WF Berlin ساخته می شود. جدیدترین تکامل مجتمع کردن سنسور با استفاده از تکنیک تجمع چیپ یا هیبرید می باشد. دیودهای نوری قدیمی به رنگ نور تابنده حساس نبودند. ولی در مدل های جدید هیبرید برای جلوگیری از تداخل (نویز) از فیلترهای مخصوص استفاده



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

می کنند و در هنگام خرید سنسور نوع نور تابش (رنگ) ذکر می شود. در بعضی کاربردها تعیین کردن موضعی که در آن اشعه به سنسور حساس نسبت به نور برخورد می کند ضروری است. در اینجا استفاده از دیودهای نوری حساس نسبت به موضع احتیاج است.

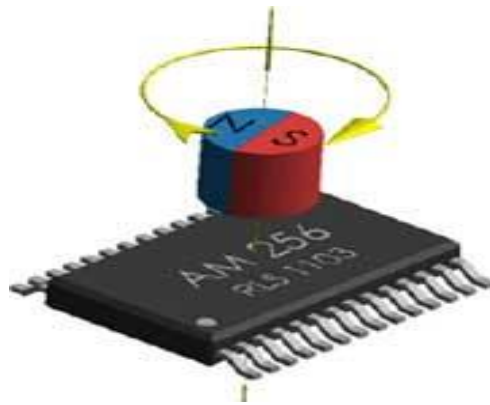


مثال کاربردی را می توان در قلم نوری مشاهده کرد. در این سنسور چندین دیود و ترانزیستور بصورت یک چیپ مجتمع شده اند و به وسیله ی یک پردازشگر سطح بازتابش شده و رفتن به نقطه ی دیگر دائماً کنترل می شود. ماوس های جدید نوری نیز بر همین اساس کار می کنند.

## سنسورهای میدان مغناطیسی:

سنسورهای میدان مغناطیسی (Mfsها) مبدل هایی هستند که می توانند یک میدان مغناطیسی موجود را به صورت یک سیگنال الکتریکی تغییر شکل دهند. دو گروه عمده در کاربرد عبارتند از:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



۱- استفاده مستقیم از یک Mfs به عنوان عنصر اندازه گیری کننده ی خاصیت مغناطیسی به عنوان مثال برای اندازه گیری میدان مغناطیسی زمین برای قرائت کدهای مغناطیسی یا برای کنترل و نظارت تجهیزات مغناطیسی

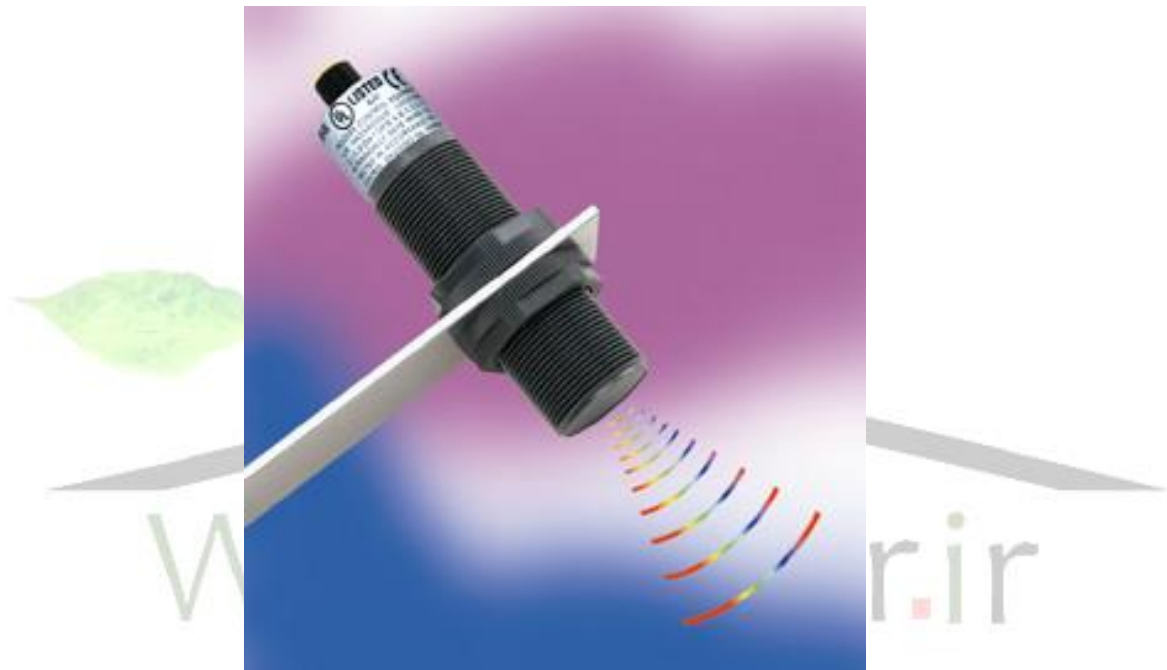
۲- استفاده غیر مستقیم، یعنی میدان مغناطیسی بسادگی به عنوان یک حامل اطلاعات برای یک سیگنال غیر مغناطیسی عمل می کند، برای مثال در سویچ های بدون کنتاکت، در آشکار سازی تغییراتی در فاصله یا زاویه، در اندازه گیری جریان پتانسیل صفر یا در یک واتمتر مجتمع. چنین گستره ی وسیعی از کاربرد به معنای آن است که میدان های مغناطیسی در گستره ی پایین میکرو-ومیلی تسلا را آشکار کنیم.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## فصل چهارم

### مولدهای هال و مقاومت های مغناطیسی

اثر هال این گونه تعریف می شود اگر در یک میدان مغناطیسی خطوط قوا توسط فلز یا آهن ربایی قطع شود یک جریان به وجود می آید که به اثر هال معروف است.



از سیلیکون سال ها است به عنوان تولید جریان هال استفاده می شود. زیرا سیلیکون شرایط سازگاری کاملی برای تولید IC دارد ولی سیگنال تولیدی آن بسیار کوچک است و باید تقویت شود. مولدهای هال توسط شرکت های تجاری بسیاری از جمله (Honeywell, Siemens) تولید و عرضه می شوند. نمونه ای از کاربرد سنسور اثر هال را می توان در دور سنج خودرو مشاهده کرد. بدین نحو که سنسور به فاصله کمی با فلاپیول بر روی پوسته گیربکس نصب می شود و با گردش فلاپیول یک حوزه مغناطیسی ایجاد می شود در این گردش یکی از دنده ها در

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فلایویل حذف شده است و باعث تغییر در خطوط قوا و یک پالس می شود. سنسورهای با اثر هال مغناطیسی که از جنس سیلیکون ساخته می شوند تا درجه حرارت ۲۰۰ درجه سانتی گراد کار می کنند. در سال های اخیر نوع جدیدی ابداع شده است که از جنس GAAS (گالیوم آرسینه) می باشد که در دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد نیز به خوبی کار می کند.

### کاربردهای ممکن سنسورهای میدان مغناطیسی:

بدلیل تنوع زیاد کاربردهای ممکن سنسورهای هال و مقاومت های مغناطیسی در اینجا تنها ارائه چند مثال برگزیده را بیان می کنم. بدلائل اقتصادی سنسورهای هال قبلاً به صورت منفرد به کار می رفت، در حالیکه مقاومت های مغناطیسی به منظور جبران کردن وابستگی حرارتی مقاومت ها در یک ترکیب تفاضلی به کار می روند. سنسورهای هال می توانند به عنوان سویچ هال به کار برده شوند. همه ی سنسورهای گالوانو مغناطیسی عملاً بدون استهلاک کار می کنند بنابراین طول عمر تقریباً نامحدودی دارد، در مقایسه با سنسورهای خازنی و سلفی شکل سیگنال پایداری ایجاد می کنند که تاخیر ندارد و آن ها قادر به آشکار کردن فرکانسی بین 0-100 KHZ هستند. یک کاربرد مهم برای مولدهای هال اندازه گیری جریان الکتریکی تحت پتانسیل صفر است. سنسورهای گالوانو مغناطیسی بطور عمده به عنوان سنسورهای جابه جایی و وضعیت و به عنوان ابزارهای مغناطیسی برای سرعت و چرخش است. مقاومت های مغناطیسی در پتانسیومترهای بدون کنتاکت به کار برده می شود. سنسورهای گالوانو مغناطیسی برای بازیافت اطلاعاتی که با استفاده از عناصر آهن نرم یا مغناطیسی های دائم قرار داده شده در یک ماده ی فرو مغناطیسی کدگذاری شده اند مناسب هستند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

یک کاربرد جالب برای سنسورهای هال آنالوگ موتور جریان مستقیم بدون کلکتور است. نحوه کار به این صورت است: هنگامی که جریان کنترل گذرنده از سنسور هال ثابت، سطح وپلاویته ولتاژ هال موقعیت روتور را صرفنظر از سرعت چرخش نشان می دهد. به این طریق جریان در سیم پیچی های استاتور می توان بطور الکترونیکی تنظیم شود. با این کار مزایایی برای این موتور به وجود می آید از جمله رکولاسیون سرعت چرخش عالی، انتشار نویز پایین و رهایی از تداخل مغناطیسی،



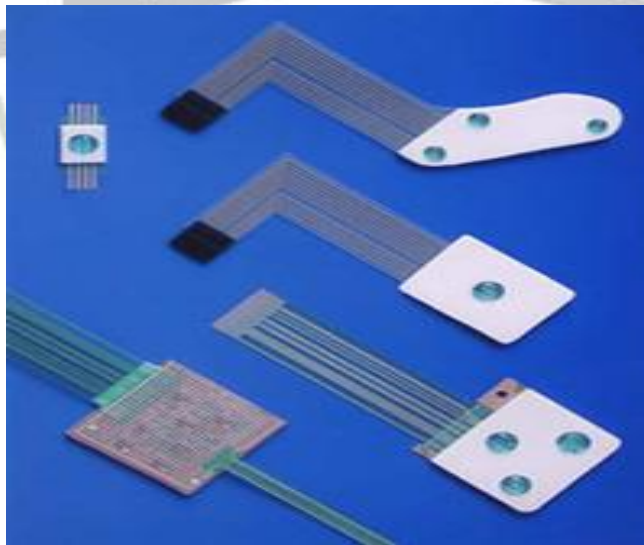
از کاربردهای این نوع موتور می توان در فلاپی دیسک درایوها و ویدئوهای VHS نام برد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## فصل پنجم

### سنسورهای میکرومکانیکی

سنسورهای فشار با غشاءهای سیلیکانی نازک مشتمل بر مقاومت‌های حساس به فشار نفوذ داده شده یا بطور گرمایی رسوب داده شده به مدت تقریباً ۲۰ سال فرآورده‌های میکرومکانیکی را تشکیل داده بودند. با وجود این، دامنه‌ی کاربرد تکنولوژی میکرومکانیکی بطور قابل ملاحظه‌ای در آغاز دهه ۱۹۸۰ افزایش یافت.



امیدوارکننده‌ترین قسمت این سنسور را می‌توان در اتصال یک سنسور مینیاتوریسازی شده و یک قسمت مغناطیسی بر روی یک زمینه توصیف کرد. علاوه بر سیلیکون مواد پلی مری نیز در ساخت این نوع سنسور نیز به کار می‌رود مانند کوارتز و لایه‌های ZnO.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## سنسورهای شتاب / ارتعاش:

با استفاده از روش های برداشت و تقویت مناسب، می توان عناصر مینیاتوری برای اندازه گیری شتاب و ارتعاش درست کرد. این سنسورها براساس انحراف صفحه با غشاء مرتبطه کار می کنند. مثلاً در نوع خازنی در صورت به وجود آمدن تغییرات حرکتی صفحات شناور جوشن تغییر موضع انجام می دهند و این تغییر موجب اختلاف در ظرفیت و ولتاژ در خروجی می شود که به عنوان سیگنالی قابل برداشت است. در نوع پیزوالکتریک نیز همین وضعیت برقرار می شود ولی هنگامی که از نوع اپتیک (نوری) به کار می رود فیبرهای شیشه ای این انحراف را ثبت می کند. براساس کاربرد آن پاسخ فرکانسی بین 0.01 , 0.01 میلی ثانیه می باشد.



امروزه در صنعت از سنسورهای شتاب سیلکونی که به صورت IC ارائه می شوند بیشتر استفاده می شود. زیرا این نوع سنسورها می توانند در یک گستره دینامیکی تا حد فرکانسی صفر فعالیت کنند. موضوع ارتعاش خیلی پایین و بسیار مهم است زیرا سنسور شتاب که در خودرو بر روی بلوک سیلندر نصب می شود باید کمترین ارتعاش در اثر دتونییشن احتراق را به ECV

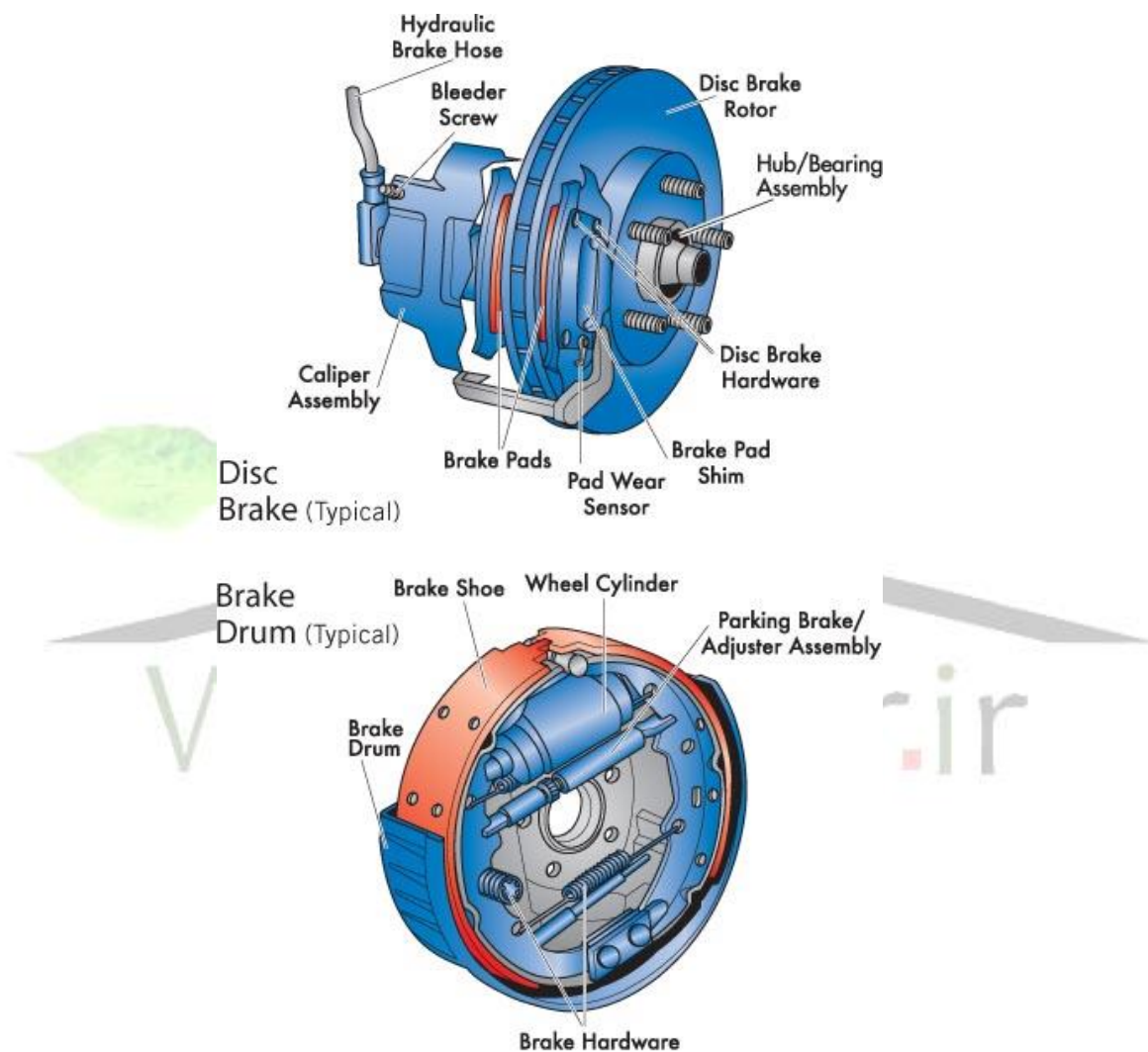


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

مخبره کند. سنسورهای استاندارد می توانند شتاب بین  $5g$ ,  $100g$  را اندازه گیری کنند. و تفرانس

تشدید بین  $600\text{ Hz}$  در  $\pm 5g$  ,  $275\text{ Hz}$  در است. دیگر کاربردهای سنسور شتاب را می توان

در ترمز ABS و ایربگ می توان دید.



در کاربردهای پزشکی و فضایی نیز نوع حساس تر کاربرد دارد. در ماشین های لباس شویی

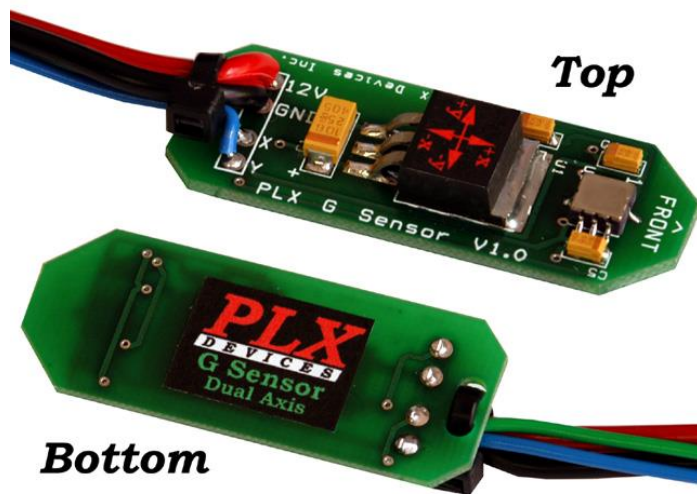
اتوماتیک به عنوان کنترل کننده سرعت دوران به کار می رود. در اتومبیل ها به عنوان سویچ  $g$  یا

ایرسی به منظور قطع پمپ بنزین و در نتیجه خاموش شدن اتومبیل در هنگام حادثه مثل چپ

کردن اتومبیل به کار می رود. در آینده کاربرد این سنسور فراتر از این ها خواهد رفت.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



و در تکنولوژی جدیدی که در دست ساخت است نوع چندگانه به کار رتفه است که در میکرومکانیک به عنوان اندازه گیری صوت، هدایت صوت در جامدات و ارتعاشات بعلاوه برای مقاصد عیب یابی به کار می رود.

## سنسورهای میکروپیل:

این سنسور که به عنوان مثال برای اندازه گیری جریان گاز به کار می رود. براساس اصل انتقال حرارت کار می کنند. این سنسور با استفاده از تکنیک های میکرومکانیک و تکنولوژی لایه نازک تولید می شود. در این سنسور عنصر حس کننده از دوپل معلق تشکیل شده است که 400 mm عرض و 500mm طول دارند و با کانالی با اندازه 130mm از یکدیگر فاصله دارند که در سیلیکان حکاکی شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



این دوپل تشکیل یک لایه ی دی الکتریک از نظر حرارتی مجزا را از هم می دهند. هر دو پل شامل مقاومت هایی لایه نازک به اندازه چند صد اهم هستند که بازوهای یک پل و ستون را تشکیل می دهند و به عنوان یک لایه حساس عمل می کنند. وقتی سیالی از روی پل عبور داده می شود اختلاف درجه حرارت روی بدنه و داخل آن توسط یک چیپ اندازه گرفته می شود و اختلاف آن به عنوان ولتاژ خروجی ظاهر می شود که ر پردازشگرهای به کار رفته به عنوان دبی مشخص می شود. زمان پاسخ سنسور 3ms می باشد. خارق العاده ترین کاربرد آن در دستگاه نوظهور کروماتوگر است که سنسور بصورت یک چیپ می باشد را می توان مشاهده کرد .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## فصل ششم

### سنسورهای فیبر نوری

فیبرهای نوری با افت کم که در حالت کلی به عنوان فیبر نوری (FOS) شناخته می شوند.



در اواسط سال ۱۹۷۰ معرفی شدند و تکنولوژی ارتباطات را متحول کردند. این سنسورها

مزایای بسیاری را نسبت به سنسورهای مکانیکی و الکتریکی متداول دارند که عبارت است از:

برای محدوده‌ی وسیعی از دما مناسب هستند، در مقابل محیط‌های خورنده و آلودگی

رادیواکتیو مقاوم هستند، حفاظت قابل توجهی در مقابل انفجارها دارند، به

تداخل‌های الکترومغناطیسی حساسیت ندارند، ابعاد کوچک و در نتیجه قیمت‌های پایین تولید دارند. خواص

عایقی فیبرنوری گویای این واقعیت است که آن‌ها می‌توانند در پتانسیل صفر عمل کنند.

### ساختمان فیبرها:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

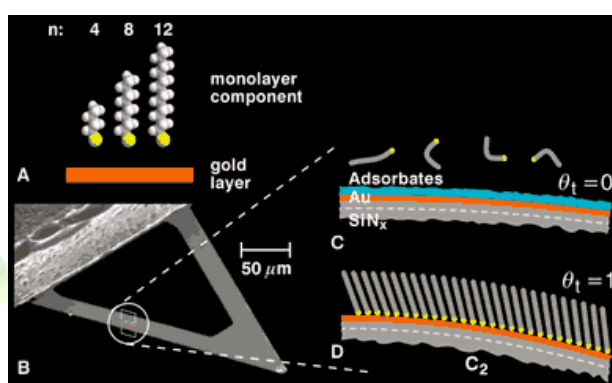
یک فیبر نوری متشکل از یک هسته داخلی با ماده هادی نور و پوشش آلیاژی در برگیرنده‌ی هسته با ضریب شکست کمتر از ضریب شکست هسته می‌باشد. در کاربردهای عملی هر دو ماده با یک پوشش حفاظتی محصور شده‌اند. نور در امتداد هسته از طریق انعکاس کامل در مرز هسته و پوشش آن منتشر می‌شود. اگر قطر هسته‌ی هادی نور خیلی بزرگتر از اصول مربع نور باشد واگر یک تغییر کوچک در انکسار نور به فاصله یک طول مربع وجود داشته باشد، آن موقع انتشار امواج نوری می‌تواند برحسب تقریب باصطلاح هندسی نوری توصیف شود ولی محدودیتی به این صورت وجود دارد که فقط یک تعداد محدودی از زوایای مایل به نسبت به محور نیز مجاز است از اینرو در مورد حالت‌ها مربع بر متناظر بحث می‌ود. فیبرهای نوری به دو دسته: ۱- یک حالت و ۲- چند حالت تقسیم می‌ود در نوع یک حالت اصلی انتشار به و سیله در پلاریزا سیون عمود برهم تعیین می‌شود و در نوع چند حالت چند پلاریزا سیون نوری برهم عمودند و تداخلی نسبت به هم ندارند تولید فیبرهای نوری چند حالت آسانتر از دو حالت است و جنس آن منحصرأ از کوارتز است ولی در نوع دو حالت از شیشه معمولی نیز می‌توان بهره گرفت.

### کاربردهای سنسورهای چند حالت:

حوزه کاربرد فیبرهای چند حالت بسیار زیاد است از جمله در صنایع مواد غذایی، صنعت اتومبیل و ... بیشترین گروه از سنسورها در این رده تنها دارای یک مسیر ارسال اطلاعات می‌باشد. این سنسورها ترکیبی از فرستنده- فیبر- گیرنده هستند. مثال کاربردی دیگر هیدروفون است که برای اندازه‌گیری مقادیر کم فشار در حد میلی پاسکال است. در کاربردی دیگر سطح مایعات را

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

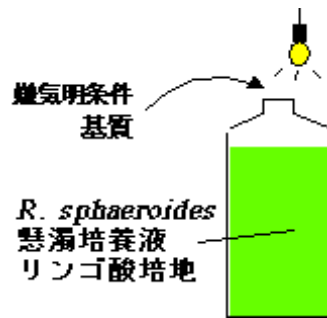
می توان به وسیله فیبر تعیین کرد. به این صورت که یک قسمت مخروطی در انتهای فیبر ایجاد می کنیم حال اگر نور تابیده شده به مایع برخورد کند انعکاس آن توسط مایع به داخل فیبر تابیده می شود در اینجا یک دستگاه به نام رفراکتومتر طول مربع انعکاس را اندازه گیری و سطح مایع را تشخیص می دهد. میزان خطا در مدل دیجیتال ۱ بیت است و قابل قبول می باشد البته مدل آنالوگ دقت بالاتری را ارائه می دهد.



در زمینه شیمی، بیولوژی و مواد دارویی کاربرد جالبی برای فیبرنوری وجود دارد. در سنسور PH که برای بررسی میزان PH آب مورد استفاده قرار می گیرد در انتهای فیبریک شاخص شیمیایی قرار داده می شود که رنگ آن با مقادیر PH مایع احاطه کننده تغییر می کند.

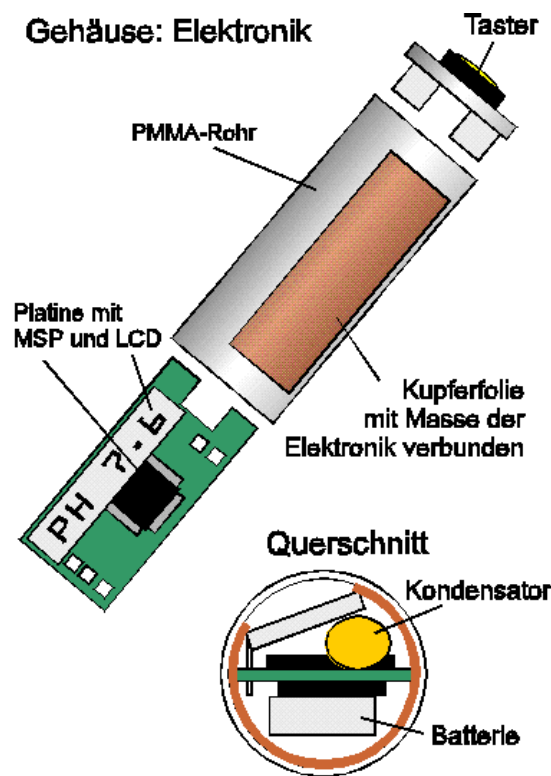
این تغییر رنگ اندازه گیری می شود. در هر حال سنسورهای آنالوگ دقت بالایی دارند. شماری از سنسورها که مصرف تجاری دارند، شناخته شده ترین آنها سنسور ASEA می باشد. این سنسور به این گونه کار می کند که عنصر اصلی حس کننده قطعه ای از فسفر است که داخل سیلیکون چسبیده ای در انتهای فیبر قرار دارد. این فسفر از جنس کریستال AL/ GA AS با اثر فرتولومیننس وابسته به دما است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



نور از یک LED با شدت حداکثر 750 nm وارد فیبر شده و باعث درخشندگی فوسفور می گردد. بازتاب این درخشندگی از مسیر همان فیبر برگشته و از طریق مرتبط کننده وارد آشکارسازی می شود. اینجا تکنیک های تفکیک نوری مناسب برای جداسازی دو طبق باندازه طیف نور برگشتی 800 nm و 900nm به کار می رود. وابستگی یکنواخت این نسبت به دما بعنوان اثر سنسور بکار می رود. این نوع از سنسور برای عمل در محدوده دمایی ۰ الی ۲۰۰ درجه سانتی گراد با دقت حدود 0.1 درجه سانتی گراد طراحی شده است. نوک حساس این سنسور قطری در حدود 0.5 میلی متر دارد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



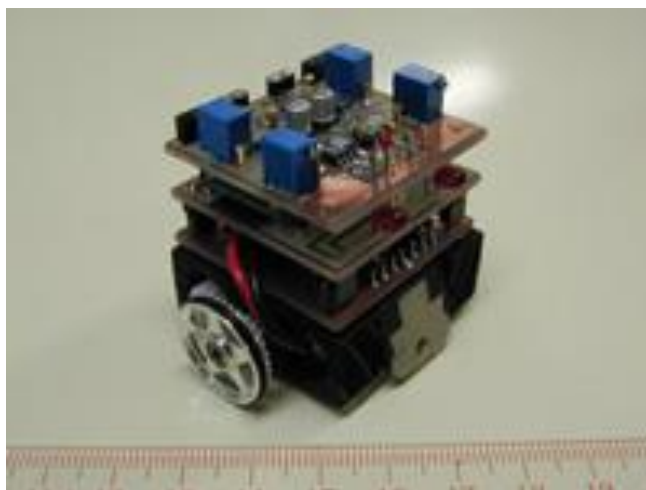
ساختار پیشرفته فیبرنوری برای دماهای بالا نیز وجود دارد، در یک تکنیک پیشرفته برای اعمال لایه نازک اریدیم که بعنوان جسم سیاه برای فیبر مقاوم حرارتی از جنس یاقوت کبود بکار رفته استفاده شده است. محدوده‌ی دمایی سنسور بین 500 الی 2000 درجه سانتی‌گراد است و این موضوع در اداره ملی استاندارد آمریکا نیز تایید شده است.

### کاربردهای سنسور تک حالت:

اگر چه سنسورهای تک حالت به دلیل قیمت بالا در مصارف عمومی به کار گرفته نخواهد شد ولی در مواردی که به دقت بسیار بالا نیاز باشد از این سنسورها در صنعت فیبر نوری استفاده می‌شود.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



سنسورهای تک حالت را می توان در ادواتی نظیر هورمونها، میدان سنجها، ژيروسکوپها و Fosها ملاحظه کرد. این ابزارها در صنعت نانو تکنولوژی، صنایع بیولوژیک و نظامی وهسته ای کاربرد دارد. اصول اندازه گیری در اکثر این سنسورها بر اساس مدولا سیون فاز است. از فیبرهای نوری می توان برای اندازه گیری های سریع صدا و ارتعاش و اثر آن بر روی یک جسم استفاده کرد. مثلاً در روش مچ- زندر (Mach-Zehnder) ;

در این روش انتقال دهنده در وضعیت پایدار نور لیزر بین مرجع و علائم دهنده ها تقسیم می شود به محض به وجود آمدن ارتعاش نور برگشتی با توجه به زمان برگشت دامنه ای را ایجاد می کند که به وسیله یک انتگرال گیر تبدیل و بک یه مبدل پیزو سرامیک (PZT) فرستاده می شود در آنجا نیز اصلاحاتی در فرکانس و دامنه صورت گرفته و سپس توسط یک دیکودر رمزگشایی می شود و محصول بر روی نمایش گر فرکانس پدیدار می شود. هیدروفون ها که در زیر دریایی ها و کشتی های جنگی کاربرد دارند نیز بر اساس اصل مچ- زندر کار می کنند این دستگاه ها قادرند صدایی با فشار ۱۰۰ میکرو پاسکال را تا فرکانس چندین هرتز اندازه بگیرند. ژيروسکوپ های فیبر نوری نیز بر اساس اثر ساکنان که در (1313) میلادی کشف شد، کار می کنند. قانون ساکنان



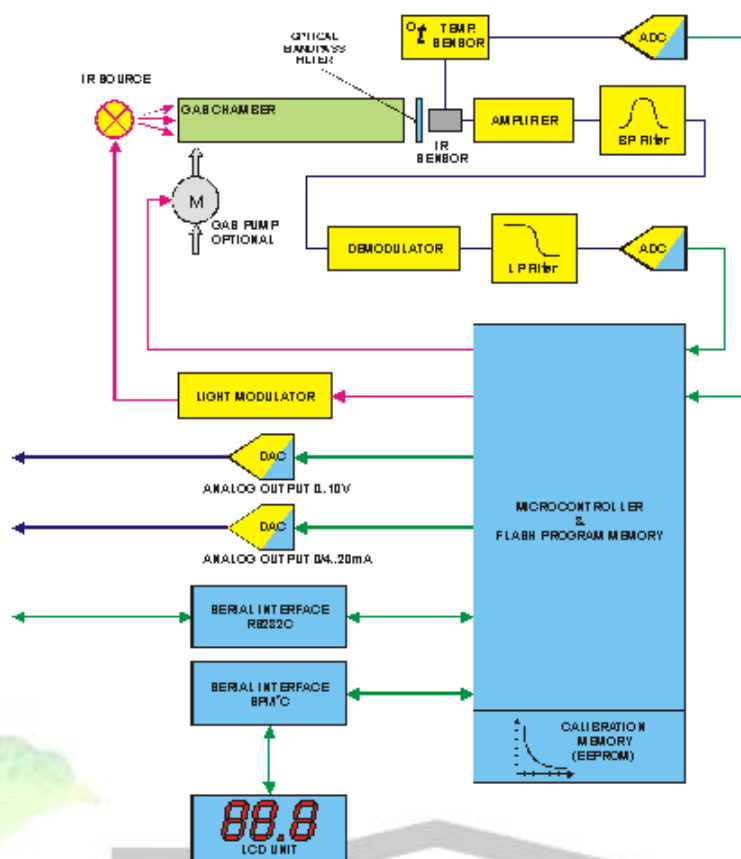
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

می گوید یک اشعه نوری می تواند مسیر اطراف یک حلقه بسته را هم در جهت عقربه های ساعت و هم در جهت خلاف آن بپیماید. اثر ساکناک یک اثر یک طرفه است (دو طرفه نیست) به عبارتی به جهت اشعه وابسته است. مربعی که در جهت عقربه های ساعت باید طی مسیر کند به یک تقسیم کننده اشعه اعمال می شود که اشعه برعکس آن از انعکاس این اشعه به دست می آید. این عمل باعث ایجاد آفست فاز ناخواسته می شود. این مشکل با گذاشتن مقسم دوم حل می شود. به این ترکیب بندی، ساختار دو طرفه می گویند. برای ایجاد دخالت پلاویزه تعریف شده از پلاویزه کننده استفاده می شود. زیرسکوپ های فیبرنوری رقیبی برای نوع مکانیکی محسوب می شوند. زیرا به صورت یک مدار مجتمع ساخته می شود و قیمت آن نیز پایین می باشد اخیراً در مدلی که در بالا یافت می شود تنها چهار قسمت با نام های واحد لیزر، واحد آشکار سازی، کوپل سنسور و تراشه اپتیک مجتمع هستند. زیرسکوپ های فیبرنوری برای کشف های مکانیکی بسیار شدید مناسب می باشد.

### سنسورهای فیبرنوری توزیع شده:

از کاربردهای مخصوص فیبرنوری در تکنولوژی سنسورها، حس کردن اثر کمیت اندازه گیری شونده در روی فیبر پیوسته یا فیبرهای توزیع شده گسته است. در حالیکه در سنسورهای میدان مغناطیسی یا زیرسکوپ فیبر نوری کل اطلاعات از طول قابل ملاحظه فیبر بدست می آید.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



سنسورهای توزیع شده امکان مشخص کردن اطلاعات دیفرانسیلی را فراهم کند. منظور از توزیع شده به کار بردن تعداد بیشتر سنسور که با یکدیگر موازی شده اند به کار می رود تا اطلاعات دقیق به دست آید.

کاربردهای این روش را می توان در لوله های فشار نیروگاه ها، خطوط نفت، و سفینه ها و توزیع دما در ترانسفورماتورها و ژنراتورها ملاحظه کرد. این گونه سنسورها به دو دسته تقسیم می شود وقتی که اندازه گیری بصورت مجزا توسط نقاط از قبل مشخص شده فایبر انجام گیرد معمولاً به آن سیستم نیمه - توزیع شده یا سیستم مالتی پلکس شده می گویند و موقعی که اندازه گیری از طریق همه طول فایبر بطور پیوسته انجام گیرد به آن سنسور توزیع اطلاق می شود. یک مثال را می توان در سیستم مالتی پلکس مشاهده کرد. در این روش از یک منبع لیزر پالهایی به یک فایبر اصلی اعمال

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

می شود که این فیبر مثل عنصر تأخیر دهنده عمل می کند. قسمتی از انرژی پالس نوری در محل اتصال به سنسور منتقل می شود این عمل توسط یکی از روش های انتقال یا انعکاس انجام می شود. در سنسورهای انعکاسی نور منعکس شده به گیرنده می رسد. ردیفی از پالس ای متناسب با سنسور مجزا به وجود خواهد آمد.

عرض پالس ار سال شده بایستی از زمان تأخیر بین در سنسور کمتر باشد، اگر چه در عمل این اصل مشکل است. موقعی که تعداد زیادی سنسور مورد استفاده قرار می گیرد. مشکلات مربوط به عرض باند و منبع تغذیه لازم ظاهر می شوند.

روش های دیگر مالتی پلکس کردن طول مربع یا تکنیکهای مودلا سیون منبع تغذیه به این مشکل را ندارند. اگر چه هنوز هم کارهایی برای توسعه انجام شده و اولین کاربرد این گونه سنسورها کم کم پدیدار می شوند. در هیدرفون یک ردیف سنسور شامل حدود ۱۰۰ سنسور استفاده شده است و به اصلاح اسکنر برداری اطلاعات مستقیم و دامنه ها را پردازش می کند.

این وسایل می توانند کمیت های مثل میدان مغناطیسی، شتاب و سرعت زاویه ای را اندازه گیری کنند. یکی از اولین سیستم های سنجش دما ترکیب نیمه توزیع بود که ترمومتر توزیع شده جذب دیفرانسیلی نامیده می شد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



یک عدد صفحه یاقوتی (حدود 0.25mm) در محل اندازه‌گیری قرار دارد که توسط فیبر تک حالت متصل شده است. حد جذب یاقوت که به دما وابسته است برای اندازه‌گیری استفاده می‌شود و نور رایلی که در اثر برخورد به عقب رانده شده است، در فاصله مشخص تحلیل می‌شود. یکی از معایب اصلی این روش اینست که جذب هر صفحه باعث تضعیف علائم شده و تعداد نقاط اندازه‌گیری را به ۱۰ محدود می‌کند. در کنار سنسورهای دمایی سنسورهای فشار و کشش نقش بیشتری دارند.

زمینه با اهمیت کمتر برای کاربرد سنسورهای توزیع شده، اندازه‌گیری میدان الکتریکی و مغناطیسی سنسورهای توزیع شده بر اساس روش تداخل سنجی یا انعکاس منجی هستند انعکاس‌های گسسته در طول فیبر یا اثرات تفرق در خود استخراج می‌شوند.

انعکاس سنجی اپتیکی بر مبنای زمان تکنیکی است که در آن پالهای اپتیکی کوتاه با انرژی بالا به فیبر وارد می‌شوند و انرژی برگشته در طول فیبر بصورت تابعی از زمان مشاهده می‌شود. این زمان

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

متناسب است با مسیری از فیبر که نور از آن برگشت داده می شود. در اثر تفرق رایلی است که در نتیجه پایین بودن ضریب انکسار اتفاق می افتد و در اثر تغییرات در چگالی که در دمای بالا بصورت حرارتی در فیبر التاء شده در ساختار فیبر نفوذ می کنند.

نوری که به صورت الاستیکی برگشت داده می شود در اثر این تغییرات چگالی است. این نور برگشتی با مقادیر کوچک دمای شیشه تغییر می کند. اولین نتایج راه اندازه گیری مقاطع دمایی در فیبرهای به طول بیش از ۱۰۰ متر قابل دسترسی هستند. وقتی برابر ۱ کلومین در فاصله ای به اندازه یک متر در طول فیبر فراهم شده است. حوزه عمل سنسورهای FOS توزیع شده هنوز در مرحله اولیه می باشد. با توسعه اپتیک مجتمع با فیبرهای مواد جدید هم برای هسته پیوسته و تمریناتی برای بررسی اثرات غیر خطی X اپتیکی مثل اثرات ذیمن و استتارک امکان غلبه بر محدودیتهای اقتصادی فراهم شده و میدانهای دمایی جدیدی برای کاربرد آنها باز شده است.

## فیبرهای نوری جدید:

پیشرفت در توسعه فیبرهای مخصوص برای تکنولوژی سنسورها می تواند در چندین حالت انجام گیرد. انتخاب مناسب جنس هسته و پوشش فیبر امکان انطباق با ضریب روزنه را ایجاد کرده

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

کوپلاژ فیبرها و توزیع حالت در فیبرهای چندین حالت را امکان پذیر می کند. مواد پوششی

می تواند گاز، مایع یا جامد باشد و اصلاحات زیادی در آنها امکان پذیر است.

فیبرهایی با انکسار دوگانه بیضوی با پیچاندن یک فیبر یک فیبر با سطح انکسار دوگانه

خطی بالا، در مرحله رشد کریستال ساخته می شود. این گونه فیبرها برای آشکار سازی چرخش

نارادی مناسب هستند.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## فصل هفتم

### سنسورهای شیمیایی

سنسورهای شیمیایی غلظت ذرات مخصوص (اتمها، مولکولها، و یا یونها را در مایعات و گازهای با استفاده از علامت الکتریکی ثبت می کنند. در مواردیکه با تشخیص مواد بیولوژیکی ویژه سروکار دارند، وسایل بکار برده شده بعنوان سنسورهای بیولوژیکی شناخته می شوند. اینها اغلب یک طبقه جداگانه از سنسورهای شیمیایی تلقی می شوند. سنسورهای شیمیایی بسیار متفاوت تر از سنسورهای فیزیکی هستند، در حله اول، تعداد گونه های شیمیایی که روی سنسور عمل می کنند معمولاً خیلی بالا هستند. یاد آوری می شود که تقریباً ۱۰۰ اندازه گیری فیزیکی می تواند با استفاده از سنسورهای فیزیکی ثبت می شود.



در مورد سنسورهای شیمیایی، این تعداد از نظر اهمیت به چندین مرتبه بزرگتر است یک

مثال از این تعداد ترکیباتی است که برای اندازه گیری در آزمایشگاههای پزشکی انجام می شود ثانیاً



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سنسور شیمیایی وسیله‌ای را که اندازه‌گیری می‌کند باید باز باشد و نمی‌تواند مثل مورد سنسورهای حرارتی بسته باشد، این بدان معنی است که آن در معرض عوامل نامطلوب از قبیل نور و خوردگی قرار دارد تشخیص ذرات ویژه همانطور که در بالا شرح داده شد در بیشتر موارد مسئله اصلی نیست، چون این ذرات می‌تواند با روش شیمی تجزیه‌ای به طور مثال با کمک طیف منبع‌های بصری، کروماتوگرافهای گازی، یا روش‌های نوری یا مغناطیسی، انجام شود.

در مقایسه با این روش‌ها، که معمولاً نیاز به وسایل گرانتیمنت و کار ناپیوسته دارد، نیاز مبرم به سنسورهای شیمیایی وجود دارد با خواصی از قبیل: ساختمان کوچک، نیرومند قابل اعتماد. سازگاری میکرو الکترونیکی. قابلیت تجدید کردنی ساخت انتخابی و سریع بزرگترین غیر وابستگی. ممکن از پارامترهای محیطی قابلیت ساخت با استفاده از روش‌های میکروالکترونیکی قرار دادی. این احتیاجات بدین معنی است که یک رشته وسیعی از کاربردها بوجود دارد. مثال‌ها اندازه‌گیری نثرها و حفاظت محیط زیست، اندازه‌گیری ایمسیونها، جلوگیری از آتش و انفجار در حین اندازه‌گیری، تکنولوژی اتومبیل، وسایل خانگی، تهیه آب، و تجزیه فاضلاب و تجزیه سطح مواد می‌باشد.

میلیون‌ها سنسور شیمیایی ساخته شده‌اند. متداولترین اینها سنسور  $\text{SnO}_2$  تاگوچی برای آشکار سازی گازهای احیاء شونده می‌باشد، سپس سنسورهای  $\text{O}_2$  که بر پایه سنسورهای انتقال یون  $\text{ZrO}_2$  استوار می‌باشد. در سال‌های اخیر نیاز به سنسورهای شیمیایی بطور زیادی افزایش یافته است. دلیل این امر را می‌توان در: افزایش پیچیدگی در فرآیند تولید، اقتصادی کردن استفاده از انرژی و مواد خام و کاهش آلودگی محیط زیست می‌باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

خلاصه تمام این ها این است که خیلی از پژوهشگران اکنون انرژی را برای توسعه سنسورهای شیمیایی با خواص ویژه برای کاربردهای ویژه و با اصول کاری شناخته شده، فدا می کنند. کار پژوهش و توسعه در دو مرحله پیشرفت می کند. یکی نقطه شروع برای توسعه سنسورهای جدید است که بطور تجربی برای استفاده تحت شرایط کاربردی واقعی بهینه شده و به وسیله حساسیت آن ها، حساسیت جنبی، روش مدت- طویل و شرایط طولانی مشخص شده است.

## انواع طرح:

سنسورهای شیمیایی می توانند بر طبق زمینه های مختلف کاربردی شان طبقه بندی شوند، ذراتی که آن ها نامزد تشخیص با اصل عملکرد فیزیکی شیمیایی شان هستند. این طبقه بندی عبارت است از:

- ۱- سنسورهای هادی: در این سنسورها تأثیر متقابل گاز با جامد (اکسید فلزی نیمه هادی یا نیمه هادی آلی) موجب تغییر در دمای مواد سنسور می شود.
- ۲- سنسورهای نیمه هادی ساخته شده: اینها سازنده های نیمه هادی اصطلاح شده هستند که در آن ها تغییرات در لایه های دو گانه الکتریکی در مرزهای فازی برای اندازه گیری استفاده می شود.
- ۳- سنسورهای الکترو شیمیایی: در این سنسورها از اثر کاتالیزوری الکترودهای ویژه برای تشخیص گاز با تأثیر متقابل انتخابی مولکول ها یا یونها با غشاء های ثابت در سیستم های جاری استفاده می شود.
- ۴- سنسورهای الکترو لیت جامد:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

این سنسورها در هدایت یونی در سطوح هدایتی الکترونی قابل اغماض به کار می رود.

۵- FET حساس شیمیایی: در این وسایل تأثیر متقابل یونها یا مولکولها در یک لایه یون-

انتخابی گاز- حساس در ناحیه گیت یک FET سبب می شود که پتانسیل گیت ترانزیستور تغییر

یابد در اصل، این نوع سنسور ترکیبی از یک سنسور پتانسیومتر (لایه حساس) و یک آمپلی

فایر بار است.

۶- انواع دیگر سنسور: این شامل سنسورهای است که بطور غیر مستقیم در فرآیندهای

شیمیایی عمل می کنند، مثل سنسورهای نوری، سنسورهای اپتوترمال، میکروبالانس های کوارتز،

سنسورهای Saw و سنسورهای بیولوژیکی که بطور ویژه برای آشکار سازی مواد بیولوژی بکار

می روند.

### بیوسنسورها:

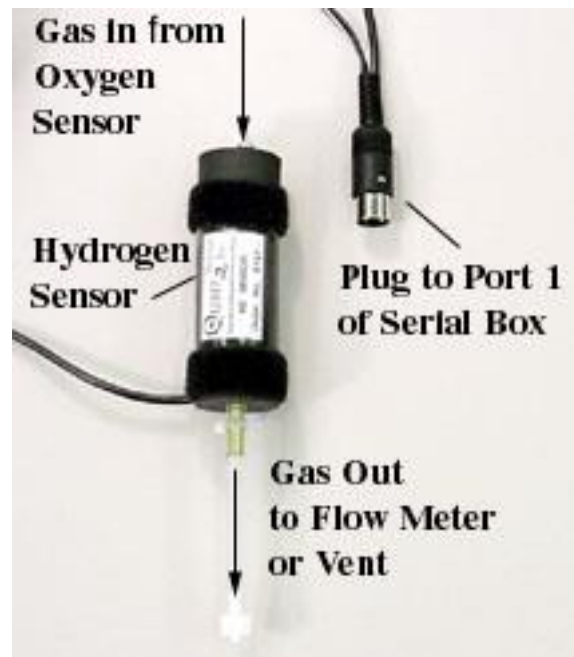
اصولی که تاکنون برای سنسورهای شیمیایی تشریح شد همچنین می تواند تقریباً در کلیات

در مورد میوسنسورها به کار رود.

علی رغم، این، نیاز است که آنها بطور جداگانه مورد بررسی قرار گیرد که در مقاله ما

نمی گنجد. ولی با توضیح مختصری به شرح آن می پردازم.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



یک بیوسنسور ساختمانی است که در آن عنصر حساس بیولوژیکی در ارتباط با یک مبدل فیزیکی و الکترونیکی است. بجسم تولید یک علامت می کند که با بزرگی یا با فرکانس غلظت ماده ای که اندازه گیری می شود متناسب است. عنصر حساس بطور بیولوژیکی یک سنسور بیواکتیو است.

و بعنوان گیرنده شناخته می شود. ماده ای که شناسایی می شود، آنالیت، به این گیرنده وصل می شود. این پیش فرض ها که آنالیت با گیرنده مقابل دارند که آن بطور شیمیایی تبدیل می شود، با تحت تأثیر بعضی راههای دیگر قرار می گیرند. بدین ترتیب مرحله اول در طراحی یک بیوسنسور تأمین کردن آن است که گیرنده بطور اختصاصی با آنالیت اتصال یابد. بیوسنسورها در تشخیص های طی، برای مثال آنالیزور آنزیم- شیمیایی ECA20 برای تشخیص قند خون، در کنترل تخمیر یا در حفاظت محیط زیست مثال های موثری، از امکاناتی با برد وسیع است. مزیت اصلی بیوسنسورها بر این حقیقت استوار است که آنها می توانند بطور مستقیم در محیط های مایع استفاده شوند و دارای

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

درجه بالای از انتخاب گری است، که اندازه گیری سازنده های تنها را در مخلوط های پیچیده بدون جداسازی اولیه آنها ممکن می سازد. برای امثال بیوسیدها را بررسی می کند. این کار بوسیله آنزیم های غیر متحرک شده یا آنتی بادیها روی کریستال های پیزوالکتریک بدست می آید.

اگر اتصال آنالیت موجب بالا رفتن وزن کریستال شود، این موجب تغییر در فرکانس فرسان می شود. اولین تلاش برای استفاده از این روش برای تشخیص داروها و مواد منفجره موفقیت آمیز بود.

## سنسورهای رطوبت:

توانایی هوا در نگه داشتن آب تأثیر قابل ملاحظه ای روی تعداد زیادی از فرآیندها که در اتمسفر عادی انجام می گیرند دارد، برحسب تعداد کاربردهایی که شامل می شود: آب ممکن است ماده خیلی مهمی در زندگی روزمری ما باشد و آن در هوا، جامدات و سیالات اتفاق می افتد. وقتی غلظت بخار آب در گازها، اصولاً هوا تعیین می شود، مهم است که میان موارد زیر فرق گذاشت:

رطوبت مطلق: که مقدار بخار آب موجود در واحد حجم گاز است و به وسیله گرم بر متر مکعب سنجیده می شود. رطوبت اشباع: مقدار ماکزیم آب در واحد حجم گاز است که گازها در دمای داده شده نگه می دارد. رطوبت نسبی: که نسبت رطوبت مطلق به رطوبت اشباع است و مقدار آن بین ۱ و ۱۰۰ است

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اندازه گیری مستقیم محتوای آب مایعات و جامدات خیلی مشکل است چون آن بندرت ممکن است که محتوای آب یک محصول بعنوان یک اندازه گیری جداگانه انجام می شود. سیستمهای اندازه گیری مؤثق از زمان های طولانی برای تعیین مقدار رطوبت وجود داشته است. این شامل روش های مکانیکی از قبیل رطوبت منبع مو، پسی کرومتر و شناگر رطوبت که در آن مقاومت سطح سنجیده شود.

نوعی از سنسورهای موجود به نام سنسور رطوبت ظرفیتی صفحه ای است، این سنسورها برد وسیعی از رطوبت ها را ثبت می کند و از سنسورهایی که بر پایه روش مقاومت قرار دارند بسیار صحیح تر هستند. به خاطر سادگی، اگر از اثرات حاشیه ای صرف نظر شود این سنسورها طولانی دارند. جنس صفحات این سنسور از استات سلولز و یاپلی استایرن است که با روش پوشش قالبی تولید شده اند. این سنسور در رنج دمایی بین ۸۰- تا ۱۷۵ درجه سانتی گراد با دقتی در حدود تیرانس ۱٪ کار می کنند. نوع دیگری از سنسورهای رطوبت، سنسور نقطه تراکم می باشد. طبق تعریف این نوع سنسور با سرد کردن مقداری هوای معین و اندازه گیری مقدار مایع معین می تواند رطوبت هوا را تعیین کند. هیچ سنسور کوچک شده ای تاکنون برای اندازه گیری آب جامدات ساخته نشده اند. البته روش های اندازه گیری مدرن و گرانیقیمت نیز مثل اندازه گیری هدایت الکتریکی همراه با جذب ماکرو ویوو مادون قرمز نیز وجود دارد.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## فصل هشتم

### سنسورها رایج و کاربرد آن

سنسورهایی در نوع تجاری تولید می شوند که جای دارد آنها را بررسی کنیم و روش های اندازه گیری آنها را بررسی کنیم. این بررسی حالت عمومی دارد و ما را به جایی می برد که بتوانیم یکی از آنها را ساخته و در صنعت خودرو آزمایش کنیم: سنسورهای موجود عبارتند از انواع التایی، خازنی، مانون صوت (التراسونیک) و جریان ادیی، و ...

#### سنسورهای خازنی:

رابطه ای که برای بیان ظرفیت خازنی به کار می رود وابستگی ظرفیت را به ضریب دی الکتریک، به مساحت صفحات A و به فاصله بین صفحات d نشان می دهد.



سنسورهای خازنی را می توان در درجه حرارت بالا به کار برد. خروجی این سنسورها به صورت فرکانس و آنالوگ است. مدت زیادی است که سنسورهای خازنی بعنوان سنسور فاصله، موقعیت و فشار به کار گرفته می شود. همچنین با به کارگیری روش های لایه نازک و لایه ضخیم، اکنون امکان برای تولید سنسورهای مینیاتوری وجود دارد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سنسورهایی که با روش میکرومکانیک ساخته شده‌اند، مثل سنسور شتاب مزایای ویژه‌ای دارند. یک نوع سنسور خازنی بظاهر ساده ولی بسیار مهم، سنسور میدان دی الکتریک است. این سنسور دارای سه الکتروود است. به الکتروودهای یک و دو ولتاژ متناوب با فازهای مخالف هم اعمال می‌شود.

ولتاژ حاصله در الکتروود S ثبت شده و برای تحلیل بیشتر از روی فرکانس و حساسیت فاز بررسی می‌شود. در حالت تعادل ولتاژ الکتروود S صفر است. اگر شیئی (هادی و غیر هادی) این تعادل را به هم بزند، نسبت ولتاژها تغییر می‌کند و در آن زمان اندازه‌گیری مستقیم فاصله و یا اندازه‌گیری فاصله وابسته به جهت، قابل انجام است و بستگی به موقعیت الکتروودها دارد. همچنین این سیستم با حساسیت زیاد نسبت به تغییرات مکانی سنسور عکس العمل نشان می‌دهد. در بازه محدود تغییرات می‌توان سیستم را خطی فرض کرد. اگر از مواد حامل سرامیکی مناسب اندازه‌گیری از مترها (با دقت سانتی متر) الی میلی‌مترها (با دقت چند صد نانومتر) می‌باشند. از این سنسورها در ماشین ابزار در کارهای فلزی و یا به عنوان تعیین کننده در صنعت روباتیک و یا کاربرد در درجه حرارت بالا استفاده می‌شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## فصل نهم

### سنسور ویگانده

سیستم‌های ویژه که از ماده فرو مغناطیسی ساخته شده‌اند، اگر مقدار میدان مغناطیسی بیشتر شود یک تغییر ناگهانی در جهت میدان مغناطیسی نشان می‌دهند. این اثر مدت زیادی است که به نام LBD شناخته شده است.

در هر حال این اثر تا اواسط سالهای ۱۹۷۰ که تکنولوژی تولید این سیم‌ها توسط ویگانده کشف شد. یک سیک ویگانده از ویکالری که یک آلیاژ مرکب از کوبالت، آهن و وانادیم است ساخته شده که سختی مغناطیسی و مکانیکی آن با شکل دادن قابل افزایش است



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

. یک سیم مغناطیسی نرم با نظر تقریبی ۲۵/ میل متر با فرآیند پیچی متناوب بصورت سرد شکل می گیرد و سپس بطور جزئی کشیده و در یک فرآیند حرارتی، خواصی که فرآیند قبلی به سیم داده تثبیت می شود و در حین عمل تغییر شکل پوسته سیم از داخل آن بیشتر است و یک پیوسته سخت مغناطیسی و مکانیکی با یک هسته فرو مغناطیسی ایجاد می شود. و نحوه تغییر شکل در امتداد سیم کاملاً مشخص است، در نتیجه بجهت مغناطیس شونده نواحی ویس (weiss) با محور سیم موازی است. اکنون اثر واضحی سنسور را بیان می کنیم؛ اگر فرض کنیم که هسته و پوسته در یک جهت با میدانی در حد  $100 \text{ A/cm}$  (این حالت عمل غیر متقارن سنسور نامیده می شود) تا حد اشباع مغناطیسی شونده، در این هنگام میدان معکوس نسبتاً ضعیفی در حد  $15 \text{ A/cm}$  (شدت میدان مغناطیسی) باعث تغییر سریع جهت مغناطیسی هسته می شود.



این تغییر یک پالس الکتریکی را در یک سیم پیچ که دور هسته قرار دارد ایجاد می کند. این پالس پالس برگشت نامیده می شود. حال اگر یک میدان قوی در جهت اولیه اعمال شود، هسته در شدت میدان تحریک از جهت اولیه مغناطیسی می شود. چون در این حالت اثر میدان میدان بیرونی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

با میدان پوسته هماهنگ است، تغییر سریعتری از فلو بوجود می آید و پالس با دانه چندین ولت در سیم پیچی آشکار می شود. مزیت بزرگ سنسور و یگانه نسبت به سنسورهای مغناطیسی در این حقیقت است که دامنه پالیس خروجی آن تا حد زیادی مستقل از سرعت تغییر میدان مغناطیسی است. بعلاوه به هیچ منبع تغذیه ای نیاز نداشته و در رنج وسیعی از دما (بین ۲۰۰- الی ۲۰۰ C سانتی گراد) عمل می کند این سنسورها با به کارگیری موادی شکل اخیراً استفاده فزاینده ای یافته است. این سنسور بسیار پایدار بوده و تداخل رادیویی، در آن بی اثر است.

سنسورهای و یگانه از اوایل سال ۱۹۸۰ بطور تجارتي در دسترس هستند. آنها دارای ساختار قسمت به قسمت بوده و از یک سیم، یک سیم پیچ سنسور یک مکانیزم تغییر میدان مغناطیسی می تواند بوسیله میدان متناوب یک آهنربای الکتریکی ایجاد شود. امکان دیگر حرکت سیم و یگانده نسبت به یک آهنربای دائم است. این نوع از سنسور برای اندازه گیری مسافت های افزایشی، سرعت های زاویه ای یا دورانی و همینطور حرکت خطی بسیار مناسب است.



این نوع از سنسور در ساخت و سایل نقلیه به کار می رود. سیم های ویگانده در کارت های شناسایی رمزدار نیز کاربرد دارند. برای مثال دو ردیف از سیم های ویگانده که بطور عمودی در یک خط قرار گرفته اند و در یک کارت پلاستیکی می توان تعبیه کرد. با عبور این کارت از روی هد

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

آشکار ساز رمز آن خوانده می شود. هد آشکار ساز شامل سیم پیچ سنسور است که در معرض یک میدان مغناطیسی دائم قرار دارد.



سیم ای ویگانند از میان دو فاصله هوایی مجزا عبور کرده و در جهت مغناطیسی آنها در

میدان مغناطیسی عوض می شود. این باعث تولید یک رشته پالس در سیم پیچ سنسور می شود. این

پالس ها دارای قطب های مختلف هستند و می توانند به منظور شناسایی استفاده شوند.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## فصل دهم

### سنسورهای تشدیدی

بسیاری از سنسورهایی که امروزه به کار می‌روند آنالوگ هستند. تطبیق برای پردازش میکروالکترونیکی اطلاعات با تبدیل سیگنال‌های آنالوگ به دیجیتال بدست می‌آید. پردازش با پیچیدگی کم یا زیاد بستگی به تکنولوژی به کار رفته در سنسور دارد. حالت ایده‌آل سنسوری است که با پردازش الکترونیکی جمع شده باشد و سیگنال آن قابل انطباق با عملیات زیر پردازنده بصورت یک درگاه خروجی باشد. در اصول تمامی آشکار سازهای زاویه با طول را نیز می‌توان جزو آن بحساب آورد. اخیراً با مرور کدهای علامت زده شده روی دیسک‌های نوری توسط سنسورهای نوری سیگنال دیجیتالی در چهار کانال حاصل شده است، این توضیحات خارج از بحث این کتاب می‌باشد. در ادامه سنسورهای فرکانسی - آنالوگ در ادامه بررسی می‌شوند. خروجی این سنسورها به آسانی قابل تبدیل به سیگنال دیجیتالی با پردازش الکترونیکی است. اکثر این سنسورها بسیار دقیق بوده و در نتیجه این برای کاربران جالب توجه هستند. لازم است که دو نوع سنسورهای فرکانسی - آنالوگ را از هم تشخیص دهیم: سنسورهایی که برپایه به نوسان سازهای الکترونیکی قرار دارند که در آنها سنسور عنصر تعیین کننده فرکانس است. سنسورهایی که ساختار تشدیدی مکانیکی دارند.

دسته اول شامل نوسان سازهای حلقوی است برای مثال سنسور فشار.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

دسته دوم شامل انواعی است که فرکانس تشدید یا فرکانس انتشار ساختار مکانیکی آنها اندازه گیری می شود.

مقادیری که باید تعیین بشوند از روی این اندازه گیری ما تعیین می شوند. سنسورهای تشدید اهمیت بسزایی دارند زیرا آنها نه تنها به دلیل قابلیت ساخت میناتوری بلکه بدلیل اثر تشدید خود مهم هستند. برخی سنسورهای تشدید عبارتند از، سنسورهای تشدید کوارتز، سنسورهای SAW، سنسورهای تشدید برای چگالی، سنسورهای سطح و جریان میانی.

## سنسورهای تشدید کوارتز:

کوارتز ماده ای متبلور با خواص ارتجاعی بینهایت ثابت و با قابلیت های پیزو الکترویک است و مقادیر وسیعی از آن برای سالیان بسیاری به عنوان تثبیت کننده فرکانس در مدارات الکترونیکی بکار رفته است و بنابراین اطلاعات در مورد آن بسیار دقیق است با استفاده از کوارتز دقت مکانیکی بالا می رود و این مزیت بزرگ این سنسور است. تشدید کننده های کوارتز ورقه های نازکی از کوارتز متبلور هستند که الکترودها روی آن نصب شده اند. این ورقه ها از مونوکریستالهای کوارتز بریده شده اند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



بسته شکل کریستالی قطعه برش یافته و ترکیب الکترودها، انواع مختلف تشدید کننده‌ها قابل دستیابی است. عوامل موثر شامل برش مقطعی، برش سطحی، برش عرضی و نوسان سازهای پیچشی و + هستند هر کدام از انواع نوسان‌ها برای کاربردهای خاص سنسور مناسب است.

در اکثر نوسان سازها از برش‌های عرضی کوارتز استفاده می‌شود. سنسورهای کوارتز امروزه با به کارگیری آی سی‌های مختلف برای خروجی آن تعریف‌های بسیاری نموده‌اند. مثلاً سنسور کوارتز اثرات نامطلوبی مثل تغییرات نقطه خشی و حساسیت بین نمونه بردار، اثر دمای محیط و گرم شدن خود سنسور و در نتیجه انحراف دارد از اثر گرمای سنسور که عیب می‌باشد برای اندازه‌گیری حرارت استفاده شد و اولین سنسور کوارتز حرارتی در سال ۱۹۸۱ وارد بازار شد. این سنسور توسط شخصی به نام هروس تولید شد.

## ۱۱-۲ سنسور موج صوتی سطحی (SAW)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

سنسورهای SAW مدت زیادی است که برای اجزاء خاص الکترونیکی همانند خطوط تأخیر فیلترهای آنالوگ و دیجیتال و تشدید کننده‌ها استفاده شده‌اند این نوع اجزاء بخوبی از اثرات محیطی محافظت شده‌اند.

موجهای صوتی سطحی، موجهای مکانیکی در سطح یک ماده جامد پیزو الکترونیک هستند. مهمترین آن موجهای رایلی است. این موجها دارای یک جزء طولی هستند که در امتداد سطح صفحه پخش می‌شود و یک برش تقریباً ۱۰۰۰۰۰۰ برابر سرعت نور است. این موجها با اضافه کردن در + الکترودهای فلزی شانه‌ای شکل روبروی هم در دو انتهای یک لایه پیزوالکترویک و با استفاده از روش‌های لیتوگرافی، تولید می‌شوند.

سیگنال الکترونیکی اعمال شده به یکی از این سطح شده و در نتیجه موج در دو جهت عمود بردندانه‌های شانه‌ای شکل انتشار می‌یابد. برای مثال سنسورهای فشار که برای اندازه‌گیری فشار به کار می‌روند از پوسته کوارتز با ضمانت ۱۰۰ الی ۲۰۰ میکرون که به جلوی آنها تشدید کننده SAW همچنین می‌توان به عنوان آشکار ساز جا به جایی، جریان یا سنسورهای مشخص کننده وضعیت لایه نازک (تغییرات و نشست) و سنسورهای شیمیایی و بیولوژیکی استفاده می‌شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



از کاربردهای دیگر که اخیراً مورد توجه قرار گرفته سنسور رطوبت و چگالی می باشد. اصلی که در اکثر سنسورها مورد توجه قرار گرفته با قرار دادن یک لایه حساس شیمیایی بروی زیر لایه پیزوالکتریک است و این لایه حساس بطور انتخابی جاذب مورد اندازه گیری است.



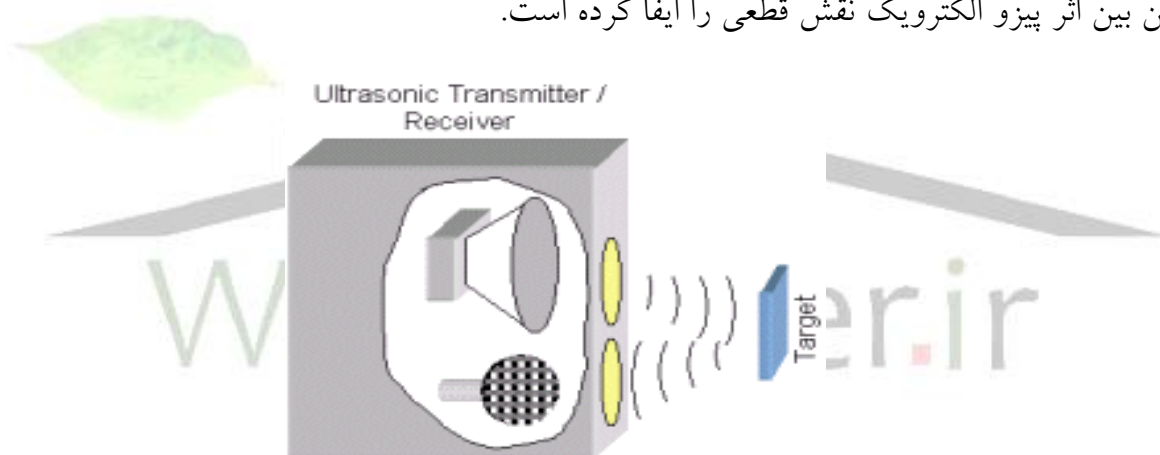
WikiPower.ir

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## فصل یازدهم

### سنسور مافوق صوت

اصطلاح مافوق صوت برای مرجعهای الاستیکی با فرکانس بالای ۲۰ کیلوهرتز به کار می رود طبیعت روش های مختلفی برای ایجاد و دریافت امواج مافوق صوت فراهم کرده است توسعه تکنولوژی به انسان اجازه افزایش روش های جدیدی را بر روش های طبیعی داده است. در این بین اثر پیزو الکترویک نقش قطعی را ایفا کرده است.



در تمامی فصول کتاب سعی شد تا سنسورهای گوناگونی را جهت استفاده در سنسور پارک یا به لاتین « Park Aid » به کار بریم. امروزه در برخی خودروها از سنسورهایی جهت پارک استفاده می کنند که در آن از ساختار مافوق صوت برخوردار است. این سنسورها در نوع ساده که تنها یک سیکنال جهت آگاهی راننده صادر می کند تا نوع پیشرفته که بر روی صفحه نمایشگر فاصله نزدیک شدن به مانع را که توسط چند سنسور بر روی قسمت عقب خودرو که بر روی سپر نصب شده نمایش می دهد ساخته شده اند در تمامی اینها اصول کار براساس امواج الکتروسونیک

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

استوار است و فقط تجهیزات اضافی بر روی آن نصب شده است تا به فرم و زیبایی آن افزوده شود. اخیراً از سنسور الترواسونک بر روی برخی خودرو در ترافیک برگرها استفاده شده است این سنسورها با اتصال به سیستم مدیریت موتور ترکیب جالبی را از فن آوری الکترونیک و مکانیک به نمایش می گذارد.



قبل از آن که به جزئیات ساخت و تمای فنی آن پردازیم لازم است تا طرز کار این سنسور را بروی مدار شرح دهیم. اگر برخی کریستال های خاص در معرض فشار مکانیکی قرار گیرند، بارهای الکتریکی تولید می شوند. و این پدیده بعنوان اثر مستقیم پیزوالکترونیک شناخته شده است. کریستال ها با حضور یک محور قطبی یا با عدم وجود یک مرکز تقارن مشخص می شوند. کوارتز بهترین نمونه ساخته شده این طبقه است.

اثر مستقیم پیزوالکتریک قابل برگشت است و بنابراین در تولید صدا به کار می رود. اگر یک میدان الکترویک متناوب به کوارتز اعمال شود، نوسانات مکانیکی متناظر تولید می شود و به صورت امواج صوتی منتشر می شوند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در قبال کوارتز خواص پیزوالکتریک در برخی مواد پیزو سرامیک از قبیل Barium titante یا Zirconium titant یا موادی از قبیل سولنات لیتیم وجود دارد. بکار بردن عناصر مبدلی که از این مواد ساخته شده در مایعات گازها و بجامدات ممکن است. در هر حال تفاوت ملاحظه‌ای در رفتار این مواد وجود دارد. اگر این مبدل توسط پالسی تحریک شود با فرکانس معینی نوسان می‌کند که به سرعت صدا و چگالی قطعه بستگی دارد.

تنها قسمتی از انرژی صوتی از محیط قطعه عبور کرده و وارد محیط مرزی می‌شود. مبدل‌های پیزوالکتریک ضریب کیفیت بالایی دارند. اگر کریستال پیزو الکتریک تحریک شود زمان میرایی طولانی خواهد داشت. اگر نوسان کننده میرا گردد تنها ایجاد پالس‌های خیلی کوتاه صوتی امکان پذیر خواهد بود. اگر مبدل میرا نشده‌ای در فرکانس تشدید تحریک شود، ضریب کیفیت بالای آن باعث پخش امواج مافوق صوت با شدت بالا می‌گردد. این مزیت نوسان سازهای پیزو سرامیک در مبدل گیرنده باند نیز بکار می‌رود.

یک ماده جدید و بسیار جالب برای سنسورهای مانون صوت P VDE است، که از یک لایه

نازک فیلم پلیمر پلاریزه با ضخامت چند ده میکرو میلیمتر تشکیل شده است.





برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

از این ماده برای تولید کردن انواع مبدل انرژی باند و سیع می توان استفاده کرد. که امیدانس صوتی آن از مولد پیزوسرامیک کوچکتر است. گرچه این ضریب کمتر بودن تبدیل انرژی صوتی به انرژی الکتریکی نسبت به مواد پیزوسرامیک را توصیف می کند اما فیلم پلیمر بعنوان گیرنده در هر محیط مایع و گاز بطور فزاینده ای بکار می رود دلیل اصلی این امر مزایایی است که از پهنای باند وسیع حاصل شده است.

فیلم پلیمر اخیراً به عنوان ماده ای برای مبدل های فرستنده، برای مثال به عنوان عنصر تبدیل انرژی برای ایجاد صدا در هوا بکار می رود. گونه معم دیگری از سنسورهای مافوق صوت شامل مبدل های انرژی الکترواستاتیک، که به عنوان مبدل های سل نیز شناخته شده اند. طرز کار به این گونه است که یک الکتروود از یک صفحه بزرگ و سنت و دیگری توسط یک لایه فلزهای تشکیل شده که آن هم به صفحه نازک دیافراگم متصل شده است. ما بین فیلم و الکتروود مذکور یک لایه هوا وجود دارد. در حین کار ولتاژی ثابتی به خازن اعمال می شود که باعث کشیده شدن فیلم به طرف صفحه می شود. ولتاژی متناوبی با دامنه کمتر از ولتاژ قابت مذکور باعث تغییر نیرو بین صفحات و تغییر موقعیت دیافراگم می شود. با وجودی که سنسور مافوق صوت مدت زیادی است که در بخش های بسیار از قبیل آزمایش غیر مخرب مواد و بطور روز افزون در وسایل پزشکی، مثلاً توموگراف مافوق صوت به کار می رود.

قابلیت تحلیل اطلاعات با تکنولوژی میکروالکترونیک در سال های اخیرا روش گرفته و باعث به وجود آمدن کاربردهای خاص و مهم دیگر شده است مثل اندازه گیرهای فاصله، آشکار سازهای صنعتی، طبقه بندی اشیاء و اندازه گیری فرآیند است. سنسورهای مافوق صوت به عنوان

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

سنسورهای مسافت تفکیک کننده در ابتدا به صورت انتشار پالس صوتی و دریافت انعکاس آن در هوا بکار گرفته شدند.



پالس صوتی بوسیله فرستنده‌ای منتشر می‌شود و توسط جسمی که مورد نظر اندازه‌گیری بود منعکس می‌گردد و با مبدل دیگری دریافت می‌شود. زمان انتقال برای تعیین مسافت بکار

می‌رود عبارت است از  $L = CT$

همان اصول می‌تواند برای اندازه‌گیری ارتفاع از سطح مفروض به کار رود. انواع زیادی از این نوع سنسورهای مسافت بصورت تجاری در دسترس است. یکی از این کاربردها را می‌توان در دوربین عکاسی با نام تکنولوژی مافوق پولاروید است. (Polatiod) کمترین فاصله نای قابل اندازه‌گیری ۱۱ میلی متر است. در کارکرد عادی اجسام با فاصله ۱۰/۷ میلی متر قابل آشکارسازی هستند. بطور کلی حدود اندازه‌گیری در سنسورهای التروسونیک، تحلیل و دقت این نوع سنسور مسافت بستگی به فرکانس و شکل هندسی مبدل صوتی دارد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

مبدل‌های با فرکانس بالا پرتو صوتی را بهتر متمرکز کرده و این ترتیب دقت بیشتری را بدست می‌آورند و در عین حال مقدار تضعیف آن بیشتر بود. و فاصله‌های قابل اندازه‌گیری کوتاه‌تر می‌شود. عموماً این نوع مبدل‌ها در فرکانس ۲۰ الی ۴۰ کیلوهرتز به کار می‌رود. در زمان کاربرد لازم است که اطلاعات یا به از پارامترهای محیط شامل فشار، رطوبت، درجه حرارت و یا آلودگی هوا اندازه‌گیری شود. سنسورهای التراسونیک بعنوان آشکارساز حضور جسم نیز به کار می‌روند. اگر بین فرستنده و گیرنده مسیر صوتی برقرار باشد و جسمی از میان آن مسیر عبور کند خروجی سنسور عبور جسم را در زمان قطع پرتو صوتی نشان می‌دهد. این عمل دقیقاً شبیه کارکرد سنسور پارک است.



کاربردهای دیگری نیز وجود دارد که در آن علاوه بر تحلیل و سرعت جسم نیاز به طبقه‌بندی نیز دارد مثل ربات‌های رنگ‌پاش هواپیما، این ربات‌ها باید دقیقاً تشخیص بدهد، که

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

کدام جزء ترکیب کننده برای مونتاژ به او انتقال داده شده است. کلاسه بندی اشیاء بر پایه مقایسه مشخصه‌های جسم و یک الگو حاصل می‌شود.

اگر برای جمع آوری اطلاعات فقط یک بعد در نظر گرفته شود. آنگاه آرایش تک سنسوری که از تکنیک آرایش چندین عدد سنسور بسیار آسانتر است، قابل به کارگیری است. مبدل‌های باند وسیع و دقت بالا برای چنین مواردی استفاده می‌شود. معیار همبستگی عبارتست از

$$\varphi = \sum A_o A_p / \sqrt{Z_o Z_p}$$

مقدار  $\varphi$  برابر ۵/۲۸ است. جسم به الگویی نسبت داده می‌شود که  $\varphi$  حداکثر را داشته باشد به شرط این که مقدار آن از حد مجاز بیشتر نشود. اگر مقدار حد پایین  $\varphi$  برای جسم برآورد نشود، آن جسم به عنوان «ناشناخته» طبقه‌بندی می‌شود.

سنسورهای فوق به سمت هوشمند شدن می‌روند و از آن‌های می‌توان با مواد مربوطه در آشکار سازهای ریز علامت و همچنین در رانندگی‌های بدون راننده در آینده استفاده کرده برای مثال برای انتقال مواد «CIN» سنسورها مافوق صوت برای اندازه‌گیری بسیاری از فرآیندهای جریان مواد لازم هستند.

با استفاده از این روش، اندازه‌گیری بین 0-20mm را می‌توان انجام داد. اما باید دقت کرد تا حفاظت پوشش مغناطیسی مناسبی انجام شود به دلیل اینکه اگر سنسور در معرض میدانهای مغناطیسی انتقالی قرار گیرد، خطای زیادی در سیستم اتفاق می‌افتد. شاید به این دلیل است که این روش کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## فصل دوازدهم

### سنسور پارک (Reversing)

مطالب ارائه شده در فصل های قبل همه در برگیرنده نقش سنسورها در صنعت و خصوصاً در اتومبیل های امروزی که بسیار حائز اهمیت هستند و سنسورهای ارائه شده در فصول قبل هر کدام با قیمت اتومبیل های روز دنیا از آنجا استفاده می شود. حتی از سنسورهای شیمیایی در خودروهای نظامی کاربرد وسیعی دارد.

اندازه گیرهای جابه جایی اشیاء در علوم کاربردی از اهمیت اساسی برخوردار است و پایه اندازه گیری سرعت، شتاب، کشش (با استفاده از عناصر قابل ارتجاع)، نیرو و فشار است. اندازه گیری جابه جایی در حالت جابه جایی چرخشی نیز مانند جابه جایی انتقالی قابل اندازه گیری است. قوانینی که مبنای عمل سنسورهای جابه جایی هستند در هر دو مورد جابه جایی خطی و حرکت چرخشی صدق می کنند. به همین دلیل هر دو نوع اندازه گیری، به موازات هم مورد بررسی قرار می گیرند.

### پتانسیومترها

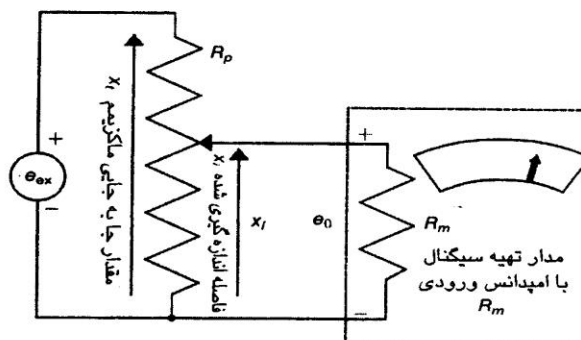
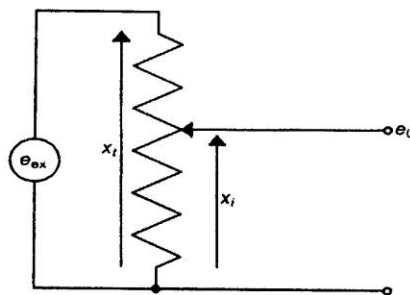
پتانسیومترها عموماً شامل عنصر مقاومتی است که یک اتصال متحرک لغزان در آن تعبیه شده است. شکل اولیه پتانسیومتر شامل مقاومتی است که از سیم با مقاومت زیاد، مانند نیکروم تشکیل شده و روی پایه مناسبی از جنس عایق پوشیده شده است. اتصال متحرک عبارت است از بازوی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر سایت و به همراه فونت های لازمه

متحرکی که می تواند روی مسیر مقاومتی بلغزد. بنابراین بین یک انتهای مسیر سیم پیچی شده و اتصال لغزان، مقاومت متغیری بوجود می آید. حرکت اتصال لغزان می تواند خطی، چرخان و یا ترکیبی از آن دو مثلاً به شکل مارپیچی باشد. پتانسیومترهای حرکت انتقالی (که اصطلاحاً خطی نیز گفته می شوند) دارای بستر لغزش 5 - 1000 mm هستند. پتانسیومترهای گرد دارای فاصله انحراف از 10 تا 60 دور می باشند ( > 20000 ).

### خطی بودن پتانسیومتر

اگر مقاومت پتانسیومتر نسبت به جابه جایی اتصال لغزنده آن، خطی باشد (شکل ۱۲ - ۱ را ببینید)، در شرایطی که ولتاژ  $e_{ex}$  ولتاژ تحریک اعمال شده به پتانسیومتر بوده و



شکل (12-2) پتانسیومتر متصل به امپدانس ورودی  $R_m$  خروجی پتانسیل مدار باز بوده و جریانی که از آن کشیده نشود ولتاژ خروجی  $e_0$  تابعی خطی از

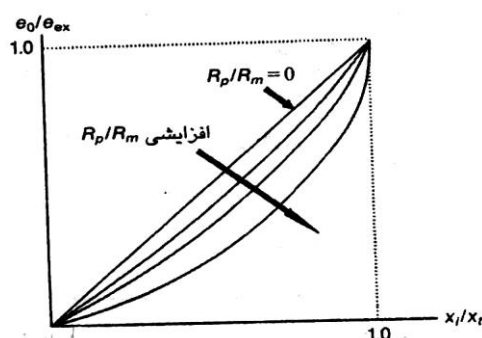
جابه جایی  $x_i$  است. اما، چون هر مداری که به خروجی پتانسیومتر وصل می شود عملاً دارای

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

امپدانس ورودی بی نهایت نیست و مقداری جریان از پتانسیومتر می کشد، لذا با اتصال خروجی پتانسیومتر خطی به هر مداری، تا حدودی مشخصات خطی بودن پتانسیومتر کاهش می یابد. شکل ۱۲-۲ وضعیت فوق را نشان می دهد. از تحلیل ساده مدار نتیجه می گیریم که:

$$\frac{e_0}{e_{ex}} = \frac{1}{(x_t/x_i) + (R_p/R_m)(1-x_t/x_i)} \quad (1-12)$$

در شرایط ایده آل برای مدار باز داریم  $R_p/R_m = 0$  و همانگونه که در شکل (3-12)



شکل (3-12) اثرات بارگذاری پتانسیومتر

مشاهده می شود رابطه بین  $e_0$  و  $x_i$  یک رابطه اگر  $R_p = R_m$  باشد، ماکزیمم انحراف از خطی بودن حدود 12% است. اگر  $R_p = 10\% R_m$  باشد، خطا به 1.5% کاهش می یابد. برای مقادیری از  $R_p$  و  $R_m$  که  $R_p/R_m < 0.1$  محل خطای بیشینه در ناحیه ای است که  $x_i/x_t = 0.67$  و خطای ماکزیمم تقریباً 15%  $R_p/R_m$  از مقیاس کامل است.

برای اینکه خطی بودن پتانسیومتر حفظ شود بایستی امپدانس  $R_m$  مداری که به پتانسیومتر وصل می شود در مقایسه با امپدانس  $R_p$  پتانسیومتر که تا حد ممکن بایستی کوچک انتخاب شود، به مقدار کافی بزرگ باشد، متأسفانه ضرورت فوق با حساسیت زیاد پتانسیومتر در تناقض است. چون خروجی  $e_0$  مستقیماً متناسب با ولتاژ تحریک  $e_{ex}$  است، ابتدا به نظر می رسد که با اضافه



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

کردن  $e_{ex}$  می توان هر خروجی مورد نظر را به دست آورد. اما پتانسیومترها دارای میزان توان مشخصی هستند که با توانایی اتلاف حرارتی آنها تعیین می شود. اگر اتلاف حرارتی در محدوده H وات باشد، ماکزیمم ولتاژ تحریک مجاز عبارت است از:

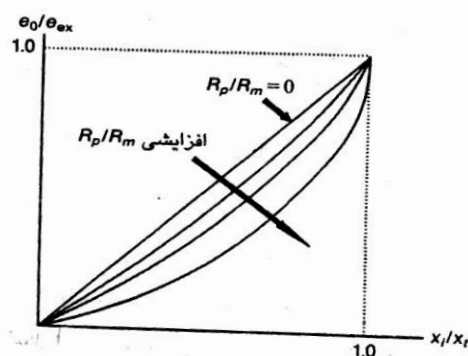
$$e_{ex}(\max) = \sqrt{HR_p} \quad (12-3)$$

بنابراین، مقادیر کم  $R_p$  مقادیر کوچک  $e_{ex}$  را به دست می دهد و نتیجتاً حساسیت کاهش می یابد. برای انتخاب  $R_p$  بایستی مصالحه ای بین بارگذاری و حساسیت انجام می گیرد چون هرچه بارگذاری بیشتر شود حساسیت کاهش می یابد و بالعکس.

## ریزولوشن پتانسیومتر

ریزولوشن پتانسیومتر بستگی به شکل و نوع عنصر مقاومتی آن دارد. در یک پتانسیومتر سیم پیچی شده (اصطلاحاً پتانسیومتر سیمی یا Wirewound). همانگونه که در شکل (4 - 12) مشاهده می شود، هم زمان با حرکت برشی لغزنده پتانسیومتر از یک دور سیم مقاومت به دور سیم بعدی، مقاومت نیز به طور پله ای افزایش می یابد. بنابراین در پتانسیومترهای ردیفی ماکزیمم ریزولوشن قابل دسترسی حدود  $\pm 40 \mu m$  است.

پتانسیومترهایی که از جنس لایه کربنی، کرمت (Cermet) (مخلوط سرامیک و مواد فلزی) و یا پلاستیک هادی (مخلوطی از رزین پلاستیک و پودر فلزی هادی) ساخته



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل (4-12) دقت ریزینی پتانسیومتر سیمی بستگی به فاصله بین دو مقطع متوالی سیم دارد.

شده اند نسبت به پتانسیومترهای سیمی دارای ریزولو شن بالاتری هستند ولی مانند آنها سیم پیچهای ضخیم ندارند. این نوع پتانسیومترها غالباً به عنوان پتانسیومترهای با ریزولو شن بی نهایت توصیف می شوند، چون عنصر مقاومتی دارای سطح صافی است که لغزنده روی آن به طور پیوسته و بدون قطع شدن جابه جا می شود، عملاً نمی توان ریزولو شن پتانسیومترهای فوق را اندازه گیری و مقدار دهی کرد چون انحراف  $e_0$  نسبت به خط مستقیم ایده آل دارای مقدارهایی تصادفی است (برخلاف استپهای خروجی قابل تکرار در مورد پتانسیومترهای سیمی). کمیتی را که معمولاً برای مشخص کردن میزان همواز بودن خروجی ذکر می شود نسبت دامنه ماکزیمم تغییرات اتفاقی به  $e_{ex}$  با 0.1% نسبت به مقدار نمونه است. مسئله دیگر در مورد پتانسیومترهای غیر سیمی آن است که این نوع پتانسیومترها نمی توانند جریانهای عبوری زیاد را تحمل کنند. این امر باعث کاهش حساسیت می شود.

راه حل مناسب، استفاده از پتانسیومترهایی است که به پتانسیومترهای هیبرید موسومند، که در این پتانسیومترها یک لایه از پلاستیک هادی روی سیم پیچ در راستای محور ریخته شده است. این پتانسیومترها مزیت‌های هر دو نوع پتانسیومتر را در خود دارند اما قیمت آنها بالاتر است.

## مسائل نوین الکتریکی در پتانسیومترها

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

عامل اصلی نویز در پتانسیومترها نو سانات ولتاژ به خاطر لرزش لغزنده پتانسیومتر، کثیف شدن اتصال لغزنده به پتانسیومتر و فرسوده شدن اتصال لغزنده و یا پتانسیومتر است. عبارت نویز غالباً در مورد اثرات ریزولوشن به کار می رود. نباید فراموش شود که در کاربردهای دینامیکی هر پتانسیومتری به دلیل اینرسی و اصطکاک قسمتهای متحرکش دارای اثرات بارگذاری مکانیکی معینی است. این امر روی مشخصه حرکت پتانسیومتر تأثیر می گذارد. در پتانسیومتر سیمی ممکن است اتصال لغزنده در سرعتهای معینی وقتی از روی حلقه سیمهای پتانسیومتر می گذرد، دارای پرشهای و قطع و وصلهای تصادفی باشد و باعث قطع و وصل متناوب مدار پتانسیومتر شود. این پدیده مخصوصاً در مواردی که سرعت لغزنده و فاصله بین مراکز دو مقطع متوالی سیمها به گونه ای باشد که نیروی تحریکی برابر و یا نزدیک به فرکانس پایه لرزش بازوی فلزی به پتانسیومتر اعمال شود مشکل ایجاد می کند. یکی از راه حلهای این مشکل که روش مناسبی نیز هست، استفاده از کنتاکت پتانسیومتر دو قسمتی و یا بیشتر است که هر قسمت دارای فرکانس تشدید مخصوص به خود باشد. بنابراین، اگر قسمتی از کنتاکت در فرکانس تشدید قرار گیرد، کنتاکت دیگر ساکن بوده و باعث اتصال خوب و مناسب خواهد شد.

### ترانسدیوسرهای جابه جایی القایی

ترانسدیوسرهای القایی جابه جایی مشکل کنتاکت لغزنده پتانسیومتر را ندارند، چون اصلاً دارای کنتاکت لغزنده نیستند. ریزولوشن قابل دستیابی توسط یک ترانسفورمر دیفرانسیلی با کیفیت خوب برابر با ریزولوشن پتانسیومتر است. اما در بسیاری از کاربردهای سنسورهای القایی دارای

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

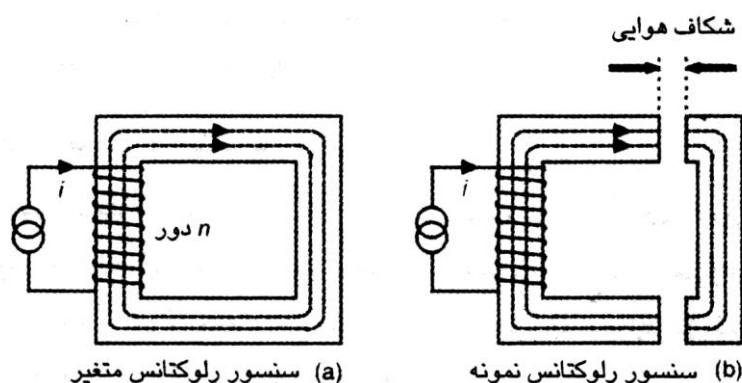
ضعف مخصوص به خود هستند و آن اینکه این وسایل فقط توسط ولتاژ AC فعال می شوند و نمی توان آنها را توسط منابع تغذیه DC بدون تجهیزات اضافی به کار انداخت.

## ترانسدیوسرهای رلوکتانس متغیر

برای روشن شدن این مطالب که ترانسدیوسرهای جابه جایی القایی چگونه کار می کنند بایستی مفهوم مدار مغناطیسی روشن شود. در یک مدار الکتریکی نیروی الکتروموتوری یا ولتاژ  $V$  باعث جاری شدن جریان  $I$  از طریق مقاومت  $R$  می شود. طبق قانون اهم ولتاژ چریان طبق رابطه زیر به هم مربوطند:

$$V = I \times R \quad (12-4)$$

در یک مدار مغناطیسی همانگونه که در شکل (5 - 12) نشان داده شده است، جریان  $I$  از یک سیم پیچ با  $n$  دور که روی یک هسته از جنس فرومغناطیس پیچیده شده عبور می کند. به وسیله شبیه سازی می توان سیم پیچ را به عنوان نیروی محرکه مغناطیسی فرض کرد ( $mmf$ ) که عامل جاری شدن فلوی  $\Phi$  در مدار مغناطیسی می شود.



شکل (12-5) سنسور رلوکتانس متغیر

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

معادله مربوطه به شکل زیر است :

$$(12-5) \quad \phi \times \mathcal{R} = \text{رلوکتانس (مقاومت مغناطیسی)} \times \text{فلوی جریان مغناطیسی} = \text{نیروی محرکه}$$

مغناطیسی  $\mathcal{R}$  رلوکتانس است که باعث می شود که مقاومت عبور جریان الکتریکی را در مدار محدود می کند، رلوکتانس نیز فلوی مغناطیسی را در مدار مغناطیسی محدود کند. در مثالی که در

شکل (12-5) آمده است مقدار  $\text{mmf}$  برابر است با  $n \times i$  ، بنابراین در این شرایط ، فلوی  $\phi$

مدار مغناطیسی که توسط یک دور سیم پیچ جاری می شود از معادله زیر به دست می آید:

$$(12-6) \quad \phi = \frac{ni}{\mathcal{R}} \quad (\text{برحسب وبر})$$

شار مغناطیسی کل  $N$  که توسط  $n$  دور سیم پیچ در مدار مغناطیسی جاری می شود برابر است با :

$$(12-7) \quad N = n\phi = \frac{n^2 i}{\mathcal{R}}$$

خودالقایی  $L$  عبارت است از فلوی یا شار کل مغناطیسی بازای واحد جریان [1]، بنابراین:

$$(12-8) \quad L = \frac{N}{i} = \frac{n^2}{\mathcal{R}}$$

توسط معادله (12-8) با دانستن رلوکتانس مدار مغناطیسی می توانیم اندوکتانس عنصر حسگر یا

سنسور را به دست آوریم. رلوکتانس  $\mathcal{R}$  مدار مغناطیسی توسط رابطه زیر به دست می آید:

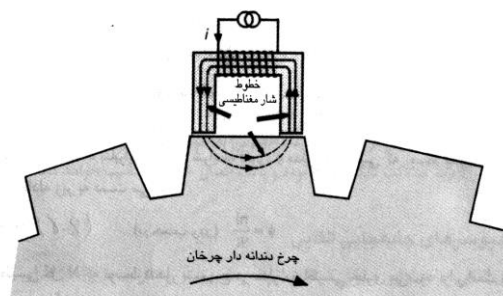
$$(12-9) \quad \mathcal{R} = \frac{\xi}{\mu\mu_0 A'}$$

که در این رابطه  $\xi$  طول مسیر شار جریان ،  $\mu$  ضریب نفوذ پذیری نسبی ماده مدار مغناطیسی ،  $\mu_0$

ضریب نفوذ پذیری در خلاء ( $4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ ) سطح مقطع مسیر عبور شار جریان است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

b(12-5) دارای آرایشی شبیه به a(12-5) است، با این تفاوت که هسته مغناطیسی توسط یک شکاف هوایی با عرض متغیر به دو قسمت تقسیم شده است. رلوکتانس کل مدار در b(12-5) حاصل جمع رلوکتانسهای دو قسمت هسته مغناطیسی و رلوکتانس شکاف هواست. ضریب نفوذپذیری نسبی هوا ( $\mu_{air}$ ) مقداری نزدیک به واحد است، در حالی که ضریب نفوذپذیری مربوط به هسته مغناطیسی نسبت به  $\mu_{air}$  هزاران بار بزرگتر است. بنابراین، وجود شکاف هوا باعث افزایش قابل توجهی در رلوکتانس (مقاومت مغناطیسی) مدار شده و این به نوبه خود باعث کاهش فلو (شار جریان مغناطیسی) و کاهش اندوکتانس می شود. در ساخت سنسور جابه جایی القایی از همین اثر استفاده می شود، چون تغییرات حتی کوچک د عرض شکاف هوایی باعث تغییرات قابل اندازه گیری در اندوکتانس مدار می شود. در مهندسی، سنسورهای رلوکتانس متغیر غالباً جهت اندازه گیری سرعت چرخشی به کار می رود بدین صورت که سنسور مغناطیسی (-12) 10) در مجاورت دندانه های چرخ دندانه دار قرار می گیرد. حرکت دندانه های چرخ دوار که از جنس ماده فرو مغناطیسی است باعث تغییرات مشخص در تزویج بین سیم پیچها می شود. بعد از یک سری عملیات تقویت و فراوری سیگنال مناسب، سیگنال خروجی با فرکانس که به طور خطی با سرعت چرخشی متناسب است به دست می آید.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

شکل (10-12) سنسور سرعت چرخشی به روش رلوکتانس متغیر

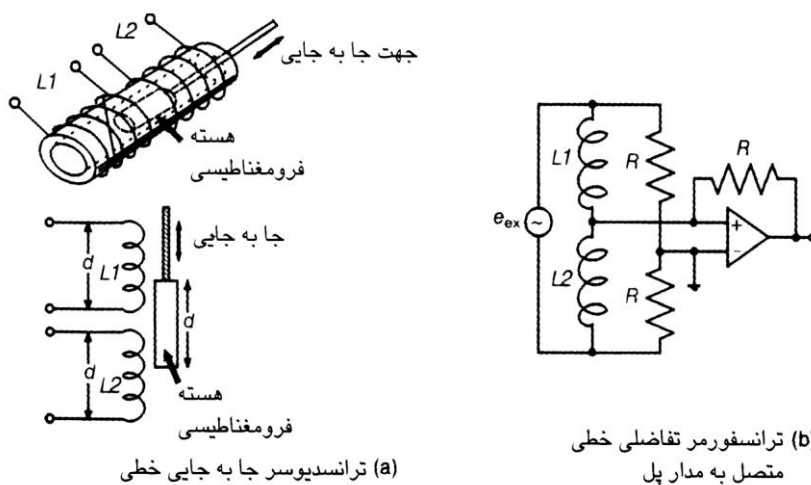
## ترانسفورمورهای تزویج متغیر : LVDT, LDT

نوع ساده ای از ترانسدیوسر جابه جایی القایی که به ترانسدیوسر جابه جایی خطی ( linear displacement) LDT (displacement) Transducer) موسوم است تشکیل شده از یک جفت سیم پیچ (یا یک سیم پیچ با سر وسط) که روی یک استوانه تو خالی پیچیده شده است و باعث می شود هسته الکترومغناطیسی همانگونه که در شکل a (11-12) نشان داده شده در طول محور سیم پیچ حرکت کند. طول هسته و سیم پیچها مساوی است. (d). با حرکت هسته درون استوانه، اندوکتانسها دو سیم پیچ تغییر می کند. مطابق شکل b (11-12) سیم پیچهای با اندوکتانس L1 و L2 در حالت نرمال، با یک جفت مقاومت متعادل کننده R تشکیل یک مدار پل می دهند و خروجی پل تعادل توسط یک تقویت کننده، تا حدودی تقویت می شود. اگر زمانی که هسته فریت دقیقاً در وسط استوانه قرار گرفته و اندوکتانسهای هر دو سیم پیچ L بوده و طول هسته فریت و طول سیم پیچها d فرض شود، آنگاه جابه جایی هسته به اندازه  $\delta d$  باعث تغییرات اندوکتانس مخالف  $\pm \delta L$  می شود. بنابراین در حالت ایده آل  $\delta L/L = \delta d / (d/2)$  است و خروجی پل تعادل مربوط به آن دارای مقدار  $(\delta L / L) (e_{ex} / 2)$  خواهد بود.



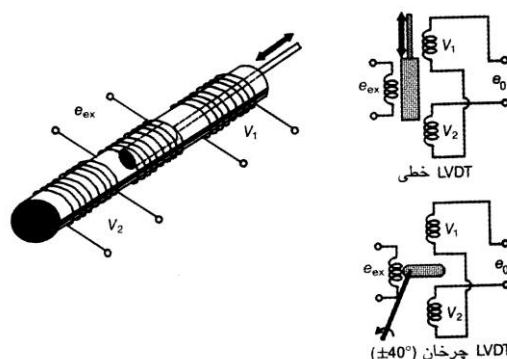
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

مشکل استفاده از روش فوق این است که خروجی فقط در ناحیه محدودی از استوانه که هسته فریت به وسط استوانه نزدیک است خطی است. وسیله دیگری که اساس کار آن مانند روش فوق بوده و دارای جواب مناسب تری است به ترانسفورمور دیفرانسیلی (تفاضلی) خطی متغیر و یا LVDT (Linear variable Differential Transformer) موسوم است. ترانسفورماتوری با یک سیم پیچ اولیه و دو سیم پیچ ثانویه است که همانند شکل (12-12) روی یک استوانه به صورت سر و ته پیچیده شده اند. یک هسته الکترومغناطیسی (که غالباً از جنس میله فریتی است) داخل استوانه لوله مانند حرکت می کند و مقدار تزویج بین اولیه و ثانویه ها را تغییر می دهد. همانگونه که در شکل (12-12) مشاهده می شود این نوع ترانسدیوسر به هر دو صورت حرکت در امتداد مستقیم و هم حرکت دورانی قابل تهیه است. برای سیم پیچ و سطی (اولیه) از ولتاژ ورودی تحریک AC استفاده می شود، این ولتاژ AC باعث القای ولتاژ در سرهای سیم پیچهای (ثانویه) خروجی می شود.



شکل (12-11) استفاده از ترانسفورمور تفاضلی خطی به عنوان سنسور جابه جایی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (12-12) ترانسفورماتور تفاضلی خطی متغیر

هنگامی که هسته فریت نسبت به فاصله دو سیم ثانویه به صورت متقارن قرار می گیرد ولتاژهای القایی در سیم پیچهای ثانویه دارای اندازه های مساوی هستند.

اگر فرض کنیم ولتاژ تحریک به صورت  $e_{ex} = V_s \sin(2\pi f_s t)$  در نظر گرفته شود، آنگاه ولتاژ خروجی  $e_0$  برابر با تفاضل ولتاژهای القا شده  $V_1 - V_2$  توسط دو سیم پیچ ثانویه است.

چون سیم پیچهای ثانویه سه صورت سری و در جهت مخالف هم همانند شکل (12-12) پیچیده شده اند ولتاژ خروجی عبارت است از :

$$e_0 = V_1 - V_2 = V_{out} \sin(2\pi f_s t + \phi)$$

ترانسفورمر تفاضلی متغیر خطی یا همان LVDT معمولاً توسط ولتاژ سینوسی با دامنه تا حدود 24v و فرکانس بین 50hz تا 25khz کار می کند. اگر سیم پیچهای ثانویه به صورت سری و در جهت مخالف هم پیچیده شده باشند نقطه نول (خستگی) را می توان با تنظیم هسته فریت در وسط لوله استوانه به دست آورد که در این نقطه  $e_0 = 0$  است. اندک تغییر مکان هسته فریت از نقطه نول باعث افزایش تزویج (اندوکتانس متقابل) بین سیم پیچ اولیه و یکی از ثانویه ها می شود، ضمن

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اینکه تزویج بین اولیه و ثانویه بعدی کاهش می یابد. همانگونه که در شکل (12-13) مشاهده می شود، در فاصله قابل توجهی از جابه جایی هستی فریت در اطراف نقطه نول، دامنه  $e_0$  نسبت به تغییر مکان هسته، به صورت خطی تغییر می کند.

زمانی که هسته از نقطه مرکزی (نول) نیز فراتر رود، ولتاژ خروجی  $e_0$  نیز تغییر فازی به اندازه 180 خواهد داشت. ترانسفورمر LVDT معمولاً در موقع فرآوری و بهینه سازی سیگنال جهت تبدیل سیگنال خروجی به شکل DC مورد استفاده قرار می گیرد. تبدیل فوق به گونه ای است که نواحی A و B در شکل (12-13) از هم متمایز می شوند، یعنی اگر چه دامنه های دو نقطه مساوی هستند ولی اختلاف فاز بین آنها 180 است. یک دمدمولاتور حساس به فاز برای تشخیص و آشکار سازی این اختلاف فاز استفاده می شود و در موقعی که تغییر مکان در ناحیه A انجام می شود خروجی منفی داشته و زمانی که هسته فریت در ناحیه B جابه جا می شود دارای خروجی مثبت خواهد بود. غالباً مدارات مربوط به فرآوری سیگنالهای فوق داخل محفظه LVDT قرار دارند و رفتار ترانسفورمر وارد جعبه ترانسفورمر می شود و سیگنال مکان DC از دستگاه خارج می شود. در موقع عبور از نقاط انتهایی، رفتارهای غیر خطی مشاهده می شود که در شکل (12-13) با نقاط D و E نشان داده شده اند. گرایش غیرخطی برای ترانسفورمر نوعاً  $\pm 1\%$  است.

ترانسفورمرهای LVDT موجود از فاصله های  $\pm 0.25\text{mm}$  تا  $\pm 500\text{mm}$  را می پوشانند. فاصله فرکانسی مناسب برای ترانسفورمر محدود است و اینرسی قسمتهای متحرک ترانسفورمر عامل محدود کننده است. در بسیاری از موارد، قیمت LVDT استفاده از آن را غیرممکن می سازد.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اما، LVDT ها در کارهای آزمایشگاهی و ساخت نمونه های اولیه تحقیقاتی مکرراً مورد استفاده قرار می گیرد.

شکل (12-13) دامنه ولتاژ خروجی LVDT به صورت تابعی از تغییر ترانسدیوسرهای

## تغییر مکان جریان ادی

ترانسدیوسر جریان ادی از یک سنسور رلوکتانس متغیر تشکیل شده است. اما تفاوت عمده ای وجود دارد: سنسور رلوکتانس متغیر تنها ماده فرومغناطیس را تشخیص می دهد در صورتی که جسمی که توسط حسگر جریان ادی تشخیص داده می شود کافیست دارای خاصیت هدایت الکتریکی باشد. بنابراین، پرابهای جریان ادی نسبت به سنسورهای رلوکتانس متغیر دارای موارد کاربردی بیشتری هستند.

یک پراب جریان ادی از یک جفت سیم پیچ تشکیل شده که، تحت تأثیر مجاورت با هادی الکتریکی (هدف) است قرار می گیرد و سیم پیچ تعادل دوم که باعث کامل شدن پل تعادل و جبران سازی حرارتی می شود.

پل تعادل توسط یک سیگنال AC فرکانس بالا (معمولاً 1MHz) تحریک می شود و خطوط شار مغناطیسی تولید شده توسط سیم پیچ فعال از سطح هدف که هادی الکتریسیته است می گذرد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جریانهای ادی عمدتاً در سطح هادی ایجاد می شوند و هرچه از آن دور می شود مقدار آن کاهش می یابد. این جریان در فاصله کوتاهی از زیر سطح، بسیار کوچک و قابل صرف نظر کردن است. به محض این که هدف نسبت به پرآب حرکت کند، جریان ادی تغییر می کند، که امپدانس سیم پیچ فعال را تغییر می دهد. در نتیجه تعادل پل به هم می خورد و مقدار این عدم تعادل متناسب با فاصله بین سیم پیچ فعال و شیء هدف است. این سیگنال عدم تعادل فیلتر شده و سپس یکسو می شود و ولتاژ سیگنال DC را تهیه می کند. سیگنال فوق ذاتاً غیر خطی است و برای کاهش این ضعف، غالباً مدارات خطی کننده به کار گرفته می شوند.

پرابهای جریان ادی تجاری با قابلیت‌هایی از  $\pm 0.25\text{mm}$  ,  $\pm 30\text{mm}$  ریزولوشن ماکزیمم  $10^{-4}\text{mm}$  وجود دارند. فاصله اندازه گیری پیشنهاد شده برای پرآب در فاصله پایداری جبران ساز (standoff) که معمولاً در حدود 25% فاصله اندازه گیری است شروع می شود. بنابراین یک پرآب با رنج  $\pm 1\text{mm}$  دارای فاصله استاتیک هدف / پرآب بین 0.5-1.5mm است.

اجسام هدف توسط پرآبهای جریان ادی تغذیه نمی شوند، چون معمولاً یک قطعه ماشین موجود مورد استفاده قرار می گیرد. اگر قسمتی از لایه هادی به سطح، ثابت شده باشد حرکت یک هدف غیر هادی را می توان تشخیص داد. بدین منظور بایستی از نوار فویل آلومینیمی پشت چسب دار استفاده کرد.

هدفهای سطح بایستی دارای همان قطر پرآب و حتی بزرگتر باشند. اهداف انحنادار (مانند محورهای گرد) اگر چنانچه قطر محور از پنج برابر قطر ترانسدیوسر فزونی گیرد، رفتاری مانند

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سطوح مسطح خواهند داشت. سیستمهای چهار پراب مخصوص برای اندازه گیری حرکت دورانی سیستمهای چرخان قابل تهیه است.

## ترانسدیوسرهای تغییر مکان خازنی

ظرفیت خازنی وقتی به وجود می آید که دو جسم هادی الکتریکی توسط یک عایق دی الکتریک از هم جدا شده باشند. وقتی ولتاژ  $V$  به دو سر خازن اعمال شود، مقدار بارهای الکتریکی مساوی و مخالف هم  $\pm Q$  روی دو قسمت خازن قرار می گیرد. نسبت بار ذخیره شده در خازن به ولتاژ دو سر آن معرف ظرفیت خازن است:

$$C = \frac{Q}{V} \quad (12-14)$$

اگر خازن شامل دو صفحه هادی موازی به مساحت  $A$  بوده که به فاصله  $d$  از هم قرار دارند، آنگاه ظرفیت  $C$  خازن عبارت است از:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d} \quad (\text{برحسب فاراد (F)}) \quad (12-15)$$

در این رابطه  $\epsilon_0$  ضریب گذردهی در خلا است و مقدار آن  $8.85 \times 10^{-12} \text{F/m}$  و  $\epsilon_r$  ضریب گذردهی نسبی ماده دی الکتریک است که صفحات هادی را از هم جدا می کند. در هوای خشک  $\epsilon_r = 1$  فرض می شود.

بنابراین مقدار ظرفیت خازن تابعی از مشخصات هندسی  $(d, A)$  و جنس ماده دی الکتریک  $\epsilon_r$  است. همانگونه که از معادله (12-15) برمی آید هر تغییر در مقادیر  $A$ ،  $d$  و یا  $\epsilon_r$  باعث تغییر

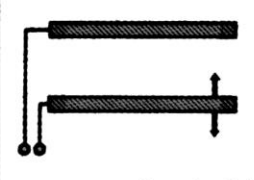
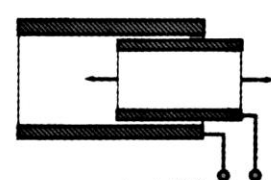
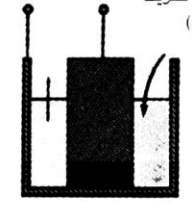
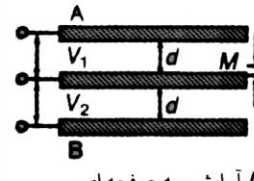
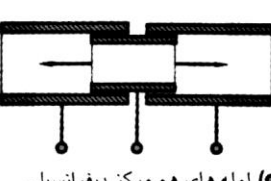
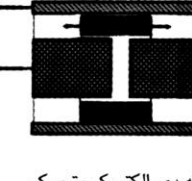
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در ظرفیت خازن می شود. با استفاده از این واقعیت می توان سنسورهای جابه جایی خازنی را طراحی کرد. انواع مختلفی از چنین سنسورهایی در شکل (12-16) آمده است. سنسورهای جابه جایی در مواردی که اندازه گیری تغییر مکانهای مانند فشار و مکان و شتاب مورد نظر است کاربرد دارد.

اگر چه همانگونه که بعداً شرح داده خواهد شد - در عمل غالباً استفاده از تنها دو صفحه مناسب نیست چون خروجی غیر خطی دارد - می توان خروجیهای تک خازنی منفرد و یا تفاضلی نیز داشت. معمولاً در این موارد از آرایش تفاضلی سه صفحه ای استفاده می شود.

شکل 12-16 انواع معمول سنسورهای جابه جایی با حرکت طولی و یا حرکت دایره ای را نشان می دهد. ظرفیت اسمی این نوع سنسور به طور کلی زیر  $1000\text{pf}$  ( $1\text{nf}$ ) است. به منظور کاهش

امپدانسها و همچنین عکس العمل سریع

	تغییر هندسی (ابعاد)		تغییر ضریب گذر دهی
	فاصله بین صفحات	مساحت بین دو صفحه	
تک خروجی C	 (a) یک جفت صفحه	 (c) لوله های هم محور	 (e) اندازه گیر سطح مایع مدرج شده ماده دی الکتریک (مثلاً نفت)
خروجی دیفرانسیلی $C \pm \Delta C$ و $C \mp \Delta C$	 (b) آرایش سه صفحه ای	 (d) لوله های هم مرکز دیفرانسیلی	 (f) حلقه دی الکتریک متحرک

شکل (12-16) ترانسدیوسرهای جابه جایی



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در اندازه گیری، فرکانس سیگنال مورد استفاده در اندازه گیری معمولاً 100kHz و یا بیشتر انتخاب می شود. امپدانس ترانسدیوسر در این فرکانس هنوز خیلی زیاد است و بنابراین برای آنکه از اشعاب نامناسب و کاهش حساسیت سنسور جلوگیری شود، مقاومت عایقی نیز بایستی به اندازه کافی زیاد باشد. از تقویت کننده بار نیز تقریباً همیشه استفاده می شود. ترانسدیوسرهای تغییر مکان خازنی به طور نرمال برای اندازه گیری جابه جایی کمتر از 1mm استفاده می شود.

سنسورهای خازنی در شرایط تغییر رطوبت محیط اندازه گیری غالباً درست جواب نمی دهند. به همین دلیل است که استفاده از آنها در مهندسی ابزار دقیق به سنسورهای فشار و شتاب و مکان محدود گردیده است که در آنها، المان خازنی در محفظه خلأ و یا فشار گاز خشک، آب بندی شده است.

سنسوری که در آن مساحت صفحه A و یا فاصله ضخامت d بایستی تغییر کند، احتیاج به اتصال بین حرکت جابه جایی مورد مطالعه و قسمت متحرک سنسور دارد (شکل 16-12 را ببینید). از طرف دیگر ترانسدیوسرهایی که اندازه گیری آنها بر اساس تغییرات ضریب پذیرش نسبی  $\epsilon_r$  انجام می گیرد احتیاج به اتصال فیزیکی ندارند و در بعضی شرایط این روش اندازه گیری بر روش قبلی ترجیح داده می شود.

رفتار خطی ترانسدیوسرهای تغییر مکان خازنی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در حالت آرایش خازن دو صفحه ای همانگونه که در شکل a (12-16) مشخص است، تغییرات C وقتی d تغییر می کند، به شکل هیپربولیک است و فقط در فاصله کوتاهی می توان آن را خطی در نظر گرفت. در این حالت، حساسیت  $\Delta C/\Delta d$  متناسب با  $1/d^2$  می باشد.

اگر سنسور با آرایش تفاضلی سه صفحه ای همانگونه که در شکل b (12-16) آمده است به کار برده شود، خروجی خطی خواهد بود. با مراجعه به جدول واضح است که صفحات ثابت A ، B و صفحه متحرک m تشکیل یک جفت خازن با ظرفیتهای C1 و C2 را می دهند. وقتی m درست در نقطه وسط بین ضخامت A و B قرار دارد و فاصله از هر یک از صفحات d است داریم  $C1=C2$  . اگر m به اندازه فاصله x به صفحه A نزدیک شود، ظرفیتها به مقادیر زیر تغییر خواهند کرد:

$$C1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{(d+x)}, C1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{(d-x)} \quad (12-17)$$

اگر ولتاژ  $V_{ex}$  بین A و B اعمال شود، ولتاژ خروجی  $V_{out}$  به صورت معادله زیر خواهد بود :

$$V_{out} = V1 - V2 = V_{ex} \left[ \frac{C2}{(C1+C2)} - \frac{C2}{(C1+C2)} \right] \quad (12-18)$$

بنابراین، آرایش سه صفحه ای خطی است بدینگونه که  $V_{out}$  متناسب با x است و در ضمن حساسیت  $V_{out}/x$  به طور معکوس با فاصله d متناسب است.

## سنسورهای حرکت از نوع نوری

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

با استفاده از روش شمارش پالس می توان توسط قطعات نورریف حرکت زاویه ای و حرکت انتقالی (خطی) را اندازه گیری کرد. استفاده از ترانسدیوسرهای تغییر مکان نوری به دلایل زیر رو به افزایش است:

- این سنسورها اساساً دیجیتال هستند،
  - در مقابل تداخل الکتریکی از ایمنی برخوردارند،
  - هیچ نوع اتصال مکانیکی به عنصر حس کننده سنسور لازم نیست و
  - ارزان قیمت هستند، مخصوصاً اگر از قطعات نوری پلاستیکی استفاده شود.
- از نقاط ضعف اصلی این سنسورها یکی شکستنی بودن آنها است و دیگر این که اگر اجزاء ورودی نور به آنها کثیف شود کیفیت کار آنها خیلی کاهش می یابد. به دلایل فوق، کاربرد آنها محدود به مکانهایی است که تا حد ممکن کثیف و غبار آلود نباشند و حرارت آن محیط از حدود مجاز تجاوز نکنند.

## ترانسدیوسرهای تغییر مکان اولتراسوند

اولتراسوند به امواج صوتی گفته می شود که فرکانس مربوط به آنها بیشتر از حدی است که توسط گوش انسان قابل آشکار شدن و شنیدن باشد. پایین ترین مقدار فرکانس این امواج

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

صوتی حدود 18KHZ می باشد. امواج اولترا سوند از همان اصول اساسی حرکت موج به عنوان امواج اکوستیک فرکانس پایین تبعیت می کنند.

این امواج از ویژگیهای ذکر شده در ذیل برخوردارند :

- موج با فرکانس بالاتر دارای طول موج کوتاه تر است. این بدان معناست که تفرق باسانی اتفاق نمی افتد. اگر بخواهیم شعاع مستقیم و در یک جهت ثابت و متمرکز از موج تشکیل دهیم با موج اولتراسوند راحت تر به نتیجه می رسیم تا صوت معمولی.
- امواج اولتراسوند براحتی از دیوارهای فلزی یک ساختمان عبور می کند. این بدان معناست که در کاربردهای نظیر اندازه گیری سطح سوخت مایع در یک تانک سیستم اندازه گیری را می توان در خارج از تانک نیز نصب کرد.

از اولتراسوند سالها به عنوان فاصله یاب و یا اندازه گیری مسافت استفاده شده است. مثالهایی از این نوع که خواننده با آنها آشناست عبارتند از سونار دریایی، تجهیزات تصویربرداری پزشکی اولتراسوند (سونوگرافی و ...) و سیستمهای عیب یابی برای بررسی استحکام سازه سیمانی و فولادها و سنسورهای پارک اتومبیل در همه موارد بالا پالسهای کوتاه اولتراسوند از منبع منتشر می شوند و توسط زمان سنجی پالس بازگشت، فاصله شیء مورد مطالعه اندازه گیری می شود.

امکان استفاده از پالس بازگشت اولتراسوند برای آشکار سازی مانع جلو مسیر، نخستین بار توسط F.Richardson پس از فاجعه تایتانیک در سال ۱۹۱۲ پیشنهاد شد. ایده فوق در طول جنگ اول جهانی با هدف آشکار سازی زیردریاییهای دشمن به طور جدی پیگیری شد و اولین

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سیستم عملی از این نوع توسط P.Langevin راه اندازی شد. شکل (12-19) نمایی از ترانسدیوسر مافوق صوت کوارتز که توسط لانجورین طراحی شده را نشان می دهد که از آن هم به عنوان فرستنده و هم به عنوان گیرنده استفاده می شد. یک شعاع موج مافوق صوت به طور عمودی به سمت قطعه مورد نظر یا انتشار می یابد و از قطعه مورد نظر و هر شیئی که در مسیر شعاع فوق قرار گرفته باشد منعکس می شود. طرح لانجورین اساس همه سیستمهای سونار مدرن را تشکیل می دهد که هم در این موارد نظامی و هم در موارد غیرنظامی مانند کشتیرانی و مطالعات دریایی مورد استفاده قرار می گیرد.

سونار (SONAR : Sound Navigation and Ranging) اولین زمینه کاربرد امواج شکل (12-19) ترانسدیوسر اولتراسوند لانجورین اولترا سوند است و توسعه آن باعث پیشرفت کار رادار طی مدت ۳۰ سال شد. توسعه رادار باعث پیشرفتهای زیادی در الکترونیک شد که خیلی از این پیشرفتها به نوبه خود در سیستمهای اولتراسوند به کار گرفته شد. یکی از مهم ترین این پیشرفتها، امکان استفاده از آرایه فازی برای کنترل جهت شعاع اولتراسوند می باشد.

رادار را نمی توان در زیر آب استفاده کرد زیرا (به دلیل اینکه آب دریا هادی است) امواج الکترومغناطیسی سریعاً تضعیف می شوند. اما تضعیف امواج تراکم در آب، خیلی کم است و سونارهای زیردریایی می توانند تا حدود فواصل چندین کیلومتر را براحتی کار کنند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

تضعیف امواج اولتراسوند در هوا خیلی بیشتر از آب است، اما سیستمهای فاصله یاب اولترا سونیک عملی می توانند به گونه ر ضایت بخشی با فاصله دهها متر در هوا و زمین کار کنند. تضعیف دامنه امواج اولترا سوند در هوا در فرکانسهای بالاتر بیشتر است، بنابراین در کاربردهای تجهیزات هوایی و زمینی از مرتبه چند ده کیلو هرتز مورد استفاده بهتری دارد. مثلاً برای تهیه فوکوس اتوماتیک در بعضی از دوربینهای اولترا سوند تجهیزات هوایی استفاده می شود و برای این نوع کاربرد تن بارست (tone burst) خودرو جهت کنترل اکتباسی سیستم تعلیق، برای نمایش دادن پروفایل جاده برای خودرو در جلو چرخها، مجدداً برای کنترل تعلیق اکتباسی و برای اخطار تصادفات و سیستمهای بازدارنده (که غالباً کمکهای پارکینگ و reversing نام دارد) استفاده می شود.

بعضی از انواع هواپیماها دارای سیستم التراسونیک جهت تعیین میزان سطح سوخت موجود در هواپیما است. توسط روش فوق می توان علیرغم تلاطم مقدار سوخت موجود را اندازه گیری کرد. سیستمهای خبره ای طراحی شده اند که اندازه گیریها مختلف را از چند ترانسدیو سر متفاوت دریافت کرده و مقداری از اندازه گیری را در خروجی ارائه می دهند که مستقل از حرکت و تلاطم سوخت مایع درون تانک است. (Sloshing)

سنسورهای پراب هال سرعت چرخش و سیستم های بازدارنده

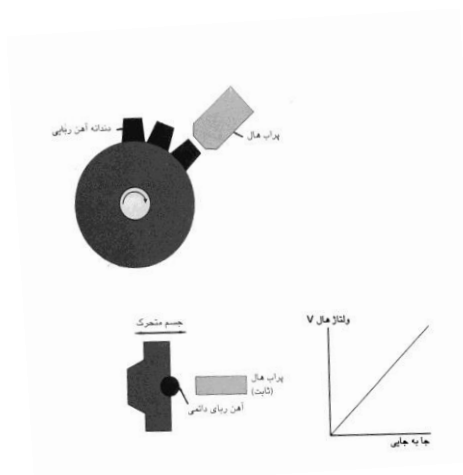
(کمکهای پارکینگ)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

پیکاپ هال که برای سنجش سرعت چرخش و ... به کار می رود از یک آهن ربای دائمی که به جسم متحرک متصل شده تشکیل شده است. اغلب اوقات هدف فلزی (مانند دندانه های چرخنده) برای آشکار سازی استفاده می شود که مجاورت آن با سنور باعث می شود رلوکتانس مدار داخلی مغناطیسی که پراب هال تشخیص می دهد تغییر یابد. این نوع سیستم مکرراً در سنجش سرعت چرخ برای ترمز ضد قفل (ABS) و سیستمهای کنترل کشش مورد استفاده قرار گرفته است. آرایش نمونه این سیستم در شکل (20-12) نشان داده شده است.

### سیستمهای اندازه گیری تغییر مکان اثر هال

ترانسدیوسرهای اثر هال دارای خروجی خطی و تکرار پذیر (غیر هیستریزیس) متناسب با شدت میدان مغناطیسی است. اگر یک آهن ربای دائمی به شکل مناسبی نصب شود، ولتاژ خروجی پراب هال به طور معکوس متناسب با فاصله از آهن ربای دائمی است. خاصیت اثر هال برای سنسورهای جابه جایی بدون اتصال فیزیکی مورد استفاده قرار می گیرد که خیلی هم دقیق است (به طور متوسط  $\pm 1\%$ ). یک آهن ربای دائم همانگونه که در شکل (12-21) نشان داده شده است به جسم متحرک متصل می شود و پراب هال ثابت است.

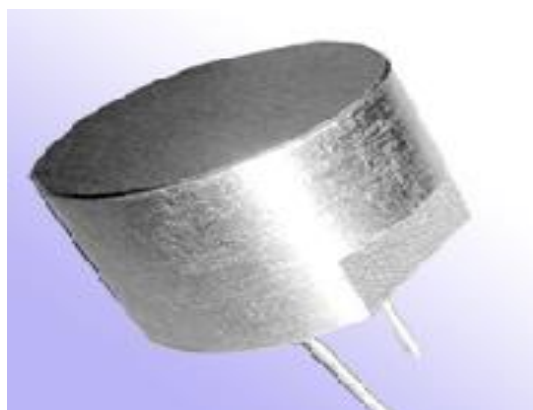




برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



سنسور به کار رفته در سنسور پارک از نوع دوبل می باشد. یعنی یک سنسور الترواسونیک فرستنده (Transducer) و یک سنسور گیرنده (teciver). سنسور فرستنده دارای فرکانس بالای ۴۰ کیلوهرتز می باشد و بنابراین دقت و نقطه تمرکز خوبی دارد و به خوبی به هر مانعی برخورد کرده و با افت کم بازتابش می شود. سنسور گیرنده نیز از کیفیت خوبی برای دریافت دارای باشد. در بازار مدل دوبل (Compacte) نیز موجود بود ولی به دلایل موجود نبودن قطعات ساخت از توصیف نحوه و کار آن صرف نظر می شود.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

حداقل حساسیت سنسور برای تشخیص موانع ۵ میلی متر و حداکثر ۵ متر می باشد و بنابراین در تشخیص موانع بسیار ایده آل می باشد. سنسور در برابر رطوبت و آب مقاوم می باشد و دمای کارکرد آن از ۲۰- تا ۱۰۰+ درجه سانتی گراد می باشد. موارد مربوطه آن نیز در صفحه بعد کشیده شده و نحوه ارتباط قطعات در آن دیده می شود.

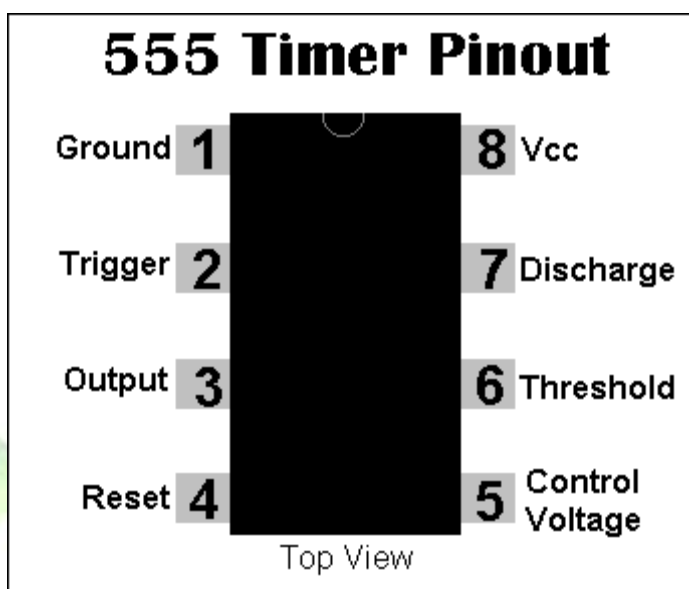


### آی سی ۵۵۵ در مواد ترانسمیتر:

این آی نقشش تولید نوسان و ایجاد یک فرکانس تشدید در محدوده ۲۰ الی ۴۰ کیلوهرتز می باشد باید دقت کرد که اگر دستگاه ما در مجاورت یک بلندگوی تیوتر قرار گیرد دریافت کننده آن را به اشتباه دریافت کرده و باعث تداخل در کار می شود برای این منظور در مدار گیرنده از آی سی دیگری به شماره CA3140 استفاده شده است که علاوه بر دریافت فرکانس های بالا آن ها را فیلتر و فقط اجازه تقویت فرکانس های دریافتی با دامنه ی زیاد را می دهد یعنی فرکانس های

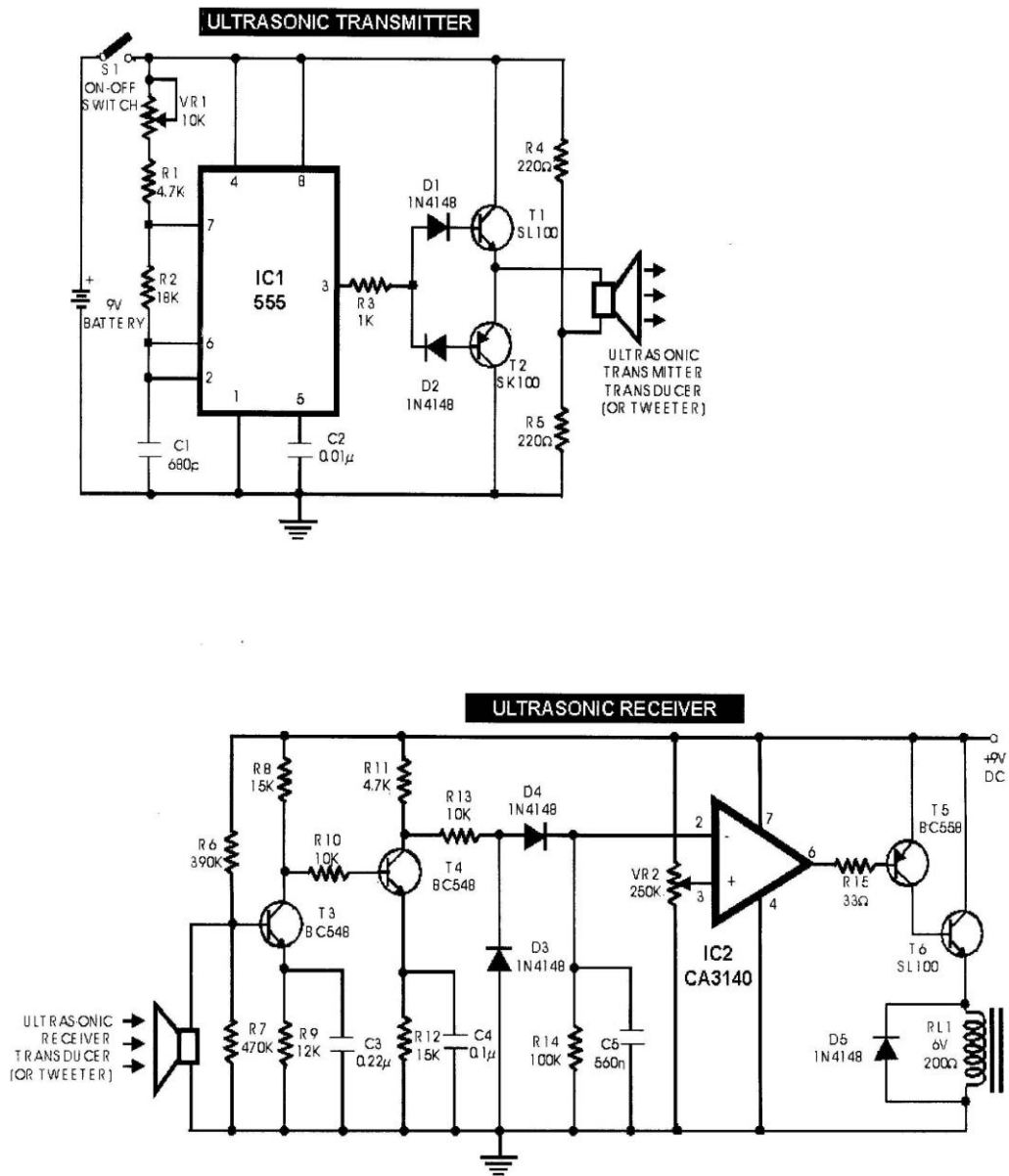
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

محیطی با پریود کم تقویت نمی شود و پاسخ مواد بهبود می یابد از یا به شمار ۷ آی سی نیز یک فیدیک به ورودی وصل شده است تا ثبات سیستم بالا رود. در کل خروجی آی سی ما یک رله ۶ ولتی را فعال می کند که خروجی رله نیز به یک دینک دانگ متصل است تا راننده را مطلع سازد.



توسط یک پتانسیومتر حساسیت مدار را تنظیم و آن را برای هر فاصله دلخواه می توان تنظیم کرد. دستگاه در حالت استندبای به وسیله یک LED عملکرد آن را به ما نشان می دهد. ورودی دستگاه ولتاژ بین ۹ تا ۱۲ ولت را تغذیه می کند که توسط یک آی سی رگلاتور به شماره ۷۸۱۲ ولتاژ آن کاملاً رکوله شده است منفی دستگاه به کلید فشاری دهنده عقب برای روی گیربکس نصب می شود و به محض جا زدن دنده در وضعیت عقب فعال می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



(شمای فنی مدار)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## منابع

۱- اصول و کاربرد سنسورها نوشته پیتر هاپتمن

2- Binder , J . sensors and actuaters 4

3- Kawamura Y. Proc. TRANSDUCER

4- Baltes, H .P. and Popovic ,R.S . Proc . IEEE 74

5- Angell, J.B . Silicon Micromechanical Device ,  
and Electro Optics

6- Moretti ,M . Laser Focus

7- Williams,D.E.,stonham,A.M.and Moseley,P.T

8-Harada,k.et al;IEEE Trans.Magntics .

9-Fernisse,E . P .et al;IEEE Trans.Ultrasonics,ferroelectrics frequ.control.

10- Clifford, P.K :Proc.int.meeting on chemical sensor