جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

حکاکی لایه نازک SiO_2

معمولاً بوسیله رقیق کردن یا Buffer کردن HF انجام می شود.

حکاکی های PSG ۱۰ بار سریع تر از اکسید رشد یافته حرارتی می باشد.

حکاکی Anisotropic در مورد Si با استفاده از حکاکی پلاسما به کمک یون در ترکیبی از C_2F_6 و CH_3F انجام می شود. قابلیت انتخاب روی Si خوب است، امّا روی Si_3N_4 خوب نیست .

حکاکی لایه نازک Si_3N_4

حکاکی کننده تر در دمای $140 - 200^{O}C$ H_3PO_4 می باشد. SiO_2 حاصل از لایه نشانی بخار شیمیایی یک ماسک حکاکی خوب است. قابلیت انتخاب روی Si خیلی خوب است. حکاکی Anisotropic برای Si_3N_4 با استفاده از حکاکی پلاسما به کمک یون (Ion assisted Plasma etching) در ترکیبی از C_2F_6 و CH_3F انجام می شود.

حکاکی قربانی (sacrificial)

قابلیت انتخاب حکاکی sacrifical روی Si باید خیلی بالا باشد. مواد متداول مورد استفاده PSG و Polyimide , Photorestis ها می باشند. PSG با استفاده از Resist برداشته می شود.

Polyimide ها با استفاده از حکاکی پلاسما برداشته می شوند.

---

۲ – ۱۴ – ساختار پایه (Basic structures)

۲ – ۱۴ – ۱ – در میکرو ماشینینگ توده ای سیلیکون

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

یکی از ممکن ترین و بارزترین ساختارها الگودهی هادی های عایق شده الکتریکی است. یکی از کاربردهای آن می تواند استفاده از میدان های الکتریکی برای ساختن سلول های انفرادی باشد.

حکاکی Anisotropic به وسیله KOH به آسانی می تواند کانال های (grooves) V شکل را ایجاد کند، یا گودال های (Pits) با دیواره های مخروطی شکل را داخل سیلیکون برش دهد.

شکل ۲ – ۳۲

KOH همچنین می تواند برای ایجاد ساختارهای تپه ای شکل با شیب تند استفاده شود (شکل a). وقتی که تپه ها حکاکی شده و پی ریزی می شوند، گوشه ها می توانند به شکل اریب در بیایند. (شکل b). ماسک طراحی برای در برگرفتن ساختارهای اضافی در گوشه ها طراحی می شود. این ساختارهای جبران ساز آن چنان طراحی می شوند که وقتی که گوشه های ۹۰ درجه تشکیل شدند، کاملاً حکاکی می شوند. یکی از مشکلات استفاده از ساختارهای جبران ساز برای تشکیل گوشه های راست زاویه این است که آنها محدودیتی روی کمترین فضای بین تپه ها ایجاد می کنند.

شکل ۲ – ۳۴

دیافراگم های سیلیکون از حدود 50 µm به بالا به وسیله حکاکی ویفر کامل سیلیکون با KOH می تواند ساخته شود. ضخامت به وسیله زمان بندی حکاکی کنترل می شود و همین مسئله موضوعی برای خطاها می شود.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

شکل ۲ – ۳۵

دیافرگم های نازک تر، در حدود ضخامت 20 µm می توانـد بـا اسـتفاده از بـور بـرای متوقـف کـردن حکاکی KOH ساخته شود. (شکل ۲ – ۳۶) ضخامت دیافراگم وابسته به عمق بور تزریق شده داخـل سیلیکون می باشد، که می تواند خیلی دقیق تر از حکاکی KOH زمان بندی شده و کنترل شود.

(شکل ۲ – ۳۶)

دیافراگم سیلیکون، ساختار پایه مورد استفاده در سنسورهای فشار میکرو مهندسی اسـت. همچنـین مـی تواند برای استفاده بعنوان یک سنسور شتاب وفق داده شود.

حکاکی وابسته به تلغیظ می تواند برای ایجاد پل های باریک یا میله های سگدسـت (Cantilever beam)، استفاده شود. شکل a یک پل را نشان می دهد که به وسیله انتشار بور تشـکیل شـده اسـت. میله سگدست (یک پل با یک سر آزاد) نیز به وسیله روش یکسانی ایجاد می شود. (شکل b)

شکل ۲ – ۳۷

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

پل و میله شکل بالا در عرض قطر چاله برای اطمینان از این که آنها بـه وسـیله KOH حکـاکی مـی شوند، طرح ریزی شده اند. ساختارهای خیلی پیچیده تر نیز بـا ایـن روش امکـان پـذیر اسـت، امّـا بایـد مواظب بود که آنها آزادنه به وسیله KOH حکاکی شوند.

اگر می خواستیم پل ها یا میله هایی با جهـات مختلـف بسـازیم، ویفـر مـی توانـد از پشـت در KOH حکاکی شود. (شکل ۲ – ۳۸) در طی این چنین حکاکی هایی، باید اطمینان حاصـل شـود کـه جلوی ویفر کاملاً از حکاکی KOH مصون می ماند، راه حل دیگر تولید یـک دیـافراگم و حکـاکی پـل مورد نظر یا شکل میله مانند با استفاده از یک حکاکی کننده یون واکنش زا (حکاکی خشک) می باشد.

شکل ۲ – ۳۸

یکی از کاربردهای این میله ها و پل ها به عنوان سنسورهای تشـدید مـی باشـد. سـاختار مـی توانـد در فرکانس پایه اش به ارتعاش در آید. هر عاملی که باعث تغییـری در جـرم، طـول و ... شـود، بـه عنـوان تغییری در فرکانس ثبت می شود. ترکیبی از حکاکی خشک و حکاکی تر Isotropic مـی توانـد بـرای تشکیل نقاط خیلی تیز استفاده شود. ابتدا یک ستون با پهلوهای عمودی با استفاده از RIE (شـکل a) تشکیل می شود. سپس با استفاده از حکاکی تر Mask حکاکی از زیر بـرش مـی خـورد و یـک نقطـه خیلی دقیق را تشکیل می دهد. (شکل b) سپس Mask حکاکی نیز برداشته می شود.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

شکل ۲ – ۲۹

از این ساختار در انتهای میله های سگدست به عنوان Probe در ذره بین اتمی می تواند استفاده شود.

---

۲ – ۱۴ – ۲ در میکروماشینینگ سطحی

در میکرو ماشینینگ توده ای ساختارهای میکرونی به وسیله حکاکی توده ای از ویفر سیلیکون برای دستیابی به نتیجه دلخواه تشکیل می شوند. در میکروماشینینگ سطحی چندین لایه نازک روی ویفری یا هر زیر لایه مناسب دیگر قرار می گیرند. این لایه ها شامل یک ماده بنیادین مثل پلی سیلیکن و یک ماده قربانی (Sacrifical) مثل اکسید می باشند. این لایه ها به ترتیب لایه نشانی و حکاکی خشک می شوند. آخر سر ماده قربانی از طریق حکاکی تر حذف می شود. لایه های بیشتر و ساختارهای پیچیده تر باعث سخت شدن فرآیند ساخت می شود. یک میله سگدست میکرو ماشین شده سطحی ساده در شکل ۲ – ۴۰ نشان داده شده است. یک لایه قربانی از اکسید روی سطح ویفر لایه نشانی شده، سپس یک لایه پلی سیلیکن لایه نشانی شده و با استفاده از روش های RIE به یک میله با یک Anchor pad الگو دهی می شود. (شکل a). سپس به وسیله یک حکاکی تر لایه اکسید زیر میله برداشته می شود (شکل b). Anchor pad از زیر Pad برداشته شود، ویفر از حمام حکاکی بیرون می آید.

شکل ۲ – ۴۰

گستره وسیعی از اتاقک های (Chambers) مختلف با استفاده از روش های میکروماشینینگ سطحی روی سطح ویفر سیلیکون می تواند ساخته شود. در شکل اتاقک به وسیله حجمی از اکسید

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

قربانی ایجاد شده است. (شکل a). سپس لایه ای از پلی سیلیکن روی سطح ویفر لایه نشانی شده است (شکل b). پنجره ای از طریق پلی سیلیکن حکاکی خشک (RIE) شده است و سپس یک ویفر در یک حمام حکاکی تر غوطه ور شده که باعث برداشته شدن اکسید می شود و اتاقک پنجره دار تشکیل می شود.

شکل ۲ – ۴۱

علاوه بر این ها میکروماشینینگ سطحی می تواند ساختارهای بسیار پیچیده تر مثل انبرک های میکرو مهندسی را ایجاد کند.

---

۲ – ۱۵– Excimer Laser Micro Machining

لیزرهای، Excimer پرتو های عریض تری از نور ماوراء بنفش (uv) را تولید می کنند.

یکی از جالب ترین کاربردهای این لیزرها در میکروماشینینگ مواد Organic می باشد. (پلاستیک، پلی مرها، و ...) این بدین علّت است که لیزر Excimer بر خلاف لیزرهای دیگر مواد را به وسیله سوزاندن یا بخار کردن آنها از بین نمی برد، بنابر این مواد مجاور منطقه میکرو ماشین شده، به وسیله تأثیرات حرارت ذوب یا نابود نمی شوند. در هنگام ماشین کاری مواد ارگانیک پالس های لیزر روشن و خاموش می شوند و ماده با پالس ها برداشته می شود. مقدار ماده حذف شده وابسته به خود ماده و طول پالس و شدت نور لیزر می باشد. با توجه به ماده مورد استفاده، زیر یک حد آستانه، نور لیزر هیچ تأثیری ندارد. هرچه بالای حد آستانه برویم، عمق ماده برداشته شده در هر پالس افزایش می یابد. کنترل دقیق عمق برداشته شده به وسیله شمارش تعداد پالس ها امکان پذیر می باشد. برش های خیلی

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

عمیق (چند صد میکرون) با استفاده از لیزر Excimer امکان پذیر است. شکل ساختارهای تولید شده با استفاده از یک Mask کوارتز که روی آن کروم قرار دارد، کنترل می شود. این عمل درست مثل Mask های تولید شده به وسیله فوتولیتوگرافی می باشد. در ساده ترین شکل Mask در تماس با ماده ماشین شده قرار گرفته و نور لیزر از آن عبور می کند. (شکل a). این روش خوبی برای ایجاد طرح Mask داخل ماده می باشد. (شکل b). ماده در جایی که نور لیزر به آن برخورد می کند، برداشته می شود.

شکل ۲ – ۴۲

با این روش ساختارهای با کناره های عمودی نیز می توانند ساخته شوند. با تنظیم نورها، ایجاد ساختارهای با دیواره های مخروطی نیز ممکن است. (شکل ۲ – ۴۳)

شکل ۲ – ۴۳

لیزرهای Excimer کاربردهای فراوانی دارند. یکی از کاربردهای آن ماشین کاری قرینه چشم برای تغییر خصوصیات نوری آن می باشد.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

3- سنسورها

انواع سنسورها به طور عمودی

Piezoresistor ها

تغییر در مقاومت یک ماده توسط کشش اعمالی، اثر Piezoresistor نامیده می شود. ساخت Piezoresistor ها به وسیله سیلیکون نسبتاً آسان است. فقط حجم کوچکی از سیلیکون تزریق شده با نا خالصی لازم است.

سنسورهای پیزو الکتریک

وقتی نیرویی به یک ماده پیزو الکتریک اعمال می شود، باری روی سطح آن القا می شود که متناسب با نیروی اعمالی است. نیروی اعمالی می تواند به وسیله اندازه گیری پتانسیل الکتریکی که در عرض کریستال مشاهده می شود، استنباط شود. کریستال های پیزو الکتریک متداول مورد استفاده برای قطعات میکرومهندسی شامل PZT, Zinc oxide هستند که می توانند روی میکرو ساختارها لایه نشانی و الگو دهی شوند.

سنسورهای خازنی

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

برای دو سطح هادی مواردی که به وسیله یک ماده عایق جدا شده اند، خازن بین دو سطح به وسیله معادله $C = \frac{\varepsilon A}{d}$ بیان می شود، به طوری که A مساحت سطح و d فاصله بین آنها و ε ثابتی وابسته به ماده بین سطوح است. (فرض می شود که محیط سطوح بزرگتر از فاصله بین دو سطح است)، استفاده از این روش برای اندازه گیری جابجایی های کوچک با دقّت بالا ممکن است، اگر چه ابزارهای مورد نیاز آن مقداری پیچیده است.

سنسورهای نوری

سیلیکون همانند سایر موادی که در ساخت قطعات نیمه هادی استفاده می شود، ماده ای صیقلی می باشد. بنابراین مفهوم Optical می تواند برای حس کردن جابجایی یا تغییر حالت پرتوها استفاده شود.

سنسورهای تشدیدی

این سنسورها بر اساس میله ها یا پل های میکرو ماشین شده هستند که برای نوسان در فرکانس تشدیدشان راه اندازی شده اند. تغییر در فرکانس تشدید به وسیله Piezoresistor ها یا به وسیله روش های Optical می تواند اندازه گیری شود. شکل ۱– ۳ پلی را نشان می دهد که برای تشدید روی یک غشاء نازک Drive شده است. فرکانس رزونانس پل وابسته به نیروی اعمالی به آن و طول و ضخامت و عرض و جرم و ضریب الاستیسیته ماده ای که از آن ساخته شده می باشد.

شکل ۳ – ۱

میکرو سنسورها

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

میکروسنسورها ادواتی هستند که پارامترهای محیط را اندازه می گیرند، بدون این که بر آن اثر بگذارند. مزیت مهم این میکرو سنسورها کوچکی اندازه آنها است که باعث می شود هم اثرشان بر پارامترهای محیط ناچیز باشد و هم بتوانند در فضاهای کوچک هم کار کنند. میکرو سنسورها در واقع مبدل هایی هستند که یک پارامتر محیط را به یک سیگنال الکتریکی تبدیل می کنند. یعنی بین ورودی x و خروجی y سیستم یک رابطه خطی وجود دارد:

$$y = mx + b$$

این رابطه خطی فقط در ناحیه محدودی از ورودی بر قرار است. ضمن این که به دلیل وابسته بودن m,b پارامترهای دیگر محیط مثل دما، این رابطه چندان هم خطی نیست. در Data sheet سنسورهای تجاری، مقدار انحراف خروجی سیستم بر حسب پارامترهای دیگر محیط، ذکر می شود.

برای تبدیل و تنظیم پارامتر ورودی سنسور به سیگنال الکتریکی خروجی، یک مدار جانبی نیز در کنار سنسور وجود دارد. در صورت خطی نبودن سنسور، مدار باید توانایی خطی کردن آن را هم دارا باشد. همچنین گاهی یک مدار کنترل و محرک هم در کنار سنسور هستند که بر سیستم اثر می گذارند. مثلاً توانایی جبران سازی دما و ثابت نگه داشتن آن را دارند. (برای کار صحیح سنسور) در عرصه میکرو سیستم ها چندین نوع سنسور برای سنجش پارامترهای مختلف مثل فشار، شتاب، دما، کشش، نوسان، چرخش، فاصله، خواص شیمیایی محیط و ..... وجود دارند.

---

۳ – ۱ سنسور فشار

سنسور فشار امروزه از موفق ترین کاربردهای میکرو ماشینینگ توده ای است. این سنسورها در حوزه های متفاوتی مثل خودروها و ابزار پزشکی استفاده می شوند. انواع مختلفی از سنسورهای فشار تا کنون ابداع شده اند. سنسورهای فشاری که بر اساس خاصیت Piezo-resistive سیلیکون کار می کنند، اولین بار در سال ۱۹۵۸ معرفی شدند. در آن زمان، این ادوات با استفاده از چسباندن Piezo-resistive سیلیکونی روی دریچه فلزی ساخته می شدند و در سال ۱۹۹۰ کاملاً تجاری شد.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

امروزه معمول ترین سنسور های فشار ارزان قیمت با Etching غیر هم جهت سیلیکون و چند فرآیند دیگر ساخته می شوند. نمونه های آن فشار سنج ساخت Motorolla (۱۹۹۳) است که کاملاً مجتمع است و فشار سنج ساخت Lucas Nova Sensor (۱۹۹۰) است که با پیوند حرارتی ویفرها در ابعاد چند میلی متر ساخته شده است .

همچنین اخیراً، فشار سنج هایی با تکنو لوژی SSI برای استفاده تجاری در خودروها ساخته شده اند. این سنسورها کوچک هستند و مدار جبران ساز آنها نیز به صورت مجتمع رویشان وجود دارد. بازار جهانی سنسورهای فشار، در سال ۱۹۹۴ حدود نیم میلیارد دلار بود، و در سال ۲۰۰۰ به ۳/۴ میلیارد دلار رسید. در دنیای میکرو سه سنسور فشار ساخته شده است : سنسور مبتنی بر مقاومت پیزو، سنسور خازنی و سنسور مبتنی بر تغییر فرکانس تشدید مکانیکی.

قدیمی ترین نوع، سنسور مبتنی بر مقاومت پیزو است که مزایایی مثل اندازه کوچک، خطی بودن در یک محدوده وسیع، حساسیت مناسب به فشار و کم بودن حساسیت به هیسترزیس و جابجایی را دارد. اختلاف اساسی سنسورهای مبتنی بر مقاومت پیزو و سنسورهای خازنی در این است که اولی استرس و دوّمی مقدار انحراف صفحه از محل خود را اندازه می گیرد.

تاکنون چند نوع سنسور خازنی با صفحات موازی ارائه شده اند. در بعضی موقعیت ها استفاده از این نوع سنسورها بر سنسور مبتنی بر مقاومت پیزو برتری دارد. مزیت آنها در حساسیت بیشتر به فشار و حساسیت کمتر به دما است. هر چند که سنسور های خازنی، مساحت بیشتری را اشغال می کنند و کمتر خطی هستند و به مدار جانبی پیچیده تری نیار دارند. به هر حال بسته به موقعیت استفاده از یک نوع سنسور های ذکر شده، مناسب تر است. در این جا ساختار، طرز کار و روش ساخت هریک از سنسورهای فشار، بیان می شود.

---

۳ – ۱ – ۱ – سنسور فشار مبتنی بر مقاومت پیزو

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

اثبات شده است که مقاومت های نوع P که در جهت (110) بر روی دریچه سیلیکونی با جهت (100) ساخته شده اند، بیشترین حساسیت به استرس و بهترین سازگاری با فرآیندهای استاندارد میکرو الکترونیک را دارند. ساده ترین ایده این است که دو تا از این مقاومت ها روی دریچه ساخته شوند و دو مقاومت دیگر روی همان قرص خارج از منطقه روی دریچه ساخته شوند. مزیت این ساختار آن است که ضریب تغییر دمایی، خیلی کم می شود. یعنی به مقدار Matching مقاومت ها محدود می شود. شکل ۳ – ۲ یک طرح ساده این نوع سنسورها را نشان می دهد. چیپ شامل یک دریچه سیلیکونی نازک است که با زدایش غیر هم جهت سیلیکون از یک ویفر خیلی ضخیم تر ساخته شده است.

شکل ۳ – ۲

برای بستن دریچه و نیز استحکام بیشتر چیپ، این ویفر سیلیکونی روی یک ویفر دیگر از جنس si یا شیشه پیرکس چسبانده شده است. برای پیوند si به si از روش پیوند گرمایی و برای چسباندن شیشه به si از روش آندیک (مبتنی بر ولتاژ) استفاده می شود. مراحل ساخت این نوع سنسور به طور خلاصه در شکل ۳ – ۳ مشاهده می شود.

اگر در ویفر زیرین، سوراخی ایجاد کنیم، بطوری که به فضای خارج راه داشته باشد، این سنسور اختلاف فشار بین دو سطح رو و زیر دریچه را اندازه خواهد گرفت. اگر این سوراخ ایجاد نشود، این سنسور مقدار مطلق فشار را اندازه می گیرد.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

به هر حال بر اثر اختلاف فشار بین سطوح رویی و زیرین دریچه، سطح نازک سیلیکونی دچار استرس شده و کمی تغییر شکل می دهد. مقدار این استرس در وسط اضلاع دریچه بیشترین مقدار است. مقاومتهای پیزو نیز در همان محل ها با نفوذ نا خالصی نوع p ساخته می شوند.

برای افزایش حساسیت می توان از این ایده هم استفاده کرد : اگر دو تا از مقاومت ها موازی با لبه دریچه و دوتای دیگر عمود بر آن ساخته شوند، مقدار دو تا از آنها با استرس افزایش یافته و مقدار دو تای دیگر کم می شود. اگر این ها در محل های مخالف هم در یک پل وتستون وصل شوند، بیشترین حساسیت پل ممکن بدست می آید.

شکل ۳ – ۳

شکل ۳ – ۴

ضریب تغییر دمایی پیزو منفی است. حساسیت آنها نیز با افزایش دما کاهش می یابد. از دیگر عوامل ایجاد کننده خطا در این سنسورها، استرس های ناشی از پیوند ویفرها و نیز بسته بندی (Packaging) چیپ است. غیر خطی بودن این سنسورها هم در محدوده مناسب کمتر از ۰/۰۱ ٪ است. مقدار استرس و خروجی در کلیه نقاط دریچه، بطور نرم افزاری قابل محاسبه و شبیه سازی است.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

۳ – ۱ – ۲ سنسور فشار خازنی

در سنسور خازنی، دریچه نازک سیلیکونی بر اثر فشار تغییر شکل می یابد و به صفحه دیگر خازن نزدیک می شود.

پس مقدار خازن تغییر می کند. تغییر مقدار خازن را می توان با انواع روش ها مثل تغییر فرکانس تشدید، تغییر زمان شارژ شدن، تغییر بار روی صفحه خازن و تغییر ولتاژ آن در بار ثابت، اندازه گرفت. طراحی از این نوع سنسور در پایین مشاهده می شود :

شکل ۳ – ۵

مقدار کل تغییر خازن، انتگرال هر یک از مناطق کوچکتر است. تغییر مقدار خازن $\left[\frac{\Delta C}{C}\right]$ نسبت به فشار و تغییر شکل صفحه خازن، خطی نیست. ولی رابطه آن مشخص است و مقدار فشار از روی مقدار تغییر خازن قابل محاسبه است. مقدار تغییر تماس مقیاس خازن می تواند بین ۲۰۰ – ۲۰ ٪ باشد.

ساختار این سنسور نسبتاً ساده است و با فرآیند های معمولی میکروماشینینگ قابل ساخت است. اشکال مهم این است که مقدار خازن خیلی کوچک است (۳ – ۱ PF) در نتیجه اندازه گیری مقدار تغییر خازن بسیار مشکل است و مدار اندازه گیری باید حتماً روی همان چیپ ساخته شود. در ضمن خازنهای پارازیتیک مثل خازنهای خطوط اتصال و خازن Pad ها می توانند باعث ایجاد خطا شوند که مدار جانبی باید اثر آنها را حذف کند.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

هر چه صفحه خازن سخت تر بوده و قابلیت انعطاف کمتری داشته باشد، حساسیت آن بیشتر است. امّا در عوض محدوده عمل آن کمتر است. شکل بزرگ این سنسورها، همین Trade-off بین حساسیت و محدوده عمل است.

---

۳ – ۱ – ۳ سنسور فشار تشدیدی

در این سنسورها بر اثر فشار، فرکانس تشدید مکانیکی یک میله یا لایه پلی سیلیکونی تغییر می کند. مقدار تغییر این فرکانس با یک مقاومت که روی آن نصب شده اندازه گیری می شود. در این سنسور، خروجی به شکل یک موج سینوسی است که با اعمال فشار، فرکانس آن تغییر می کند. با یک کلاک فرکانس بالا می توان به سادگی این سیگنال را به سیگنال دیجیتال تبدیل کرد. این سنسورها نیز به صورت سنسورهای اختلاف فشار مطلق قابل ساخت هستند.

---

۳ – ۲ شتاب سنج ها

امروزه شتاب سنج ها پیشرو موفق تجاری در تکنولوی MEMS هستند. شتاب سنج ها ستاره های صنعت MEMS هستند که هر ساله میلیون ها عدد از آنها توسط صنعت خودرو خریداری می شود. قطعات با الکترونیک مجتمع خروجی قابل خواندن و قابلیتهای خود آزمایشی را پیشنهاد می کنند و هزینه های بسیار کمتر از شتاب سنج های دهه پیش دارند. مکانیسم های فیزیکی متضمن می شوند. شتاب سنج ها به صورت خازنی، پیزورزیستیو، الکترو مغناطیسی، پیزو الکتریک، فرو الکتریک، نوری و تونلی می باشند. موفق ترین نوع بر پایه عبور خازنی (Capacitive trasaluction) می باشد. دلیل سادگی آن و نیاز نداشتن به مواد عجیب و غریب، مصرف توان کم و پایداری خوب در دمای بالا است. اگر چه مبدل های خازنی بسیاری تغییرات خازنی غیر خطی در مقابل جابجایی دارند، فیدبک عموماً برای تبدیل سیگنال به یک خروجی خطی استفاده می شود. خروجی می تواند، آنالوگ، دیجیتالی،

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

سهمی از ولتاژ تغذیه یا هر نوع دیگری از مدولاسیون پالس باشد. نویز در سنسورهای با خروجی دیجیتال در هنگام انتقال دیتا باعث بروز مشکل می شود.

مشخصه های در نظر گرفته شده در هنگام انتخاب یک شتاب سنج عبارتند از :