



دانشگاه گیلان
دانشکده کشاورزی
گروه مهندسی بیوسیستم

ابزار اندازه گیری و کنترل Instrumentation and Control

فصل پنجم:

مسگرهای بکار رفته در مبدل ها

مدرس:
دکتر کاوه ملازاده

مقدمه

○ مبدل ها وسایل الکترومکانیکی هستند که یک تغییر در کمیت مورد اندازه گیری (مانند جابجایی یا نیرو) را به تغییر در یک سیگنال الکتریکی که می تواند بعد از دستکاری (Conditioning) به صورت ولتاژ مانیتور شود، تبدیل می کنند. گستره وسیعی از مبدل ها برای استفاده در اندازه گیری کمیت های مختلف وجود دارند.

○ مشخصه های مبدل ها که شامل محدوده، خطی بودن، مساسیت و دماهای عملکرد است در ابتدا توسط مسگری که در مبدل برای تولید سیگنال فرومی استفاده می شود، تعیین می گردد.



مسگرهای مورد استفاده در مبدل ها



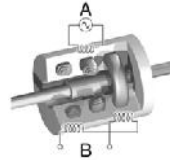
○ کریستال های پیزوالکتریک



○ پتانسیومترها



○ کریستال های پیزومقاومتی



○ ترانسفورمرهای تفاضلی



○ ترمیستورها



○ کرنش سنج ها



○ خازن ها

○ موارد دیگر

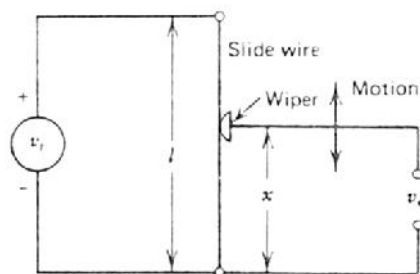
۲

ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
<http://agri.uok.ac.ir/kmollazade>



پتانسیومترها (Potentiometers)

○ از پتانسیومترها برای اندازه گیری جابجایی های (خطی و زاویه ای) کوچک استفاده می شود. ساده ترین نوع پتانسیومترها، نوع مقاومت سیم لغزان است.



$$v_o = \frac{x}{l} v_i \quad \text{or} \quad x = \frac{v_o}{v_i} l$$

○ کاربرد پتانسیومترهای با مقاومت سیمی مستقیم به طور گسترده میسر نیست؛ زیرا مقاومت سیم با طول کوتاه کم است و این مقاومت کم، سبب تممیل توان اضافی روی منبع ولتاژ می شود.

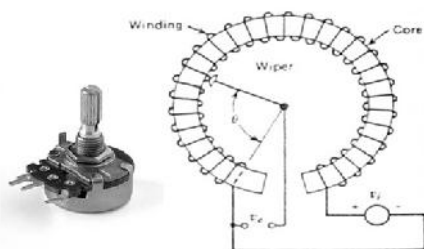
۳

ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
<http://agri.uok.ac.ir/kmollazade>

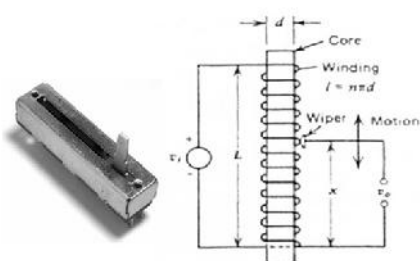


پتانسیومترهای قطبی و زاویه ای

- افزایش طول سیم به صورت سیم پیچی مول یک مغزی ایزوله (عایق) باعث افزایش مقاومت گشته و این امر سبب کاهش توان مصرفی روی منبع ولتاژ می گردد.



پتانسیومتر زاویه ای



پتانسیومتر قطبی



مزایا و معایب پتانسیومترها

- مقاومت پتانسیومترهای سیم پیچی شده وقتی که لغزنده از یک ملقه به ملقه مجاور حرکت می کند، به روش پله ای و گام به گام افزایش می یابد. این تغییر گام در مقاومت، قابلیت تمایز و وضوح پذیری پتانسیومتر را به L/n محدود می کند که L طول سیم پیچ و n تعداد ملقه ها است.

- نویزهای الکترونیکی اغلب به هنگام حرکت کنتاکت روی جابجگر از یک ملقه به ملقه دیگر پیش می آید. این نویز را می توان با تمیز نگهداشتن سیم پیچ از لایه های اکسیدی که روی آن تشکیل می شود (بوسیله روغنکاری) به حداقل رساند.

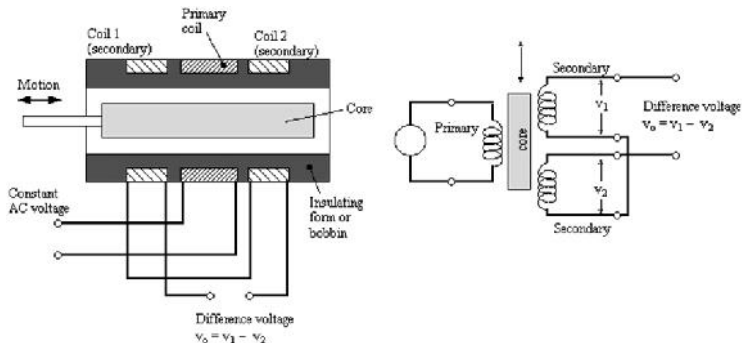
- پتانسیومترها وسایل ارزان و نسبتاً دقیقی هستند؛ اما مزیت اصلی آنها سادگی عملکردشان است. از معایب آن ها محدود بودن پاسخ فرکانسی شان است یعنی نمی توان از آن ها در اندازه گیری های دینامیکی استفاده کرد. چون پاسخ دینامیکی آنها به شدت به اینرسی شافت و جابجگر بستگی دارد. بنابراین فقط می توان در اندازه گیری های استاتیکی و شبهه استاتیکی از آن ها استفاده کرد.



ترانسفورمرهای تفاضلی (Differential transformers)

این مسگر که براساس قانون اندوکتانس (فود القایی) متغیر کار می کند نیز جهت اندازه گیری جابجایی کوچک بکار میرود. عمومی ترین مسگر فودالقایی متغیر برای اندازه گیری جابجایی های فطی، ترانسفورمر تفاضلی متغیر فطی (LVDT) است.

Linear Variable Differential Transformer



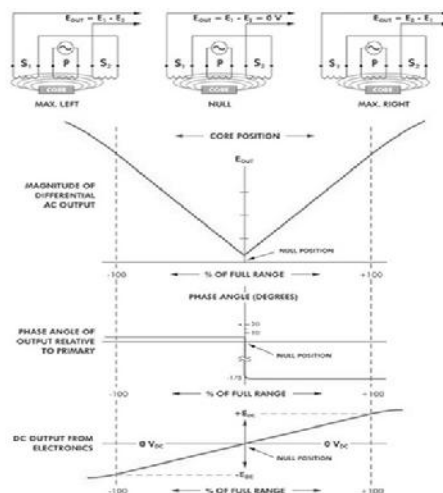
۶

ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
<http://agri.uok.ac.ir/kmollazade>



ترانسفورمر تفاضلی متغیر فطی (LVDT)

تا زمانی که LVDT در محدوده کاری باشد، ولتاژ فرومی تابع فطی از حرکت هسته مغناطیسی می باشد.



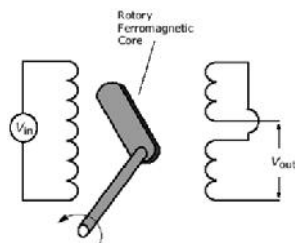
۷

ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
<http://agri.uok.ac.ir/kmollazade>



ترانسفورمر تفاضلی متغیر دوار (Rotary Variable Differential Transformer (RVDT))

○ از ترانسفورمرهای تفاضلی متغیر دوار (RVDT) جهت اندازه گیری جابجایی زاویه ای استفاده می گردد.



۸

ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
<http://agri.uok.ac.ir/kmollazade>



مزایای استفاده از ترانسفورمرهای تفاضلی متغیر خطی و دوار

○ از آنجایی که هیچ تماسی بین هسته و سیم پیچ ها وجود ندارد، بنابراین اصطکاک و اینرسی به حداقل خود می رسد. بنابراین جرم کم هسته و فارغ بودن از اصطکاک به مسگر توانایی اندازه گیری های دینامیکی ممدود را می دهد.

○ عدم تماس باعث می شود که قطعات برای مدت زیادی دواوم داشته باشد و این مسگرها به وسیله حرکت بیش از مد، فسادت نیینند. بنابراین آن ها را می توان به عنوان مبدل های بازفورد در سیستم های کنترل فودکار به کار برد.

○ به علت اینکه فرومپی به صورت مداوم با ورودی تغیر می کند، قابلیت تمایز به وسیله مشفصات ثبات ولتاژ معین می شود.

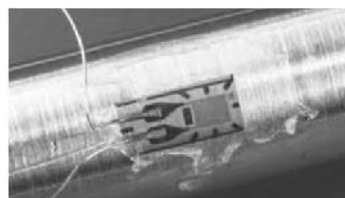
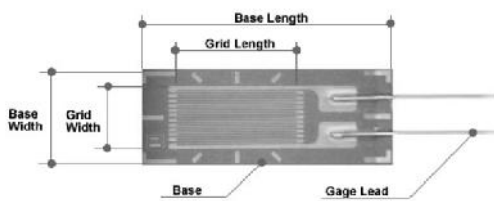
۹

ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
<http://agri.uok.ac.ir/kmollazade>



کرنش سنج های مقاومتی (Resistance Strain Gauges)

○ کرنش سنج های مقاومتی - الکتریکی، شبکه های نازک فلزی هستند که روی سطح یک قطعه یا سازه چسبانده می شوند. وقتی قطعه یا سازه بارگذاری می شود، کرنش ایجاد شده به شبکه نازک سیمی کرنش سنج منتقل می شود. مقاومت سیم ها نسبت به کرنش ناشی از بار اعمال شده تغییر می کند.

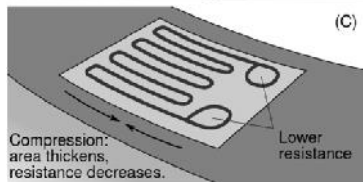
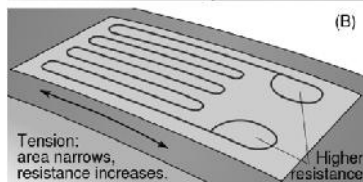
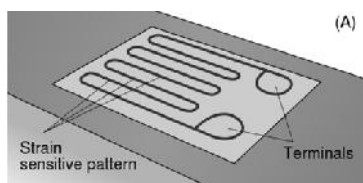


۱۰

ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
<http://agri.uok.ac.ir/kmollazade>



کرنش سنج های مقاومتی (Resistance Strain Gauges)



طول سیم

مقاومت مخصوص فلز استفاده شده در ساخت سیم

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

مقاومت سیم

مساحت سطح مقطع سیم

۱۱

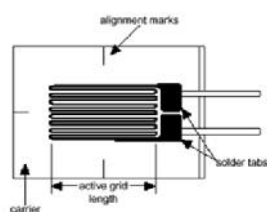
ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
<http://agri.uok.ac.ir/kmollazade>



ثابت کالیبراسیون (مساسیت) کرنش سنج های مقاومتی

○ یک کرنش سنج تغییر مقاومت $\Delta R/R$ مربوط به کرنش در جهت شبکه خود یعنی ε را به صورت رابطه زیر بروز می دهد:

$$\frac{\Delta R}{R} = S_g \varepsilon$$

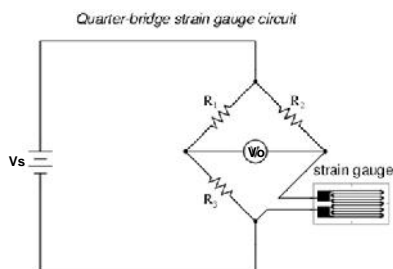


○ در رابطه فوق S_g را Gauge factor یا ثابت کالیبراسیون می گویند.



نمونه تبدیل تغییر مقاومت کرنش سنج های مقاومتی به تغییر ولتاژ

○ فروبی $\Delta R/R$ یک کرنش سنج معمولاً توسط یک پل وتستون (Wheatstone bridge) مطابق شکل زیر به یک سیگنال ولتاژ تبدیل می شود. اگر یک کرنش سنج در یکی از بازوهای پل وتستون استفاده شود و در دیگر بازوها مقاومت های ثابت R استفاده شوند، آنگاه ولتاژ فروبی برابر است با:



ولتاژ ورودی پل وتستون

$$v_0 = \frac{v_s}{4} \left(\frac{\Delta R_g}{R_g} \right)$$

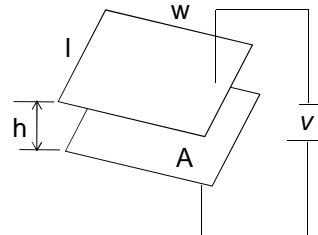
ولتاژ فروبی پل وتستون

مقاومت کرنش سنج

$$v_0 = \frac{1}{4} v_s S_g \varepsilon$$



مسگرهای فازنی (Capacitive Sensors)



ثابت دی الکتریک ماده بین صفحات (هوا=۱)
 ثابت تناسب (برای ابعاد اینچی برابر ۰/۲۲۵ و برای ابعاد میلیمتری برابر ۰/۰۸۸۵ است.)
 مسامت صفحات فازن
 فاصله بین صفحات فازن
 ظرفیت فازن (PF)

$$C = \frac{kKA}{h}$$

۱۴

ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
<http://agri.uok.ac.ir/kmollazade>



اندازه گیری فاصله با مسگرهای فازنی

○ تغییر فاصله بین صفحات (h)

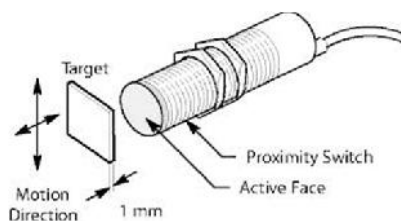
$$C + \Delta C = \frac{kKA}{(h + \Delta h)} \Rightarrow \frac{\Delta C}{C} = -\frac{\Delta h/h}{1 + (\Delta h/h)} \rightarrow$$

چون تغییرات فطی نیست، بنابراین محدودیت وجود دارد.

○ تغییر سطح مشترک

$$C + \Delta C = \frac{kK(\Delta A + A)}{h} \Rightarrow \frac{\Delta C}{C} = \frac{\Delta A}{A} \rightarrow$$

چون تغییرات فطی است، بنابراین محدودیت وجود ندارد.

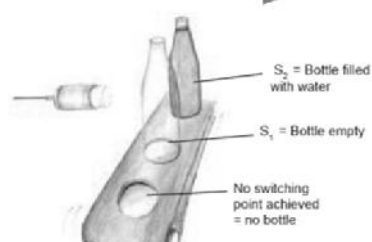
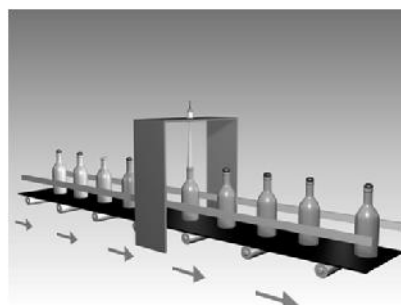
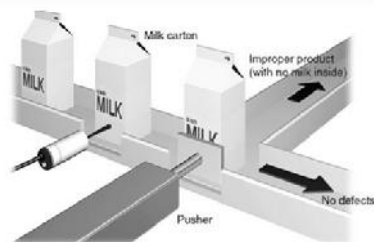
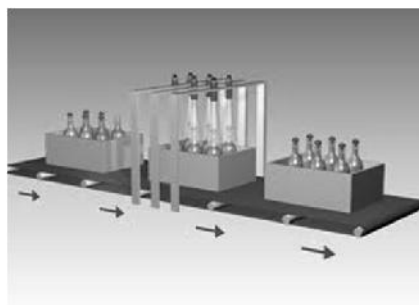


۱۵

ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
<http://agri.uok.ac.ir/kmollazade>



کاربرد مسگرهای فازنی در صنعت غذا



۱۶

ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
http://agri.uok.ac.ir/kmollazade



اندازه گیری رطوبت با مسگرهای فازنی

○ تغییر ضریب دی الکتریک فازن

$$C + \Delta C = \frac{kA(K + \Delta K)}{h} \Rightarrow \frac{\Delta C}{C} = \frac{\Delta K}{K}$$

→ چون تغییرات فطی است، بنابراین محدودیت وجود ندارد.



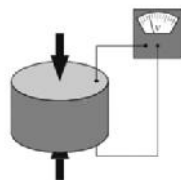
Grain moisture meter

۱۷

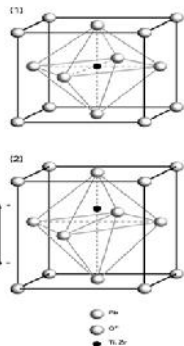
ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
http://agri.uok.ac.ir/kmollazade



مسگرهای پیزوالکتریک (Piezoelectric Sensors)



○ پیزوالکتریک ماده ای است که وقتی تحت تاثیر نیرو یا فشار قرار می گیرد، بار الکتریکی تولید می کند.



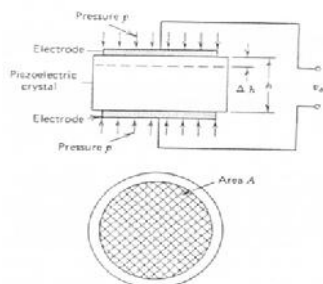
○ مواد پیزوالکتریک یا مانند کوارتز تک کریستال هستند و یا مانند تیتانات باریم چند کریستاله و ماوی مولکول هایی با توزیع بار نامتقارن هستند. هنگام اعمال فشار کریستال مزبور تغییر شکل می دهد و یک جابجایی نسبی بین بارهای مثبت و منفی درون کریستال پیدا می شود. این جابجایی بارهای داخلی، یک بار خارجی با جهت مخالف را روی سطوح خارجی کریستال ایجاد می کنند.

۱۸

ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
http://agri.uok.ac.ir/kmollazade



مماسبه بار ایجاد شده در مسگرهای پیزوالکتریک



○ اگر سطوح پیزوالکتریک با الکترودهای فلزی پوشش داده شوند، بار q تولیدی را می توان از ولتاژ خارجی V_0 با استفاده از رابطه زیر بدست آورد:

$$q = cV_0$$

ظرفیت کریستال پیزوالکتریک

○ همچنین بار تولید شده با فشار اعمالی به صورت زیر رابطه دارد:

$$q = S_q Ap$$

فشار اعمال شده به سطح سنسور سطح الکتروده مساسیت بار کریستال پیزوالکتریک

○ مساسیت بار تابعی است از موقعیت مسگر (معمولا یک استوانه است) نسبت به محور کریستال پیزوالکتریک.

۱۹

ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
http://agri.uok.ac.ir/kmollazade



مماسیه مساسیت به ولتاژ یک سنسور پیزوالکتریک

$$\begin{array}{ccc}
 & q = S_q A p & \\
 & \nearrow & \\
 v_0 = \frac{q}{C} & \longrightarrow & v_0 = \frac{S_q}{kK} h P \\
 & \searrow & \\
 & C = \frac{kKA}{h} &
 \end{array}$$

○ بنابراین مساسیت به ولتاژ مسگر عبارت است از:

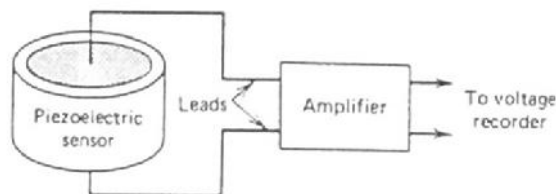
$$S_v = \frac{S_q}{kK}$$

○ مساسیت ولتاژ تابعی است از موقعیت مسگر (معمولا یک استوانه است) نسبت به محور کریستال پیزوالکتریک.



تقویت ولتاژ خروجی مسگر پیزوالکتریک

○ از آنجایی که ولتاژ خروجی مسگرهای پیزوالکتریک ضعیف است، از یک تقویت کننده (آمپلی فایر) جهت افزایش ولتاژ استفاده می گردد.



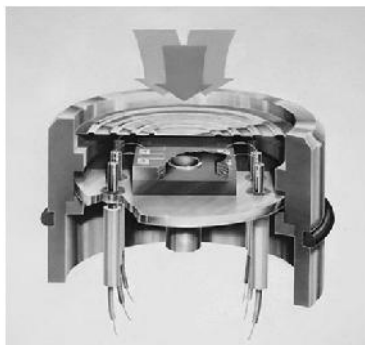
مزایای استفاده از مسگرهای پیزوالکتریک

۱. پاسخ بسامدی بالایی دارند. بنابراین برای استفاده در شرایط دینامیکی مناسب می باشند.
۲. در درجه حرارت بالا (تا ۵۵۰ درجه سانتی گراد) نیز خواص بسیار خوب و عالی ارائه می نمایند.
۳. از آنجایی که این مسگرها خود تولید ولتاژ می نمایند، بنابراین جزو مسگرهای غیرفعال محسوب می شوند و برای تمریک به جریان الکتریکی خارجی نیاز ندارند.



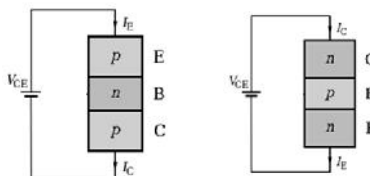
مسگرهای پیزومقاومتی (Piezoresistive Sensors)

- مسگرهای پیزومقاومتی وقتی تحت فشار قرار می گیرند، مقاومت الکتریکی آنها تغییر می کند. توسعه مواد پیزومقاومتی نتیجه فرعی تمقیق روی نیمه هادی ها بود که بوسیله آزمایش های تلفن بل در اوایل سالهای ۱۹۵۰ انجام شد. سرانجام این تمقیقات منجر به ساخت ترانزیستور شد.



سافتار مسگرهای پیژومقاومتی

○ مسگرهای پیژومقاومتی از مواد نیمه هادی (معمولا سیلیکون) همراه با بور به عنوان ناخالصی ناچیز برای ماده نوع P و همراه با آرسنیک به عنوان ناخالصی ناچیز برای ماده نوع N سافت می شوند.



مقاومت ماده نیمه هادی

$$\rho = \frac{1}{eN\mu}$$

مساحت شارژ (تمرکز پذیری) حامل های بار
(وابسته به میزان کرنش و جهت اعمال نیرو نسبت به محور کریستال)

تعداد حامل های بار
(وابسته به مقدار تمرکز ناخالصی) (وابسته به نوع ناخالصی)

بار الکترون
(وابسته به نوع ناخالصی)



مزایای استفاده از مسگرهای پیژومقاومتی

۱. پاسخ بسامدی بالایی دارند؛ بنابراین برای استفاده در شرایط دینامیکی مناسب می باشند.
۲. به دلیل قابلیت تغییر شکل رامت، این مسگرها را می توان به صورت فیلی کوپک (میکرومینیاتوری) سافت.
۳. از آنجایی که مقاومت عنصر با اعمال فشار تغییر می کند، از این مسگرها برای سافت فشار سنج ها یا شتاب سنج ها می توان استفاده نمود.

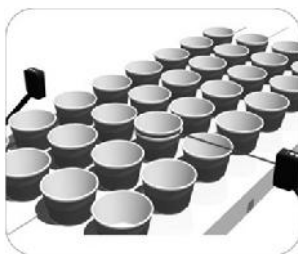


مسگرهای فتوالکتریک (Photoelectric Sensors)

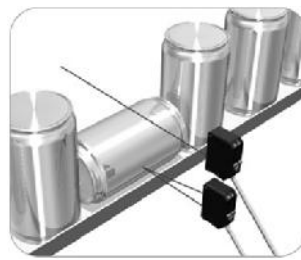
○ در جاهایی که امکان تماس با قطعه (هدف) وجود ندارد، می توان با استفاده از مسگر فتوالکتریک تغییرات در شدت نور را به کمیتی که می خواهیم اندازه بگیریم ربط دهیم. در چنین کاربردهایی، فتوالکتریک آشکارساز است و سیستم کامل که شامل آشکارساز (Detector)، تقویت کننده و ترمیم کننده سیگنال (Signal conditioner) و تجهیزات مربوط به قرائت است را اغلب رادیومتر (Radiometer) می گویند.



Detect unclear particles



Application in dairy industry



Detect fallen cans



انواع آشکارساز فتوالکتریک بر اساس سیگنال ورودی به آن

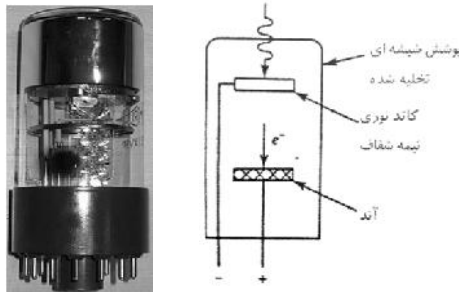
۱. گرمایی (Thermal detector): این آشکارسازها از اثر گرمایی تشعشع نور استفاده می کنند؛ یعنی، از انتقال گرما و تغییر دمای به وجود آمده برای مس کردن دما (به کمک مسگرهای دما) استفاده می کنند. از آنجایی که پاسخ زمانی پایینی دارند، عمده کاربرد آن ها در جایی است که شدت نور زیاد و فروبی با گذشت زمان ثابت باشد، مثل شعاع نور لیزر.

۲. فوتونی (Photon detector): این آشکارسازها از اثر روشنایی تشعشع نور استفاده می کنند و به علت داشتن مساسیت و سرعت پاسخ بیشتر، به عنوان مسگرهای همه منظوره (General purpose) کاربرد گسترده ای دارند. سه نوع متداول این نوع آشکارساز عبارت است از: لوله های منتشر کننده نور (فتو گسیلنده ها)، سلول های رسانای نوری و دیودهای نوری نیمه رسانا.

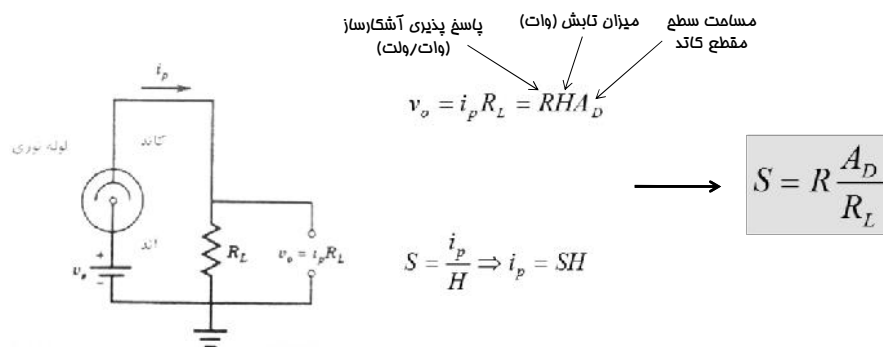


فتو گسیلنده ها (Photoemissions)

○ فتوگسیلنده ها که به آشکارسازهای لوله فلاء (Vacuum-tube detectors) نیز معروفند، بر اساس انتشار نور عمل می کنند. این آشکارسازها، حاوی یک کاتد نوری (Photocathode) نیمه شفاف و یک آند نصب شده در فلاء است. وقتی برافورد تابشی (فوتون ها) روی ماده ی کاتد نوری تاثیر می کند، الکترون ها از سطح آن ساطع شده و به طرف آند جریان پیدا می کنند.



مساسیت یک آشکارساز فتو گسیلنده

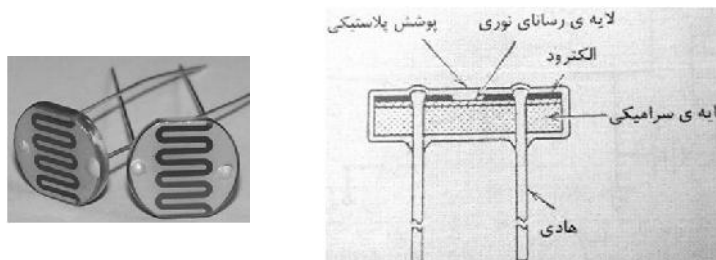


○ مساسیت S ، در درجه اول به ماده ی منتشر کننده ی نور که روی سطح کاتد قرار داده شده است، بستگی دارد. معمول ترین ماده ی منتشر کننده ی نور SbCs (آنتیمونی-سزیم) است که در محدوده ی وسیع از فرابنفش تا نور مرئی از آن استفاده می شود.

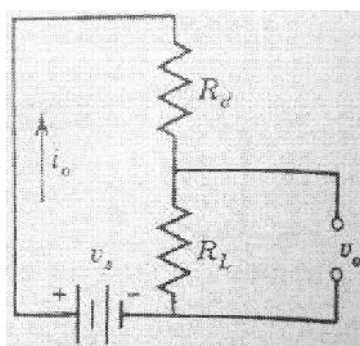


سلول های رسانای نور (Photoconductive Cells)

○ سلول های رسانای نور از مواد نیمه هادی مانند سولفید کادمیم (CdS) یا سelenide کادمیم (CdSe)، که پاسخ رسانایی نوری فراوانی دارند، ساخته می شوند. در اثر تابش نور به این سلول ها، مقاومت مواد نیمه هادی صاف می گردد (به صورت غیرخطی کم می شود).



نصب سلول رسانای نور در مدار



$$i_o = \frac{V_s}{R_d} \quad \text{مقاومت سلول رسانای نور}$$

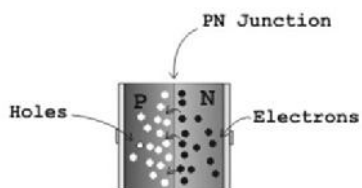
$$V_o = i_o R_L \quad \text{مقاومت بار}$$

$$\longrightarrow V_o = V_s \frac{R_L}{R_d}$$



دیودهای نوری نیمه رسانا (Semiconductor photodiodes)

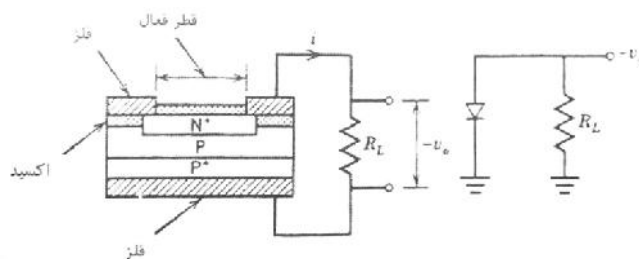
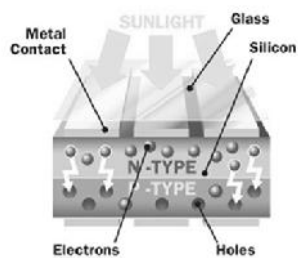
○ دیودهای نوری نیمه رسانا از سیلیکون (نیم رسانا) و ناخالصی نوع P و N ساخته شده است. بسته به مدار خارجی که دیود در آن قرار می گیرد، ممکن است از آن به عنوان یک وسیله فتوولتائیک (منبع ولتاژ) یا یک رسانای نوری (تضییع مقاومت) استفاده گردد.



○ یادآوری: نیم رسانا یا نیمه هادی، عنصر یا ماده ای است که در حالت عادی عایق باشد، ولی با افزودن مقداری ناخالصی قابلیت هدایت الکتریکی پیدا می نماید. نیم رساناها به دو دسته نوع P یا Positive یا گیرنده الکترون آزاد (که در آن تعداد مفره ها بیشتر است) و نوع N یا Negative یا دارنده الکترون آزاد (که در آن تعداد الکترون ها بیشتر است) تقسیم بندی می شود.

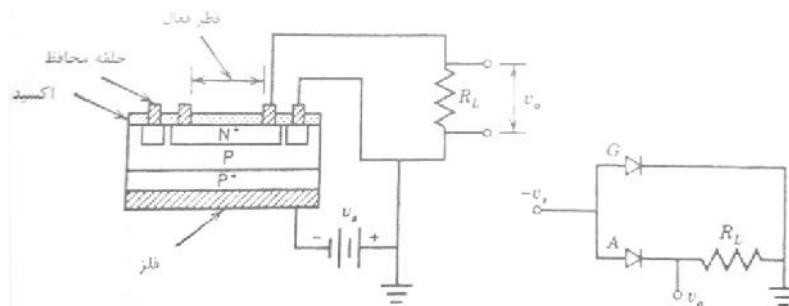


استفاده از دیودهای نوری نیمه رسانا جهت ایجاد سلول های خورشیدی



استفاده از دیودهای نوری نیمه رسانا جهت اندازه گیری شدت نور

○ در این حالت اتصال P/N در یک مدار بایاس معکوس اعمالی خارجی قرار می گیرد. با تابش نور به سطح مسگر، جریانی جاری خواهد شد که به صورت قطبی با شدت نور برافورد شده تغییر می نماید.



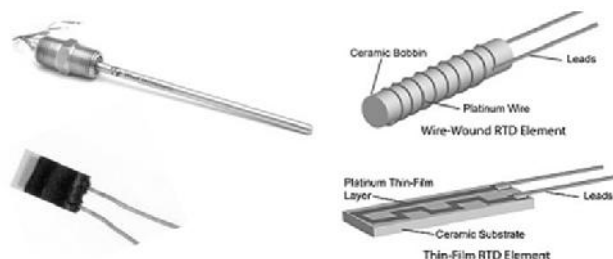
۳۴

ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
<http://agri.uok.ac.ir/kmollazade>



آشکارسازهای دما مقاومتی (Resistance Temperature Detectors (RTDs))

○ تغییر مقاومت الکتریکی فلزات در اثر دما زمینه ای را برای خانواده ای از مسگرها، که به آشکارسازهای دما مقاومتی معروفند، فراهم می آورد. این مسگرها به طور ساده از یک هادی ساخته شده که یا به صورت کویل سیم پیچ یا به صورت یک فیلم یا شبکه ی ورقه ای است.



۳۵

ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
<http://agri.uok.ac.ir/kmollazade>



رابطه بین مقاومت الکتریکی یک آشکارساز دما مقاومتی با تغییر دما

$$R/R_0 = 1 + \alpha_1(T-T_0) + \alpha_2(T-T_0)^2 + \dots + \alpha_n(T-T_0)^n$$

تغییر در مقاومت در اثر
تغییر دما از T_0 به T

مقاومت مرجع
در دمای T_0

دمای مرجع

ضریب دمایی
مقاومت

○ فلز پلاتین به طور گسترده ای در سافت مسگرهای RTD استفاده می شود زیرا:

۱. پایدارترین فلز در بین تمام فلزات است.

۲. کمترین مساسیت را به کثیفی دارد.

۳. قادر به کار کردن در محدوده دمایی ۴ درجه کلوین تا ۱۰۶۴ درجه سانتی گراد است.



مساسیت و پاسخ زمانی یک آشکارساز دما مقاومتی

○ مساسیت (S) مسگرهای دمای مقاومتی که با استفاده از پلاتین ساخته می شود نسبتاً بالا است. مثلاً برای یک RTD با یک مقاومت ۱۰۰ اهم در صفر درجه سانتی گراد برابر است با: $S=0.390 \Omega/^{\circ}C$

○ به دلیل غیرخطی بودن رابطه بین تغییرات مقاومت الکتریکی آشکارساز با دما (معادله قبل)، مساسیت با تغییر دما تغییر می کند. در دماهای ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ درجه سانتی گراد، مساسیت به ترتیب به مقادیر ۰/۳۷۸، ۰/۳۶۷، ۰/۳۵۵، ۰/۳۴۴ و ۰/۳۳۲ اهم بر درجه سانتی گراد کاهش می یابد.

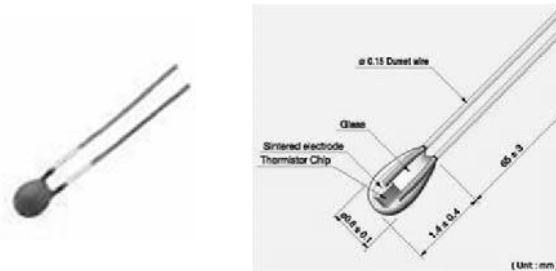
○ پاسخ زمانی یک RTD، تقریباً به طور کامل به میزانیات سافت آن بستگی دارد. برای سیم پیچ های بزرگی که روی میله های سرامیکی سنگین مونتاز شده اند و در لوله های فولادی غلاف شده اند، پاسخ زمانی ممکن است چندین ثانیه و یا بیشتر باشد. این درمالی است که برای آشکارسازهایی که به صورت فیلم یا ورق نازک نصب شده روی لایه ی پلی آمید هستند، پاسخ زمانی می تواند به کمتر از ۱/۰ ثانیه برسد.



ترمیستورها (Thermistors)

○ ترمیستورها همانند RTD ها با تغییر در مقاومت الکتریکی ناشی از تغییر دما، قادر به اندازه گیری دما هستند؛ با این تفاوت که عنصر مس کننده در ترمیستورها، به جای اینکه فلز باشد، از جنس مواد نیمه هادی است.

○ مواد نیمه هادی که شامل اکسیدهای مس، کبالت، منگنز، نیکل و تیتانیوم هستند، در مقابل تغییر دما، تغییر مقاومت زیادی از خود نشان می دهند.



۳۸

ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
http://agri.uok.ac.ir/kmollazade



رابطه بین مقاومت الکتریکی یک ترمیستور با تغییر دما

$$\ln R = A_0 + A_1/T + A_2/T^2 + \dots + A_n/T^n$$

مقاومت ویژه
ثابت های
دمای مطلق

ماده مورد نظر
ماده مورد نظر

○ در صورتیکه تغییر درجه حرارت زیاد نباشد، معادله فوق را فقط با دو جمله اولش تقریب می زنند:

$$\ln R = A_0 + A_1/T$$

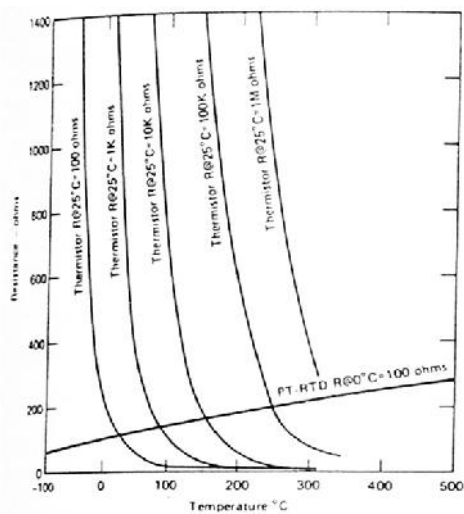
○ مشتق گیری از معادله فوق نشان می دهد که شیب منحنی مقاومت ویژه منفی است. به عبارت دیگر، با افزایش دما، مقاومت ویژه کاهش می یابد. به همین علت است که به ترمیستورها، NTC (Negative temperature coefficient) نیز می گویند.

۳۹

ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
http://agri.uok.ac.ir/kmollazade



مقایسه مشخصه ی مقاومت-دمای ترمیستورها و RTD ها



Thermistor



NTC (Negative temperature coefficient)

RTD



PTC (Positive temperature coefficient)

۴۰

ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
<http://agri.uok.ac.ir/kmollazade>



مزایا و معایب ترمیستورها

مزایا

۱. می توانند کوچک باشند (قطر ۰/۰۰۵ اینچ) و لذا در اندازه گیری های نقطه ای کاربرد دارند.
۲. پاسخ آن ها نسبت به تغییرات دمایی سریع است.
۳. فرومی آنها بیش از ۱۰ برابر فرومی RTD است.
۴. به دلیل سفت و محکم بودن، می توان از آن ها در جاهایی که شوک و ارتعاش وجود دارد، استفاده کرد.

معایب

۱. رابطه بین فرومی مسگر و دما غیرخطی است.
۲. محدوده دمایی عملکردی مسگر محدود است.

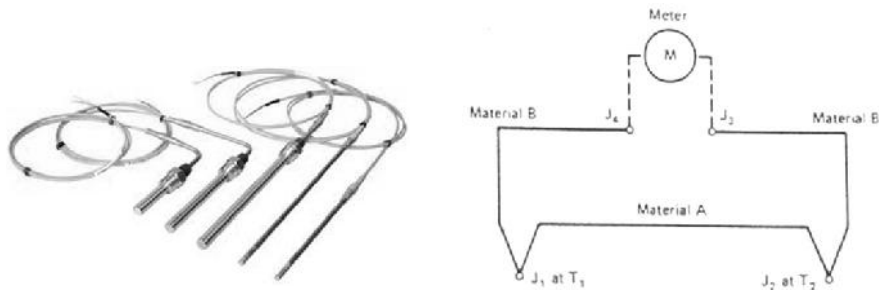
۴۱

ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
<http://agri.uok.ac.ir/kmollazade>



ترموکوپل ها (Thermocouples)

○ ترموکوپل یک مسگر دمایی است که از دو ماده غیر مشابه رسانا یا نیم رسانا تشکیل شده که در تماس الکتریکی و حرارتی همدیگر هستند. هنگامی که دما در ناحیه تماس این دو ماده تغییر می کند، مقداری پتانسیل تولید می شود. این پدیده ترموالکتریکی به اثر سبک (Seebeck effect) معروف است.



۴۲

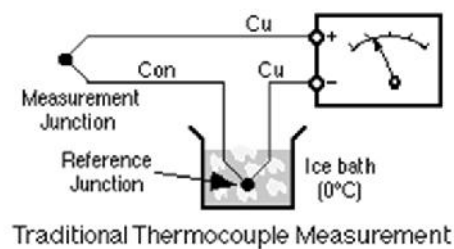
ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
<http://agri.uok.ac.ir/kmollazade>



نمونه اندازه گیری دما در ترموکوپل

$$V_o = S_{A/B} (T_1 - T_2)$$

دمای مرجع
 دمای مورد اندازه گیری
 حساسیت ترکیب مواد A و B ($\mu V/^\circ C$)



Traditional Thermocouple Measurement

۴۳

ابزار اندازه گیری و کنترل - گروه مهندسی بیوسیستم - دانشگاه کردستان
<http://agri.uok.ac.ir/kmollazade>



مزایا و معایب ترموکوپل ها

مزایا

۱. می توان آن را کوچک سافت (با قطر سیم ۰/۰۰۰۵ اینچ). لذا در اندازه گیری های نقطه ای کاربرد دارند.
۲. پاسخ زمانی در نوع مینیاتوری این مسگرها بالا است.
۳. در محدوده دمایی وسیعی می توان از این مسگرها استفاده نمود (۱۸۰- تا ۱۸۰۰ درجه سانتی گراد).

معایب

۱. فرومی مسگر غیرقطبی است و نیاز به مدار قطبی ساز دارد.
۲. مشکل نگهداری و کنترل دمای مرجع وجود دارد.
۳. سطح سیگنال فرومی پایین است و نیاز به آمپلی فایر جهت تقویت سیگنال دارد.

