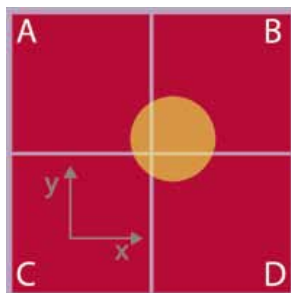


MESSTECHNIK, BILDVERARBEITUNG

Multi-Element Photodioden vs. Positionsempfindlichen Detektoren

Die berührungslose Positionsmessung von Licht spielt in eine zunehmend wichtige Rolle in industriellen Anwendungen. Mittels positionsempfindlicher Detektoren, können quantitative Aussagen über die Position des einfallenden Lichtstrahls gemacht werden. Zwei verschiedene Techniken sind derzeit auf dem Markt geläufig: Multi-Element Photodioden und positionsempfindliche Detektoren. Beide Verfahren stellen wir Ihnen im Folgenden vor.

MULTI-ELEMENT PHOTODIODEN. Multi-Element Photodioden sind Detektoren, welche aus mehreren unabhängigen Elementen einer Photodiode bestehen. Die gebräuchlichsten Bauformen sind Differential- und Quadranten-Photodioden. Diese werden für die Nullpunkt-Justage, Zentrierung oder zur Messung von Positionsänderungen eines Lichtstrahls verwendet. Die Funktionsweise einer Multi-Element Photodiode lässt sich am besten mit einem kleinen, gleichmäßig runden, Lichtfleck auf dem Detektor erklären.



Der eingestrahlte Lichtfleck fällt direkt auf die Quadrantenphotodiode. Über den Vergleich der vier verschiedenen Teilströme (nur die Indizes A bis D werden angegeben) kann die Position des Strahlmittelpunktes unmittelbar bestimmt werden. Hierbei wird die x- und y- Abweichung wie folgt berechnet:

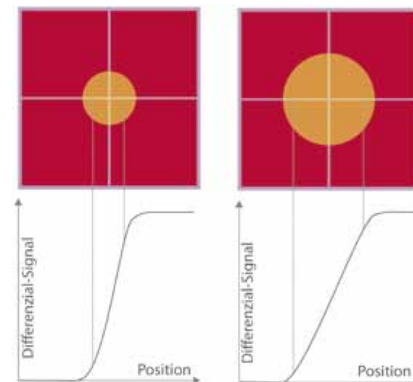
$$x = \frac{(B+D) - (A+C)}{(A+B+C+D)}$$

$$y = \frac{(A+B) - (C+D)}{(A+B+C+D)}$$

Bei der Entwicklung eines Systems zur Positionsbestimmung, auf Basis von Multi-Element Photodioden, müssen etliche Faktoren beachtet werden. Am Wichtigsten ist das Verhältnis von Strahldurchmesser und Detektorgröße. Ist der Strahldurchmesser kleiner als der Spalt zwischen den einzelnen Elementen, entsteht ein blinder Bereich, in dem die Positionsbestimmung unmöglich ist. Generell muss der Lichtstrahl kleiner als die Fläche des Detektors sein, da sonst das Positionssignal verfälscht werden kann.

Das zulässige Verhältnis von Strahldurchmesser und Detektorgröße wird bestimmt durch die räumliche Auflösung und die Messstrecke. Durch einen größeren Strahldurchmesser wird der messbare Bereich gesteigert, denn falls der Strahl nur auf einen Quadranten trifft, wird eine Positionsbestim-

mung unmöglich. Die Auflösung ist indirekt proportional zum Strahldurchmesser. Dies resultiert aus dem größeren differentiellen Signal welches ein kleiner Strahldurchmesser erzeugt, als ein großer Strahldurchmesser, bei gleicher überstrichener Strecke.

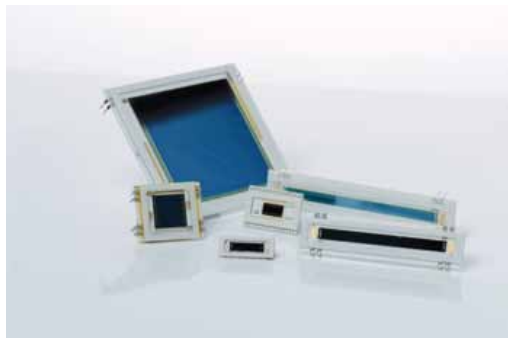


Als Faustformel kann angenommen werden:
 Detektorspalt < Strahldurchmesser < Detektorgröße
 Positionsabweichung <= Strahldurchmesser oder Detektorgröße

Diese Faustformel beruht auf der Annahme, dass der Strahl klare geometrische Formen wie der Detektor selbst hat. Natürlich ist dies nur selten der Fall. Der Lichtstrahl ist in Wirklichkeit nur annähernd kreisförmig. Als Ergebnis ist eine Linearität ($\pm 5\%$ Fehlertoleranz) nur über die Hälfte des Strahldurchmessers, vom Zentrum dessen gesehen, möglich. Genauso verhält es sich bei Lasern mit Gaußschem Strahlprofil, hier ist eine Linearität nur über 10% des Strahldurchmessers, vom Zentrum dessen, möglich. Natürlich kann diese Schwäche durch entsprechende Software abgemildert werden. Hierdurch entstehen jedoch höhere Kosten für das Gesamtsystem; zusätzlich steigert sich die Komplexität.

MESSTECHNIK, BILDVERARBEITUNG

Trotzdem bieten Multi-Element Photodioden die Vorteile einer hohen Ortsauflösung, niedrigen Kosten und sind einfach zu betreiben. Daher werden sie meistens zur Zentrierung und Ausrichtung verwendet. Mit dem Ziel der Überwachung oder Erreichung einer bestimmten Position und nicht unbedingt der quantitativen Bestimmung einer Positionsänderung.



POSITIONSEMPFINDLICHE DETEKTOREN (PSD).

Positionsempfindliche Detektoren eignen sich zur Messung von Wegstrecken. Sie bestehen aus einer Photodiode und haben, anders als Multi Element Photodioden, keinen Spalt und damit keinen blinden Bereich.

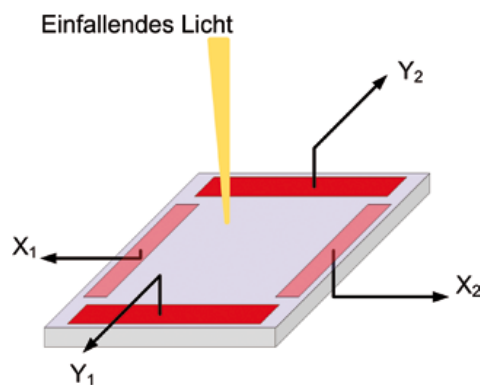
Trifft der Lichtstrahl den PSD, teilen sich die Photoströme entsprechend der Abstände zu den Anschlüssen auf:

$$X = ((X1 - X2) : (X1 + X2)) \times L/2$$

$$Y = ((Y1 - Y2) : (Y1 + Y2)) \times L/2$$

Die gemessene Position bezieht sich immer auf den Leistungsschwerpunkt des Lichtstrahls, unabhängig dessen Form, Größe oder Intensität. PSDs sind in ein- und zweidimensionalen Bauformen erhältlich, wobei es die zweidimensionalen PSDs sowie mit Duo- und Tetra-Lateraleffekt Struktur gibt.

Duo-Lateraleffekt PSDs haben je zwei Anschlüsse auf der Vorder- und Rückseite. Hier teilt sich der induzierte Photostrom in je zwei Pfade auf und sichert somit eine hohe Linearität und Auflösung.



Schematischer Aufbau eines Duo-Lateralen PSDs

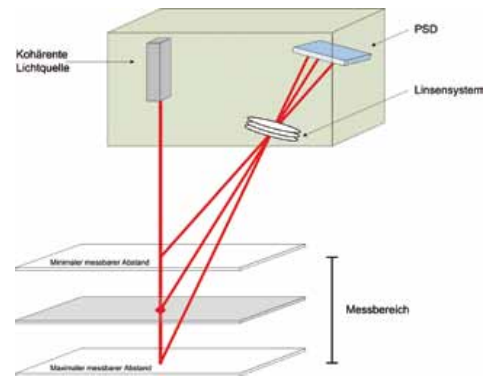
Tetra-Lateraleffekt PSDs haben vier Anschlüsse auf der Vorderseite. Hier teilt sich der induzierte Photostrom in vier Pfade auf. Im Vergleich zum Duo-Lateraleffekt PSDs verfügen diese über eine geringere Linearität, mit größerem Abstand vom Zentrum zunehmend. Aber einem geringeren Dunkelstrom und Anstiegszeiten.

ANWENDUNGEN. Multi-Element Photodioden werden üblicherweise zur Zentrierung und Ausrichtung verwendet. Ein einfaches Beispiel ist eine Differentialdiode in einem Faxgerät oder Drucker. Eine LED strahlt direkt auf die Diode; sobald Papier zugeführt wird, sind beide Hälften der Diode nicht mehr beleuchtet. Zum Ende des Druckvorgangs wird eine Hälfte voll angestrahlt, die andere Hälfte wird weiterhin vom Papier verdeckt. Dadurch erhält man eine Referenzposition für die automatische Zuführung eines weiteren Blattes.

Quadrantendioden werden zum Beispiel auch in Flugzeugen eingesetzt, um das Lasergyroskop in einer Achse mit dem Flugzeugrumpf auszurichten.

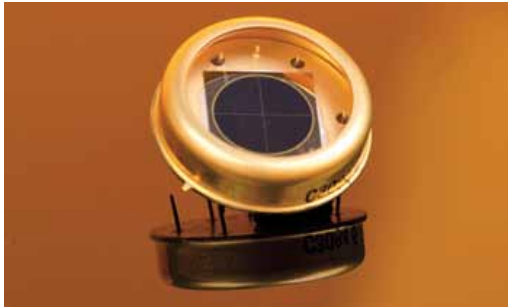
PSDs werden hauptsächlich zur Positionsbestimmung eingesetzt. Ein anschauliches Beispiel findet sich in der Einstellung von Spur und Sturz bei Kraftfahrzeugen. Dabei werden pro Rad zwei Spiegel angebracht und mit einem Laser angestrahlt. Jeder der beiden reflektierten Strahlen trifft auf einen PSD und über eine Software können so die optimalen Werte der Spur- und Sturzeinstellung erreicht werden.

Auch finden diese bereits ihren Einsatz bei «Drive-by-Wire» Systemen. Dabei wird der Lenkradeinschlag an ein Steuergerät übertragen und mittels einer Lichtquelle und einem PSD wird diese Information an Lenkung übertragen. So lässt sich, ohne schwere Mechanik verwenden zu müssen, ein Fahrzeug lenken.




Eines der wichtigsten Messverfahren zur Positionsbestimmung stellt die Triangulation dar:

In der klassischen technischen Umsetzung benutzt man einen Theodoliten zur Bestimmung der Winkel. In der Landvermessung und bei der hochpräzisen Messung von Einzelpunkten ist das Verfahren Stand der Technik. Aktive Verfahren nutzen einen Laser, der unter einem Winkel das Objekt beleuchtet, dessen Oberfläche vermessen werden soll. Ein PSD registriert das Streulicht. Bei Kenntnis der Strahlrichtung und des Abstandes zwischen PSD und Lichtquelle kann damit der Abstand vom Objekt zu PSD bestimmt werden. Die Verbindung



PSD-Lichtquelle sowie die beiden Strahlen von und zum Objekt bilden hierbei ein Dreieck, daher die Bezeichnung Triangulation. Wird das Verfahren rasterartig oder kontinuierlich bewegt durchgeführt, kann das Oberflächenrelief mit großer Genauigkeit, bei handelsüblichen Sensoren bis zu $1\mu\text{m}$, bestimmt werden. Projiziert man ein Muster, etwa eine Linie oder ein Streifenmuster, kann die Distanzinformation zu allen Punkten des Musters berechnet werden. Bei einer Linie spricht man auch von Lichtschnitt, Streifenmuster kommen in der Streifenprojektion zum Einsatz. Anwendung findet diese Messtechnik im dreidimensionalen Raum unter anderem bei der nachträglichen Bestimmung der Flugbahn von Meteoriten mit Hilfe des Feuerkugelnetzes, um den Einschlagsort abschätzen zu können.

FAZIT. Positionempfindliche Detektoren werden seit vielen Jahren eingesetzt. Das grundsätzliche Messverfahren bleibt gleich. Optimierungen der Materialeigenschaften führen zu einem immer besseren elektro-optischen Verhalten. Zunehmend werden die Messverfahren daher in der Telekommunikation, Biomedizin, Datenspeicherung, Fertigung, Test- und Messsystemen und Luftfahrt verwendet. Die Entscheidung, welcher Detektor eingesetzt wird, hängt unmittelbar von der Messaufgabe ab.  #L12415

www.lasercomponents.com

AUTOR:

Manuel Herbst, Produktmanager Laser- und Photodioden, Laser Components GmbH, Olching (Kontakt: M.Herbst@Laser-Components.com)

ABSTRACT

Two different technologies are commonly used to enable non-contact position measurement of a light beam. Multi-element detectors consist of several independent devices and are typically used for beam centering or nulling applications, whereas position sensitive (PSDs) are single element detectors used for accurate determination of changes in beam position. Laser Components is specialized in the development, manufacture, and sale of components and services for the laser and opto-electronics industries. With sales offices in four different countries, the company has served its customers since 1982. In-house production in Germany, Canada, and the USA began in 1986.