

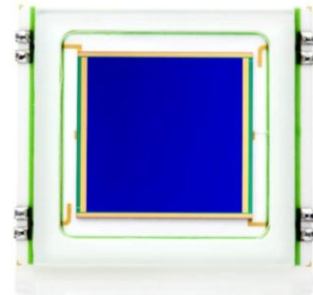
# First Sensor Positionempfindliche Detektoren

---

*Bei PSDs (Position Sensitive Detectors) kann über die Verteilung des Fotostroms auf die verschiedenen Anoden- bzw. Kathodenkontakte der Schwerpunkt der Bestrahlungsintensität auf dem Chip bestimmt werden. Dies wird vor allem dazu genutzt, relative Veränderungen in der Position eines Lichtspots auf dem Detektor zu registrieren.*

## Neue Anwendung von First Sensor PSDs im NuSTAR Röntgen Satelliten

Der im Juni 2012 gestartete Röntgensatellit NuSTAR, verfügt über drei DL400 PSDs von First Sensor. Der DL400s ist ein duolateraler, zweidimensionaler PSD mit 400mm<sup>2</sup> aktiver Sensorfläche. Sie dienen der kontinuierlichen Justierung der Optik gegenüber dem Sensorelement. Optik- und Sensoreinheit sind bei Röntgenteleskopen aufgrund der langen Brennweite von Röntgenlinsen weit voneinander entfernt. Der im NuSTAR verwendete 10m-Ausfahrmast zeichnet sich durch geringes Gewicht und niedrige Kosten aus, ist aber nicht so verwindungssteif, als dass er den hohen Anforderungen eines abbildenden, optischen Systems genügen würde. Verkipfung und Torsion der Optikeinheit relativ zu der Sensoreinheit werden deshalb viermal pro Sekunde über drei Laser kontrolliert. Sie sind in der Optikeinheit fest montiert und auf PSDs ausgerichtet, die sich in der Sensoreinheit befinden. Jeder einzelne DL400 Detektor wurde dafür individuell von den Ingenieuren des Jet Propulsion Lab getestet und vermessen. Sechs von sieben Komponenten wurden dabei für gut befunden um den höchsten Anforderungen in der Raumfahrt zu genügen. Eine ausführliche Beschreibung zu der Integration der First Sensor PSDs im NuSTAR Projekt ist in der Juni 2012 Ausgabe vom „IEEE Sensors Journal“ veröffentlicht worden (Volume: 12, Ausgabe: 6, Seiten: 2006 – 2013).



## Aufbau

Die Funktionsweise eines PSD ist die einer gewöhnlichen Fotodiode, bei der kein umlaufender Oberflächenkontakt verwendet wird, sondern mehrere Kontakte an den Rändern angeschlossen werden. Bei einem eindimensionalen PSD verwendet man z.B. eine längliche Fotodiode, deren Detektorgebiet (Anode) nur an den beiden Stirnseiten kontaktiert ist. Der Fotostrom, der lokal mittels eines Lichtspots auf dem Detektor erzeugt wird, fließt über die Detektordotierungszone bis zu den Kontakten. Die Bahnwiderstände im Detektorgebiet sind dabei proportional zur Länge des jeweils zurückgelegten Weges, der Strom teilt sich gemäß den Kirchhoffschen Regeln auf. Die Kunst bei Design und Herstellung eines PSDs besteht darin, eine hohe Linearität und eine gute Ortsauflösung zu erzielen. Dafür wird bei PSDs eine spezielle Technologie verwendet, wodurch der Bahnwiderstand im Detektorbereich größer ist und eine äußerst hohe Homogenität aufweist. Zusätzlich ist das Detektorgebiet wie bei anderen Fotodioden auch für die gewünschte Arbeitswellenlänge optimiert.

## Ortsauflösung

Die häufigste Frage, die bei PSDs auftritt, gilt der Ortsauflösung. Hier muss zwischen absoluten und relativen Genauigkeiten unterschieden werden. Die absolute Genauigkeit ist durch die Homogenität des Oberflächenwiderstands des Detektorgebietes bestimmt. Je nach Anforderung müssen ggf. für jeden PSD individuelle Korrekturkarten erstellt werden, die mit den Messergebnissen verrechnet werden.

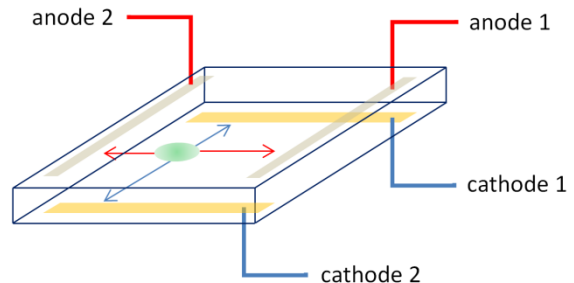
Relative Änderungen können sehr viel genauer ermittelt werden. Die Auflösung ist dabei durch die Stabilität, Form und Halo des Lichtspots sowie die Messmittel limitiert. Es ist wichtig zu bedenken, dass das Verhältnis der Ströme dem Schwerpunkt des Lichtspots auf dem PSD entspricht. Verändert also ein Spot während der Messung seine Form,

beispielsweise durch Fluktuationen in Lasermoden, kann dies das Messergebnis beeinflussen. Ferner stellen sich bei Auflösungen im Sub-Mikrometerbereich hohe Anforderungen an die Strommessung: Um auf einem 10mm langen PSD eine Änderung in der Spot-Position von 1µm zu detektieren, müssen die Fotoströme mit einer Unsicherheit besser 0,01% gemessen werden. Hierfür eignen sich z.B. phasempfindliche Verstärker (Lock-In Verstärker) und das Arbeiten mit gepulsten Lichtquellen. Andere Beschränkungen in der Auflösung ergeben sich durch Änderungen im Dunkelstrom, durch Temperaturschwankungen des Chips oder wegen lokaler Erwärmung durch den Lichtspot. Eine zu hohe thermische Last im Spot sollte generell vermieden werden.

## Zweidimensionale PSDs

Das Prinzip des 1D-PSDs legt es nahe, statt nur zwei Elektroden vier Elektroden an jeder Kante der Diode zu verwenden. Solch ein länglicher Kontakt stellt allerdings gleichzeitig eine „Strombrücke“ dar. Falls der Fotostrom z.B. am rechten Rand des PSDs erzeugt wird, fließen die Ladungen nicht über den Detektorbereich zu der oberen und unteren Kathode sondern wählen eine „Abkürzung“ über den niederohmigen, rechten Kontaktstreifen. Dies führt zu starken Nichtlinearitäten bzgl. der absoluten Ortsauflösung. Deshalb wird meist ein sogenanntes duolaterales Design verwendet, d.h. es werden zwei streifenförmige Vorderseitenkontakte (Anoden) und zwei dazu orthogonale Rückseitenkontakte (Kathoden) aufgebracht. Die Beschränkungen in der relativen und absoluten Ortsauflösung sind damit ähnlich wie bei 1D-PSDs.

First Sensor bietet 2D-PSDs mit einer aktiven Fläche von bis zu 20mm x 20mm, 1D-PSDs mit 3,5mm oder 7mm Länge sowie kundenspezifische Sensolösungen.



## Vergleich zu CMOS/CCD-Bildgebung

Die Position eines Lichtspots kann auch mit einem Kamerachip detektiert werden. Hier hat man den Vorteil durch mehr oder weniger komplexe Auswertungsalgorithmen auch Störsignale, wie etwa andere Lichtquellen oder einen ungleichmäßigen Hintergrund herausfiltern zu können. Der elektronische Aufwand ist jedoch ungleich höher als bei dem Auslesen eines PSDs. Zudem kann man selbst mit hochauflösenden Kamerachips i.A. nicht die gleichen relativen Genauigkeiten wie mit einem PSD erreichen.

## Vergleich zu Quadranten-Fotodioden

Quadrantenfotodioden (QPs) sind in vier Quadranten unterteilt, von denen jeder einen individuellen Fotostrom liefert. QPs werden dazu genutzt, um einen Lichtstrahl sehr präzise auf das Zentrum des Detektors auszurichten. Spot oder Detektor werden solange aufeinander ausgerichtet, bis alle Quadranten den gleichen Fotostrom liefern und sich ein Gleichgewicht eingestellt hat. Allerdings bieten Quadranten praktisch nur die Möglichkeit zur mittigen Justierung. Das Intensitätsprofil eines Spots ist meist sehr nichtlinear, d.h. falls sich der Spot aus dem Zentrum verschiebt, lässt sich aus dem Verhältnis der Fotoströme nicht beurteilen, wie weit er sich verschoben hat. Im Gegensatz zu PSDs sind Quadranten allerdings einfacher in der Fertigung und zeigen meist ein schnelleres Ansprechverhalten, da sie ein deutlich niederohmigeres Detektorgebiet besitzen. First Sensor entwickelt und fertigt ein breites Spektrum an Quadrantenfotodioden in verschiedenen Größen, Gehäusen und optimiert für unterschiedliche Anwendungen.

Kontaktieren Sie First Sensor und wir helfen Ihnen die optimale PSD oder QP Lösung für Ihre Anwendung zu finden.



First Sensor AG  
Peter-Behrens-Straße 15  
12459 Berlin  
Germany  
T +49 30 6399 2399  
F +49 30 639923-752  
[sales.opto@first-sensor.com](mailto:sales.opto@first-sensor.com)

Ansprechpartner: Dr. Marc Schillgalies