

# Die Photowechselfdiode : ein neues Halbleiterelement

Autor(en): **Gebert, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins : gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **54 (1963)**

Heft 18

PDF erstellt am: **07.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-916511>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Die Photowechseldiode — ein neues Halbleiterelement

Von W. Gebert, Hannover

621.383.52

Der Artikel beschreibt eine richtungsempfindliche Photodiode. Die Abweichung eines Lichtstrahles vom Einfallslot wird durch einen zunehmenden positiven oder negativen Photostrom angezeigt. Diese Anzeige ist auch in zwei senkrecht zueinander liegenden Richtungen an zwei Messinstrumenten möglich. Der Effekt beruht auf zwei bzw. vier zweiseitig symmetrischen pn-Übergängen, an die eine Wechselfspannung gelegt wird. Von zwei Typen werden elektrische Daten aufgeführt.

Description d'une photodiode sensible à l'angle d'incidence du faisceau lumineux, dont toute déviation est signalée par un courant photoélectrique positif ou négatif plus intense. Cette indication est également possible, à l'aide de deux appareils de mesure, pour deux incidences perpendiculaires entre elles. L'effet est basé sur deux ou quatre jonctions pn symétriques, alimentées sous une tension alternative. Les caractéristiques électriques de deux types sont indiquées.

## 1. Wirkungsweise

Die Photowechseldiode ist ein Halbleiter-Bauelement, das seinen Widerstand nicht nur bei einfallendem Licht verringert, sondern auch dann, wenn der Lichtstrahl vom senkrechten Einfall abweicht. Die Widerstandsänderung ist also nicht wie bei einer Photodiode nur von der Stärke des einfallenden Lichtes abhängig, sondern auch vom Winkel. Bei senkrechtem Lichteinfall fließt scheinbar kein Photostrom. Wenn der Lichtstrahl jedoch von der Senkrechten abweicht, zeigt das in den Kreis eingeschaltete Gleichstrominstrument bei zunehmender Abweichung vom Einfallslot einen wachsenden Photostrom an. Er erreicht bei etwa  $+30^\circ$  seinen Maximalwert. Lässt man den Lichtstrahl nun über den senkrechten Einfall hinaus in negative Abweichungen zurückwandern, so zeigt das Gleichstrominstrument einen negativen Strom an. Der Maximalwert liegt hier ebenfalls bei einer Abweichung vom Einfallslot von ca.  $-30^\circ$ .

Man kann auch von einer Dimension zu zweien übergehen, also der  $x$ -Achse eine  $y$ -Achse hinzufügen. Ein beliebiger Lichtpunkt wird von zwei in zwei Schaltkreise eingeschalteten Gleichstrominstrumenten angezeigt. Damit wird der Punkt  $(x, y)$  lagemässig definiert. Wenn man den Punkt auf einer Kreisbahn bewegt, so zeigen die Instrumente abwechselnd die Werte  $x=r, y=0$ ;  $x=0, y=r$ ;  $-x=r, -y=0$ ;  $-x=0, -y=r$  und Zwischenwerte an. Wandert der Lichtpunkt zentripetal auf einer Spirale, so nimmt der Wert von  $r$  bis  $r=0$  ab.

## 2. Analyse

Der Effekt des Stromanstieges bei Abweichung des Lichtstrahles vom Einfallslot beruht auf folgenden Tatsachen: eine Konvexlinse, die auf der Wechseldiode befestigt ist, wandelt die Änderung des Lichteinfallswinkels des Lichtes in eine Ortsänderung des Lichtpunktes auf der Oberfläche des Halbleiterblättchens um. Ein Lichtstrahl, der unter

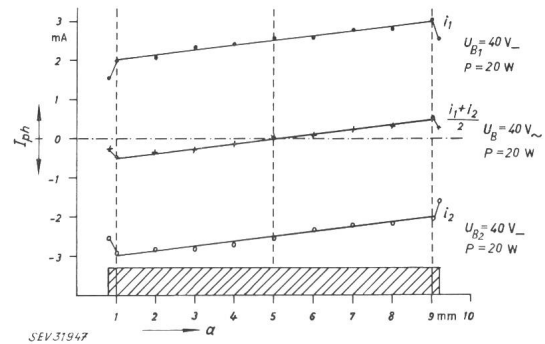


Fig. 2

Abhängigkeit des Photostromes  $I_{ph}$  von dem Ort  $a$ , auf den der Lichtstrahl auftritt

$U_{B1}$  Betriebsspannung mit Pluspol rechts;  $U_{B2}$  Betriebsspannung mit Pluspol links;  $P$  Helligkeit des Lichtpunktes;  $i_1$  Stromverlauf beim Überstreichen der Strecke  $L$  mit einem Lichtstrahl bei positiver Polung auf der rechten Seite der Fig. 2;  $i_2$  Stromverlauf bei negativer Polung rechts

einem negativen Winkel auf die Linse auftrifft, geht gebrochen gradlinig durch diese hindurch, so dass er auf einem Punkt  $+x$  auftrifft, während ein Lichtstrahl bei einem negativen Einfallswinkel auf einen Punkt  $-x$  fällt. Fällt der Lichtstrahl senkrecht ein, so trifft er auf den Punkt  $x=0$ . Lässt man also einen Lichtstrahl von einem positiven Einfallswinkel von  $+30^\circ$  über das Einfallslot hinaus bis zu einem Winkel von  $-30^\circ$  einfallen, so legt der Lichtpunkt unter der Linse einen bestimmten Weg  $s$  zurück, der durch die Punkte  $+x$  und  $-x$  begrenzt wird. Der Photostrom ist ortsabhängig und ändert seine Grösse mit dem Punkt  $(x, y)$ , auf den der Lichtstrahl einfällt.

Das Halbleiterblatt besteht in der Regel aus hochohmigem  $p$ -Material, dessen beide Randzonen  $n$ -dotiert sind (Fig. 1).

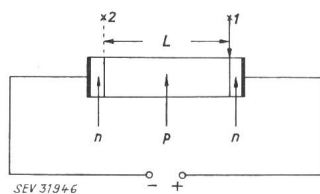


Fig. 1

Struktur des Halbleiterblättches der eindimensionalen Photowechseldiode  
Lichteinfall bei 1 oder 2  
 $L$  Strecke

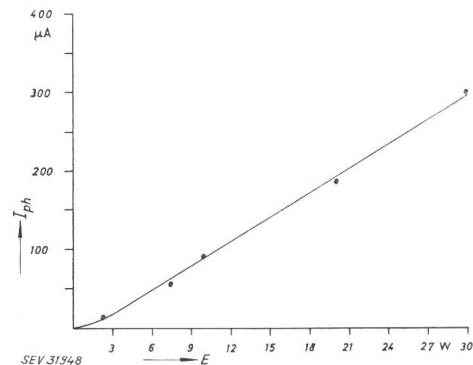


Fig. 3

Anstieg des Photostromes  $I_{ph}$  in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke  $E$   
Der Anstieg ist praktisch linear

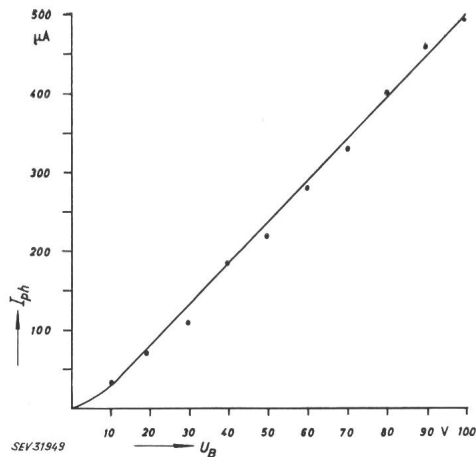


Fig. 4

Anstieg des Photostromes  $I_{ph}$  in Abhängigkeit von der Betriebsspannung  $U_B \sim$   
 Betriebsspannung  $U_B \sim$   
 Der Anstieg ist praktisch linear

Ein Lichtstrahl, der auf den gesperrten rechten  $pn$ -Übergang fällt, hebt diese als Sperrzone auf. Der andere, nicht beleuchtete Übergang ist bei negativer Polung durchlässig: Die Ladungsträger der  $n$ -Zone werden abgestossen, da sie mit dem angelegten Pol gleiche Polarität haben, während die der  $p$ -Zone angezogen werden. Es fließt ein Strom, der als Photostrom anzusehen ist und mit zunehmender Beleuchtungsstärke ansteigt. Wenn dagegen das Licht auf den offenen, linken Übergang fällt (2), fließt kein Strom: der positiv gepolte, rechte Übergang zieht die Stromträger der  $n$ -Zone an und stößt die der  $p$ -Zone ab, so dass eine Sperrzone entsteht.

Der Photostrom steigt beim Überstreichen der Strecke  $L$  linear an, wie es die obere Kurve der Fig. 2 zeigt. Wird die Spannung umgepolt, so ergibt sich die untere Kurve. Bei  $x=L/2$  hat der Strom für beide Polungen den gleichen Betrag. Ein Gleichstrominstrument zeigt bei rascher Umpolung (50 Hz) bei  $x=L/2$  nichts an. Es fließt scheinbar kein Photostrom.

Bei Beleuchtung des rechten oder linken  $pn$ -Überganges wird jeweils nur eine Halbwelle des Wechselstromes durchgelassen. Der unbeleuchtete Übergang sperrt. Wenn der Lichtstrahl nach der Mitte des Halbleiterblattes hin wandert, so nimmt der Wechselstromwert bis auf Null ab. Dies erklärt sich

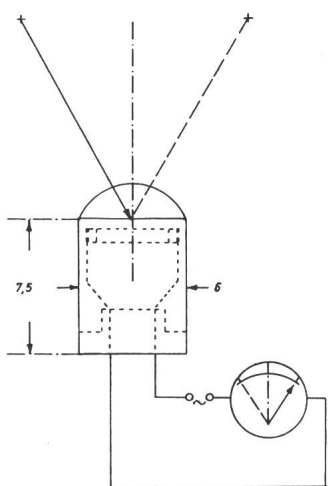
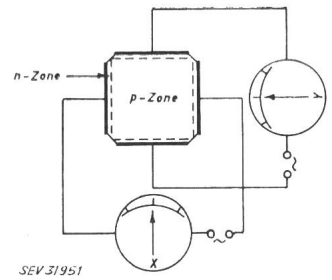


Fig. 5

Aufbau einer Photowechseldiode

SEV 31950

Fig. 6  
 Wirkungsweise der zweidimensionalen Photowechseldiode



folgendermassen: Wenn der Lichtstrahl auf den Mittelpunkt fällt, so wirkt er gleichmässig auf beide  $pn$ -Übergänge ein, d. h. er öffnet beide. Es fließt deshalb in beiden Richtungen ein Strom, der sich aufhebt. Lässt man einen Lichtstrahl von einem Übergang zum andern wandern, so erhält man die mittlere Charakteristik der Fig. 2.

Der Photostrom an den  $pn$ -Übergängen ist von deren Beschaffenheit abhängig. Wenn die Übergänge gut sperren, so werden die Stromwerte grösser. Ferner ändert sich der Photostrom mit der Stärke des einfallenden Lichtes (Fig. 3). Mit zunehmender Lichtstärke treffen mehr Photonen auf die Halbleiteroberfläche auf, so dass mehr Elektron-Loch-Paare frei werden. Der Photostrom steht mit der einfallenden Lichtmenge in linearer Abhängigkeit. Ausserdem hat die an die Photowechseldiode gelegte Betriebsspannung Einfluss auf den Photostrom (Fig. 4). Der günstigste Spannungswert liegt erfahrungsgemäss bei 40 bis 50 V. Bis zu diesem Wert steigt der Photostrom mit der Spannung linear an.

### 3. Typen und Daten

Die Photowechseldioden haben als Ausgangsmaterial hochreines  $p$ -Silizium mit guter Lebensdauer und geringer Ätzgrubendichte. Es werden zwei Typen angeboten, die beide die gleiche elektrische Empfindlichkeit haben:

Die Diode SP 60 arbeitet eindimensional (Fig. 5), die Diode SP 100 zweidimensional (Fig. 6). Die SP 100 hat vier  $pn$ -Übergänge, die in Quadratform angeordnet sind. Beide Dioden werden mit 40-V-Wechselspannung betrieben, für die SP 100 sind zwei voneinander getrennte Spannungen erforderlich. Der Photostrom bei Belichtung eines  $pn$ -Überganges liegt etwa in der Grössenordnung der Ströme normaler Photodioden und beträgt ca. 50  $\mu A$  bei 100 lx. Das Maximum der Empfindlichkeit liegt bei einer Wellenlänge von 0,9  $\mu m$ .

Die Diode SP 60 ist mit einem Spezialharz in ein Gehäuse  $7,5 \times 6$  mm eingegossen, auf dem eine stark gekrümmte Konvexlinse befestigt ist. Die Wechseldiode SP 100 befindet sich in einem Gehäuse  $9,5 \times 18$  mm mit einer grösseren Linse.

#### Adresse des Autors:

W. Gebert, c/o Dr. R. Rost, Kristalloden, Ubbenstrasse 21, Hannover 1 (Deutschland).