

## Siliziumsensorzelle SP 105 – ein moderner Fotodetektor für die Belichtungsmessung in elektronisch gesteuerten Kameras

Dr. rer. nat. JÖRG-D. HARTMANN und  
Dipl.-Ing. GERHARD WITSCHAS

Mitteilung aus dem VEB Werk für Fernsehelektronik Berlin

Der internationale Vergleich zeigt, daß dieser neue Fotodetektor aus dem VEB Werk für Fernsehelektronik Berlin insbesondere dem vorgesehenen Haupteinsatzfall der Belichtungsmessung in elektronisch gesteuerten Kameras bestens angepaßt ist.

### Technische Eigenschaften

Die Siliziumsensorzelle SP 105 ist ein Halbleiter-Sperrschichtfotoempfänger für den fotovoltaischen Betrieb und wird im Gegensatz zu üblichen Fotoelementen nach einer optimierten Epitaxie-Planar-Ionenimplantationstechnologie gefertigt. Sie wurde speziell für den Einsatz als optisch-elektrischer Wandler in halb- und vollautomatisch arbeitenden elektronischen Kameras entwickelt. Auf diesen Anwendungsfall sind die technischen Daten ausgerichtet.

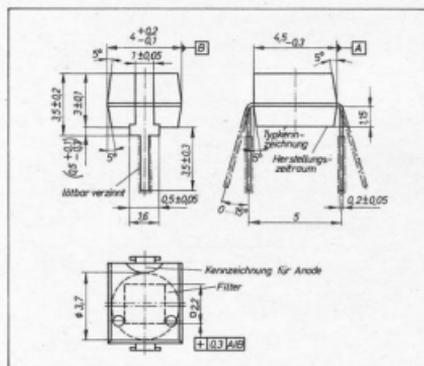


Bild 1: Maßbild SP 105. Größe der wirksamen lichtempfindlichen Fläche  $1,9 \text{ mm} \times 1,9 \text{ mm}$

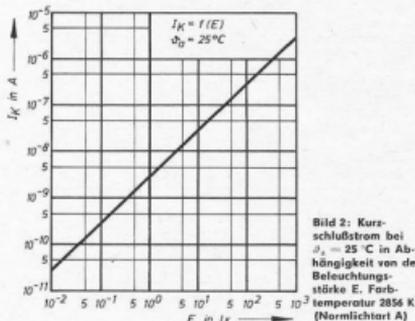


Bild 3: Leerlaufspannung bei  $\phi_s = 25^\circ\text{C}$  in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke E. Farbtemperatur 2856 K (Normlichtart A)

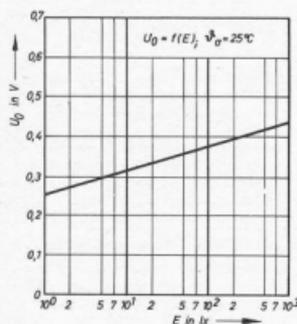


Bild 4: Mittlere Empfangscharakteristik der Si-Sensorzelle SP 105.

$$\frac{I_K(\lambda)}{I_K(\lambda=0)} = f(\lambda), \phi_s = 25^\circ\text{C}$$

Abmessungen siehe Bild 1

Masse 0,2 g

Standard TGL 38 567

Weitere typische Eigenschaften sind in den Bildern 2, 3 und 4 dargestellt.

### Allgemeine technische Forderungen

Ein Empfänger für die Belichtungsmessung in Kameras muß insbesondere eine spektrale Fotoempfindlichkeit ähnlich der des verwendeten Filmes haben. Zielfunktion sowohl für das Filmmaterial als auch für den Empfänger ist die CIE-Augenkurve  $V(\lambda)$ .

Kriterien der Anpassung sind die Wellenlänge des Maximums der spektralen Empfindlichkeit, die relativen spektralen Empfindlichkeiten bei 400 nm und bei 700 nm sowie die Aktinität bezüglich der Farbtemperatur 4 800 K.

Die zweite funktionsbestimmende Eigenschaft der Empfänger für den Einsatz in der Kamera-Innenlichtmeßtechnik betrifft die Linearität des Zusammenhangs zwischen dem optischen Eingangssignal (Beleuchtungsstärke) und dem elektrischen Ausgangssignal (Fotostrom). Hohe Linearitätsanforderungen wird nur der kurzschlußnahe Betrieb gerecht.

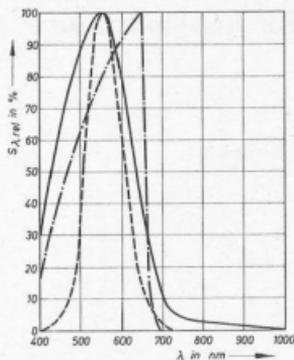


Bild 3: Vergleich der Empfindlichkeitscharakteristiken  $S_{\lambda, rel} = I(\lambda)$

Abweichungen treten infolge des statischen Betriebes bei kleinsten Beleuchtungsstärken und erhöhten Temperaturen auf, wenn Restspannungen einen Dunkelstrom durch die Sensorzelle bewirken, der dem Hellstrom vergleichbar wird. Das Dunkelstromverhalten der Sensorzelle bei kleinen Spannungen ( $U \lesssim 0,01$  V) wird durch den Nullpunkt-widerstand  $R_0$  charakterisiert, der Abstand zwischen Dunkel- und Hellstrom und damit auch die Einsetzbarkeit im Bereich kleinster Beleuchtungsstärken durch das Güteprodukt  $R_0 I_k$ .

#### Internationaler Parametervergleich

Bzüglich der gebrauchswertbestimmenden Eigenschaften [V(λ)-Anpassung, Güteprodukt  $I_k R_0$ ] nimmt die Siliziumsensorzelle SP 105 im internationalen Vergleich eine Spitzenposition ein. Dies wird durch die typischen Datenblattkennwerte verdeutlicht.

#### Vergleich der technologischen Grundkonzeptionen

Die BPW 21, S 1133 und SP 105 sind Siliziumbauelemente, während die V 507 auf GaAsP basiert. Da die obere Grenzwellenlänge für Siliziumfotodioden nahe  $\lambda = 1,1 \mu\text{m}$  liegt, ist eine spektrale  $V(\lambda)$ -Anpassung erforderlich. Üblicherweise werden hierfür Filtergläser eingesetzt. Diese ermöglichen insbesondere eine sehr gute Angleichung der Wellenlänge maximaler Fotoempfindlichkeit an die Wellenlänge maximaler Augenempfindlichkeit. Mit der Einbettung der Filterglasrinde in die Plastspritzpreßmasse wurde eine ökonomisch sehr vorteilhafte Technologie für die Si-Sensorzelle SP 105 entwickelt.

Die Grenzwellenlänge von GaAsP-Fotodioden (z. B. V 507) wird mit Hilfe des P-Anteils auf etwa 650 nm eingestellt. Ohne Einsatz zusätzlicher optischer Filter wird damit die störende Infrarotempfindlichkeit negiert, wobei jedoch das Maximum der spektralen Fotoempfindlichkeit erheblich von dem Maximum der Augenempfindlichkeit abweicht. Den Vergleich der Empfindlichkeitscharakteristiken liefert Bild 5.

#### Anwendungsmöglichkeiten

Eine hohe Fotoempfindlichkeit im sichtbaren Spektralbereich und ein besonders hoher Nullpunkt-widerstand sind die spezifischen Eigenschaften der Si-Sensorzelle SP 105, aus der ihre Applikationsmöglichkeiten im Elementbetrieb resultieren. Als Sensor für die Meß-, Steuer- und Regelungstechnik wird man dann auf dieses Bauelement zurückgreifen können, wenn eine Bewertung sichtbaren Lichtes mit Ansprechzeiten nicht unter 1  $\mu\text{s}$  erforderlich ist.

Neben der Belichtungssteuerung in elektronischen Kameras als Hauptanwendungsfall sind folgende Einsatzgebiete möglich:

- Helligkeitssteuerung von Fernsehgeräten
- Steuerung der Belichtung beim Entwickeln von Schwarzweiß- und Farblots
- externe Belichtungsmesser
- Steuerung von Blitzlichtgeräten
- Belichtungssteuerung in wissenschaftlichen Bildaufnahmegeräten.

#### Technische Daten bei $\theta_{10} = 25^\circ\text{C}$ [1]

Kennwert	Meßwert		
	min.	typ.	max.
Kurzschlußstrom $I_{k,1}$ in $\mu\text{A}$ bei $E = 10^3 \text{ lx}$ , $R_L \leq 10 \Omega$	2,0	3,0	4,0
Leerlaufspannung $U_L$ in mV bei $E = 10^3 \text{ lx}$ , $R_L \leq 10^3 \Omega$	360	440	—
Nullpunkt-widerstand $R_0$ in $\Omega$ bei $E = 0 \text{ lx}$ , $U_A = 10 \text{ mV}$	$0,5 \cdot 10^{10}$	$15 \cdot 10^{10}$	—
Wellenlänge des Maximums der spektralen Empfindlichkeit $\lambda_{s,max}$ in nm bei $R_L \leq 10^3 \Omega$	520	555	580
relative spektrale Empfindlichkeit $S_{\lambda, rel}(\lambda)$ bei $R_L \leq 10^3 \Omega$	—	—	—
$\lambda = 400 \text{ nm}$	—	0,3	0,5
$\lambda = 700 \text{ nm}$	—	0,1	0,25
Aktivität $\alpha(X_c)$	0,9	1,0	1,1
Kurzschlußempfindlichkeit $S_k$ in nA/lx im Bereich $10^{-3} \text{ lx} \leq E \leq 10^3 \text{ lx}$ bei $R_L \leq 10 \Omega$	—	—	3,0
Anstiegszeit $t_r$ in $\mu\text{s}$ bei $I_{ph} = 10 \mu\text{A}$ , $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ , $\lambda = 650 \text{ nm}$	—	—	1,0
Abfallzeit $t_f$ in $\mu\text{s}$ bei $I_{ph} = 10 \mu\text{A}$ , $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ , $\lambda = 650 \text{ nm}$	—	—	1,0
Speicherkapazität $C_j$ in nF bei $E = 0 \text{ lx}$	—	0,3	—
Temperaturkoeffizient der Leerlaufspannung $TK_{10}$ in mV/K	—	-2	—
des Kurzschlußstromes $TK_{1k}$ in %/K	—	$\pm 0,05$	—

<sup>1)</sup> gemessen bei Normlicht A nach TGL 37 363

<sup>2)</sup>  $R_0 = \frac{U_L}{I_{k,1}}$  bei  $U_A = 10 \text{ mV}$

<sup>3)</sup> Bezugswellenlänge  $\lambda = \lambda_{s,max}$

$$\alpha(X_c) = \frac{\int_0^\infty S(\lambda) X_c \cdot S(\lambda)_{rel} d\lambda}{\int_0^\infty S(\lambda) X_c \cdot V(\lambda) d\lambda}$$

$$S(\lambda)_{rel} = \frac{\int_0^\infty S(\lambda) X_c \cdot V(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty S(\lambda) X_c \cdot S(\lambda)_{rel} d\lambda}$$

Es bedeuten:

$V(\lambda)$  CIE - Augenkurve für Tagesehen

$S(\lambda)_{rel}$  Spektralverteilung der Strahlung bei  $T_V = 4800 \text{ K}$

$S(\lambda)_{X_c}$  Spektralverteilung der Strahlung bei  $T_X = 2856 \text{ K}$

$S(\lambda)_{rel}$  spektrale Empfindlichkeitsverteilung des Fotoempfinders

#### Datenblattkennwerte (typ.)

Kennwert	BPW 21 <sup>1)</sup>	V 507 <sup>2)</sup>	S 1133 <sup>3)</sup>	SP 105 <sup>4)</sup>
Kurzschlußstrom $I_k$ in $\mu\text{A}$ bei $E = 1000 \text{ lx}$	7,0	1,6	5,4	3,0
aktive Fläche A in $\text{mm}^2$	7,5	2,2	6,6	3,6
Leerlaufspannung $U_L$ in mV bei $E = 1000 \text{ lx}$	360	—	—	440
Nullpunkt-widerstand $R_0$ in $\Omega$ bei $U_A = 10 \text{ mV}$	$0,36 \cdot 10^{10}$	$23 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{10}$	$15 \cdot 10^{10}$
abgeleitetes Güteprodukt $I_k R_0$ in V	$0,25 \cdot 10^5$	$3,7 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	$4,5 \cdot 10^5$
Wellenlänge des Maximums der spektralen Empfindlichkeit $\lambda_{s,max}$ in nm	565	640	550	555
relative spektrale Empfindlichkeit $S_{\lambda, rel}$ bei 400 nm	0,4	0,15	0,15	0,3
bei 700 nm	0,35	—	0,05	0,1
Aktivität $\alpha(X_c)$	0,85...1,15	—	—	0,9...1,1

<sup>1)</sup> Firma AEG/Telefunken (BRD)

<sup>2)</sup> Firma Nippon Electric Corporation (Japan)

<sup>3)</sup> Firma Hamamatsu (Japan)

<sup>4)</sup> VEB Werk für Fernsehelektronik Berlin (DDR)

<sup>5)</sup> Gemittelte Meßwerte, da keine Angaben in den Datenblättern

Obige Angaben wurden Datenblättern entnommen. Für den Anwender wirken sich fehlende Datenblattangaben (z. B.  $R_0$  bei BPW 21) wegen der fehlenden Parametergarantie erschwerend aus.