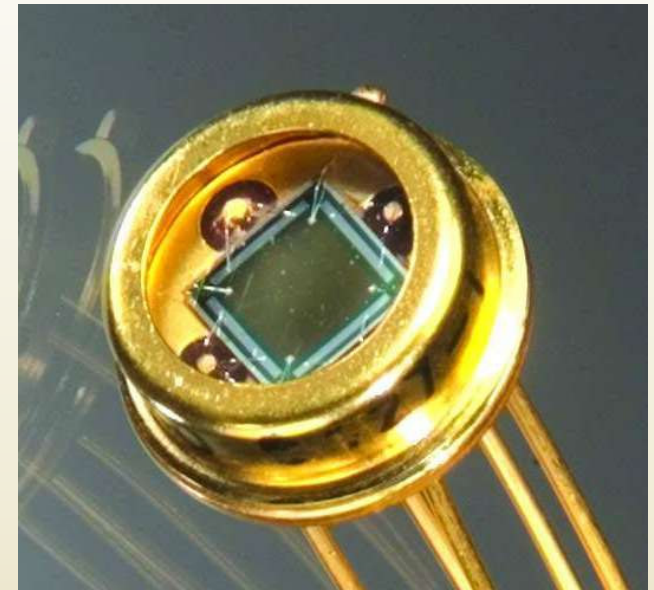


# Lichtsensoren

Weiming Yao

Mai 2008

Betreuer: Andreas Deml



# Gliederung

1. Aufgaben eines Lichtsensors
2. Funktionsprinzip des Lichtsensors
3. Typen von Lichtsensoren
4. Eigenschaften von Lichtsensoren
5. Beschaltung von Lichtsensoren
6. Beispieldatenblatt
7. Zusammenfassung

# Aufgaben eines Lichtsensors

- Detektieren von Lichtimpulsen
- Lichtimpulse in Spannungsimpulse wandeln
- Anforderungen an
  - Empfindlichkeit
  - Ansprechgeschwindigkeit
  - Eigenrauschen
  - Geometrie und Ausmaße
  - Zuverlässigkeit

# Funktionsweise eines Lichtsensors

- Basierend auf dem inneren Fotoeffekt
- Einstrahlendes Photon mit Energie  $h \cdot \nu > W_{GAP}$
- Paarbildung erhöht freie Ladungsträger



# Typen von Lichtsensoren

- Fotowiderstand
- Fotodiode
- Fototransistor

# Typen von Lichtsensoren

## Fotowiderstand

- Besteht aus einem Halbleitermaterial (meist intrinsisch)
- Photon mit genug Energie erzeugt Elektron/Loch
- Steigerung der Leitfähigkeit -> geringerer Widerstand
- Träges Reaktionsvermögen

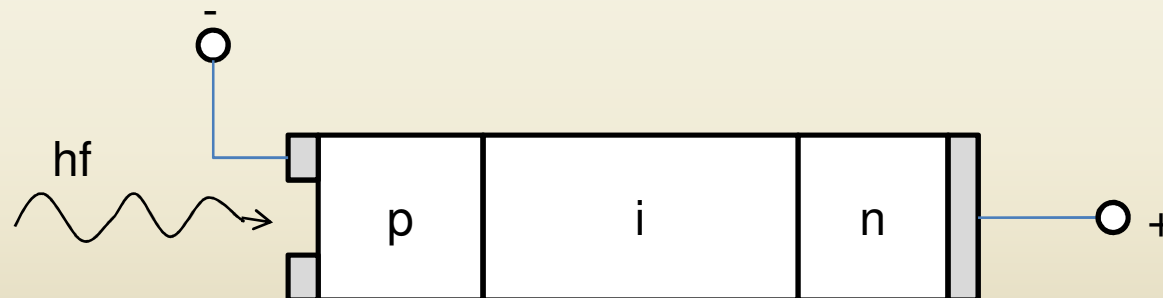
# Typen von Lichtsensoren

- Fotowiderstand
- **Fotodiode**
- Fototransistor

# Typen von Lichtsensoren

## Fotodiode - PIN Diode

- Intrinsische Schicht zwischen P- und N-Dotierung
- Anlegen einer Sperrspannung

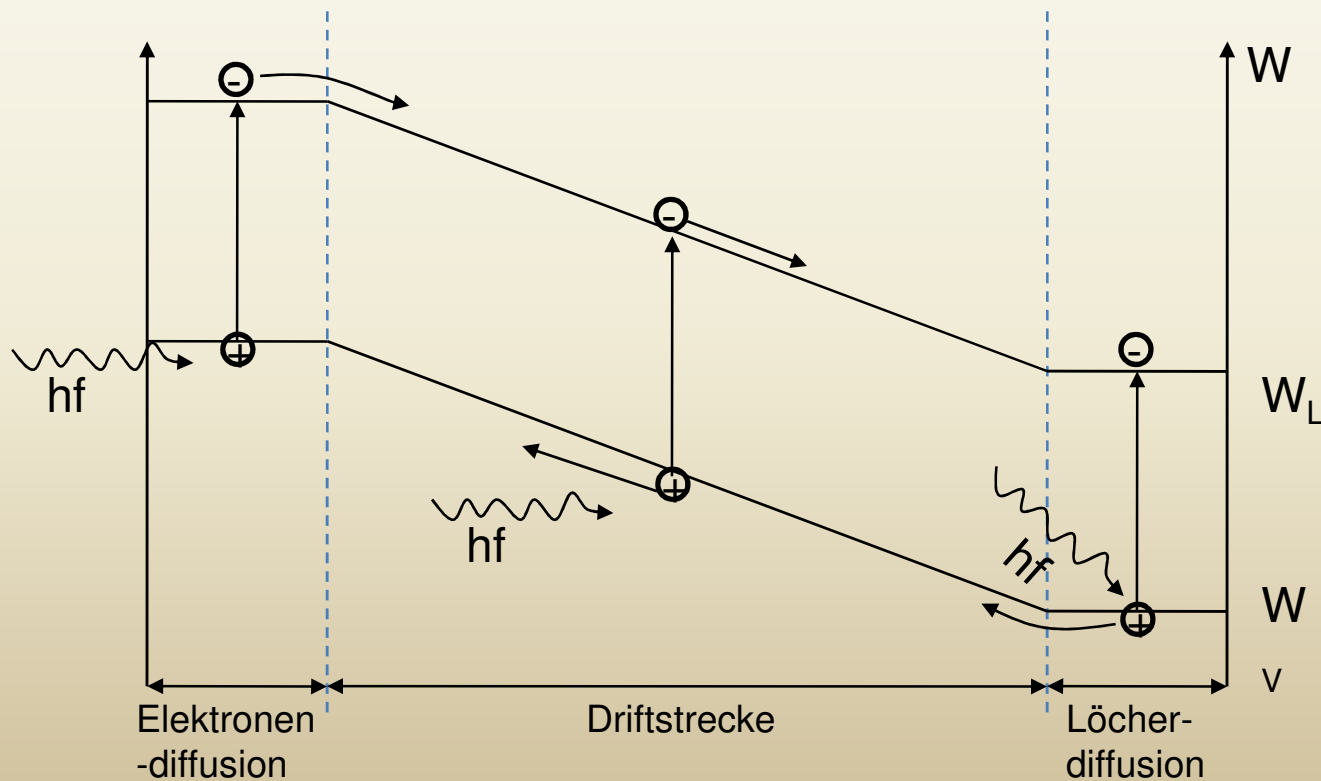




# Typen von Lichtsensoren

## Fotodiode - PIN Diode

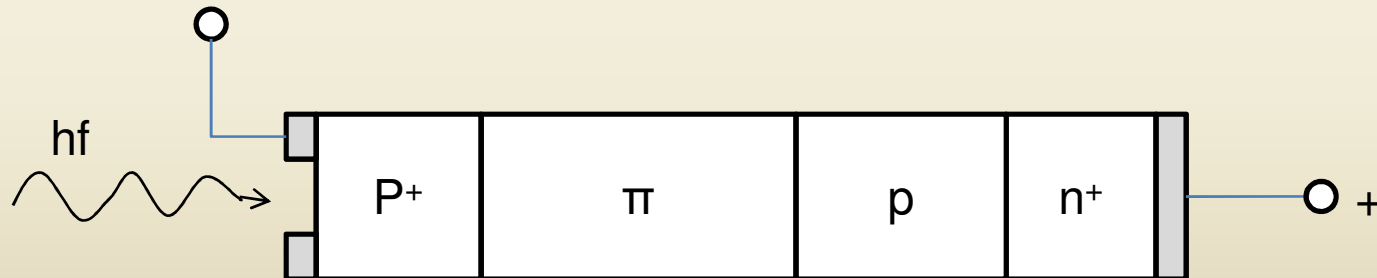
- Paarbildung bei Lichteinstrahlung
- Absaugen der Ladungsträger
- Kleiner Fotostrom messbar



# Typen von Lichtsensoren

## Fotodiode – Lawinen-Diode

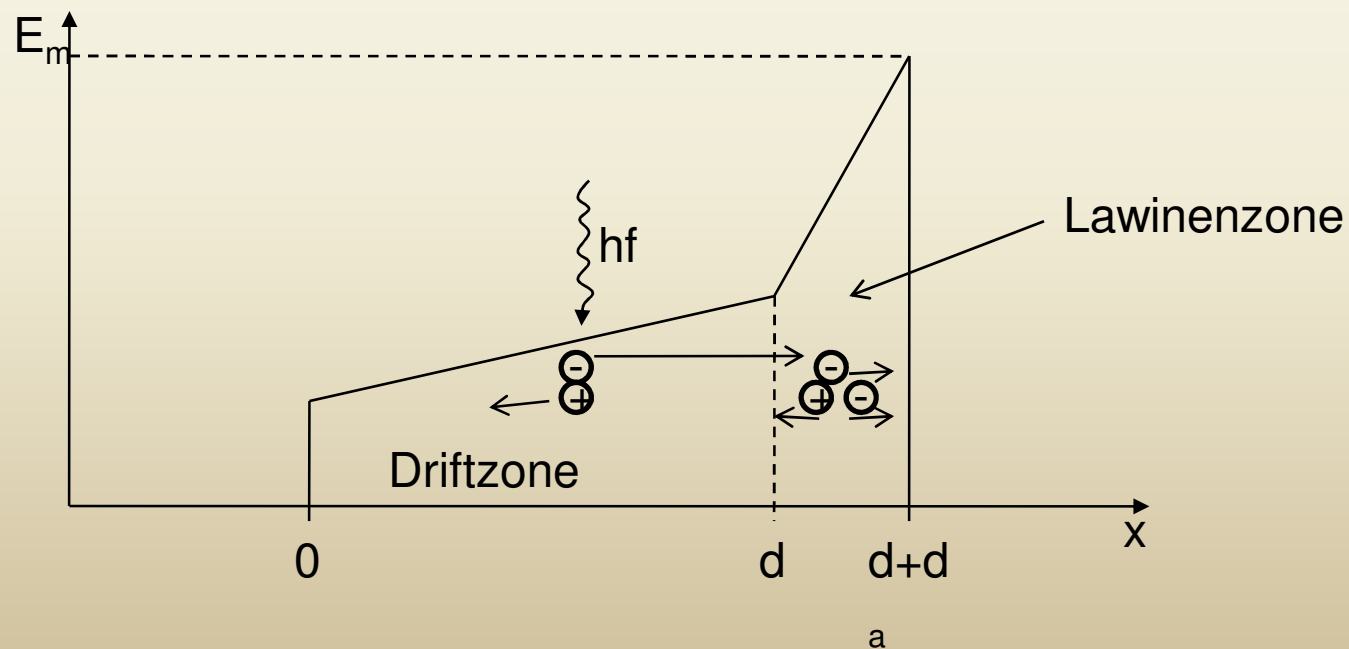
- Schwach dotierte  $\pi$ -Schicht
- Betrieb in Sperrspannung



# Typen von Lichtsensoren

## Fotodiode – Lawinen-Diode

- Generation von Elektron und Loch im  $\pi$ -Bereich
- Starker Anstieg des elektrischen Feldes zum  $n^+$ -Bereich  $\rightarrow$  Lawinenmultiplikation



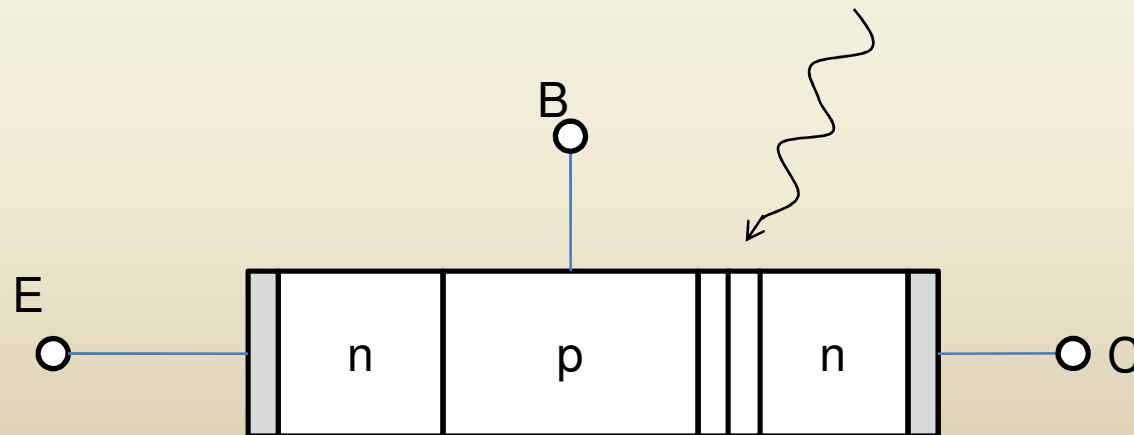
# Typen von Lichtsensoren

- Fotowiderstand
- Fotodiode
- **Fototransistor**

# Typen von Lichtsensoren

## Fototransistor

- Kollektor-Basis-Strecke als Fotodiode
- Fotostrom gibt den Basisstrom
- Niedrigere Geschwindigkeit



# Typen von Lichtsensoren

## Vergleich

### – PIN-Diode

- Geringere Anschaffungskosten
- Geringeres Rauschen

### – Lawinen-Diode

- Höhere Empfindlichkeit
- Sehr temperaturabhängig
- Höhere Sperrspannung

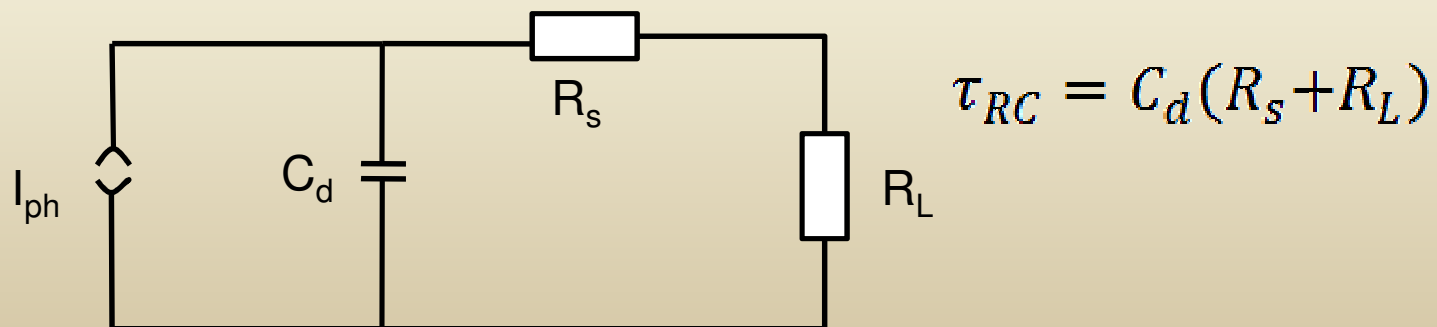
# Gliederung

1. Aufgaben eines Lichtsensors
2. Funktionsprinzip des Lichtsensors
3. Typen von Lichtsensoren
4. **Eigenschaften von Lichtsensoren**
5. Beschaltung von Lichtsensoren
6. Beispieldatenblatt
7. Zusammenfassung

# Eigenschaften von Lichtsensoren

## Frequenzverhalten

- Geschwindigkeit der Detektion ist endlich
- abhängig von
  - Minoritätsträgerlebensdauer
  - Laufzeit in der Generationszone
  - Sperrschichtkapazität
- Außerdem abhängig von Diodenimpedanz und Last



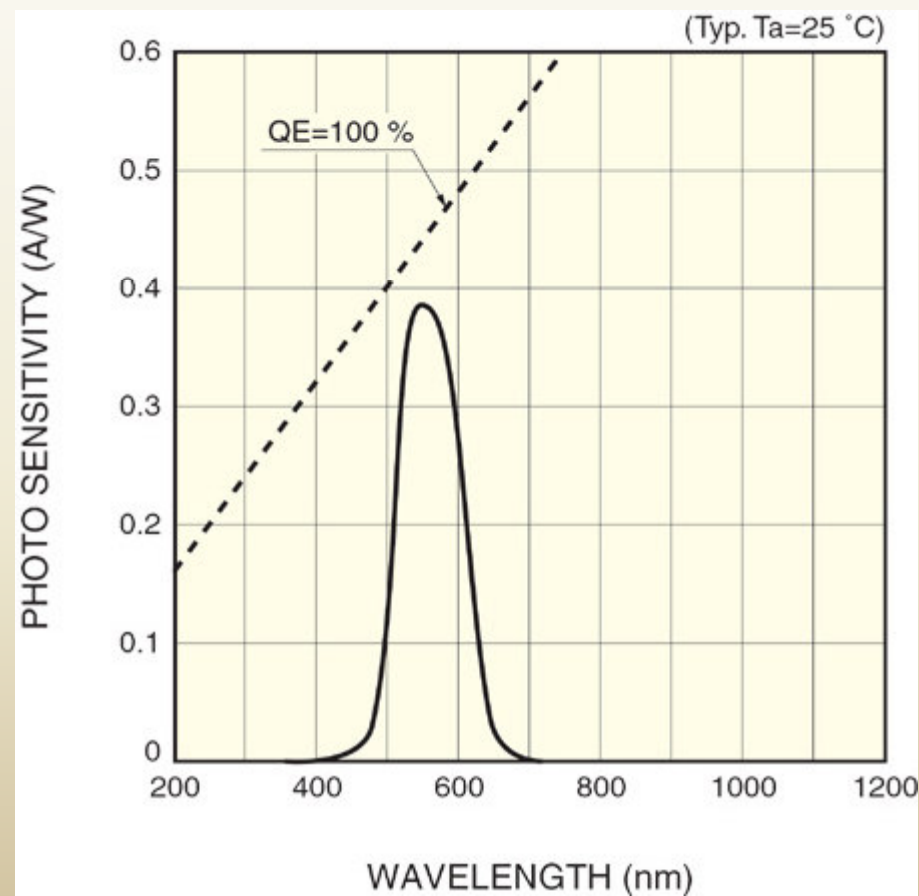
$$\tau_{RC} = C_d(R_s + R_L)$$



# Eigenschaften von Lichtsensoren

## Spektrale Empfindlichkeit

- Empfindlichkeit variiert mit Lichtfrequenz



# Eigenschaften von Lichtsensoren

## Rauschen

- Thermisches Rauschen
- Schrotrauschen
- Rauschen zwischen Kontaktflächen

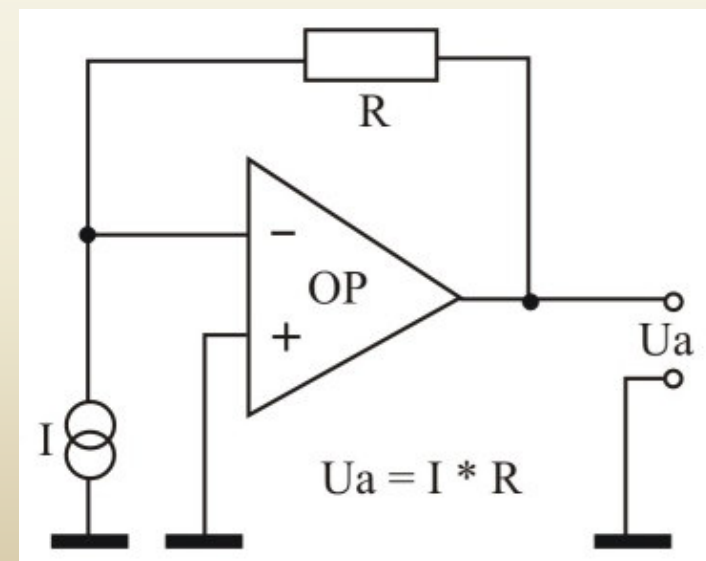
# Gliederung

1. Aufgaben eines Lichtsensors
2. Funktionsprinzip des Lichtsensors
3. Typen von Lichtsensoren
4. Eigenschaften von Lichtsensoren
5. **Beschaltung von Lichtsensoren**
6. **Beispieldatenblatt**
7. Zusammenfassung

# Beschaltung von Lichtsensoren

## Schaltungsvorschlag

- Fotodiode als gesteuerte Stromquelle
- Strom im  $\mu\text{A}$ -Bereich
- Verstärkung mit Transimpedanzverstärker
- Strom-Spannungswandler
- Verstärkt linear



# Beispielesdatenblatt

## Maximum Ratings

Bezeichnung Description	Symbol Symbol	Wert Value	Einheit Unit
Betriebs- und Lagertemperatur Operating and storage temperature range	$T_{op}; T_{stg}$	- 40 ... + 85	°C
Sperrspannung Reverse voltage	$V_R$	32	V
Verlustleistung, $T_A = 25\text{ °C}$ Total power dissipation	$P_{tot}$	150	mW
Fotoempfindlichkeit, $V_R = 5\text{ V}$ Spectral sensitivity	$S$	80 ( $\geq 50$ )	nA/lx
Wellenlänge der max. Fotoempfindlichkeit Wavelength of max. sensitivity	$\lambda_{S\max}$	850	nm
Spektraler Bereich der Fotoempfindlichkeit $S = 10\%$ von $S_{\max}$ Spectral range of sensitivity $S = 10\%$ of $S_{\max}$	$\lambda$	400 ... 1100	nm
Anstiegs- und Abfallzeit des Fotostromes Rise and fall time of the photocurrent $R_L = 50\ \Omega; V_R = 5\text{ V}; \lambda = 850\text{ nm}; I_p = 800\ \mu\text{A}$	$t_r, t_f$	20	ns

# Gliederung

1. Aufgaben eines Lichtsensors
2. Funktionsprinzip des Lichtsensors
3. Typen von Lichtsensoren
4. Eigenschaften von Lichtsensoren
5. Beschaltung von Lichtsensoren
6. Beispieldatenblatt
7. **Zusammenfassung**

# Zusammenfassung

- Fotodiode ideal für hochfrequente Signale
- Auswahl anhand spektraler Empfindlichkeit, Rauschen
- Verstärkung des Fotostroms mit Transimpedanzverstärker

# Quellen

## Literatur

- [1] D. Wood, Optoelectronic Semiconductor Devices  
Prentice Hall International Hertfordshire 1998, Seiten 249-378
- [2] G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik,  
Springer Verlag Berlin 1991, Seiten 229-256/316-323
- [3] W. Harth, H. Grothe, Sende- und Empfangsdioden für die Optische  
Nachrichtentechnik, Teubner Stuttgart 1984, Seiten 154-183

## Abbildungen

- [http://www2.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/150000-174999/153005-da-01-ml-PIN-Photodiode\\_BPW34\\_de-en.pdf](http://www2.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/150000-174999/153005-da-01-ml-PIN-Photodiode_BPW34_de-en.pdf)
- <http://news.thomasnet.com/images/large/026/26955.jpg>
- [http://www.tu-berlin.de/fileadmin/Aperto\\_design/img/logo\\_01.gif](http://www.tu-berlin.de/fileadmin/Aperto_design/img/logo_01.gif)
- [http://jp.hamamatsu.com/resources/products/ssd/image/KSPDB0133EB\\_s.jpg](http://jp.hamamatsu.com/resources/products/ssd/image/KSPDB0133EB_s.jpg)

Stand: Mai 2008