

# Referat: Licht Emittierende Dioden

## Wirkprinzip, Aufbau und Schaltungsintegration

Pablo Korth Pereira Ferraz

TU-Berlin

Projektlabor

29. April 2010



29. April 2010

# Gliederung

- 1 Einleitung
  - Gliederung
- 2 Prinzipielles Wirkprinzip
  - Bändermodell und Rekombination
  - Farben und CIE-Normtafel
  - Kennlinienfeld
- 3 Bauformen und Betriebscharakteristika
  - Bauformen
  - Besondere Bauformen
  - Schaltungsintegration
- 4 Quellen und Schluss

# Gliederung

- 1 Einleitung
  - Gliederung
- 2 Prinzipielles Wirkprinzip
  - Bändermodell und Rekombination
  - Farben und CIE-Normtafel
  - Kennlinienfeld
- 3 Bauformen und Betriebscharakteristika
  - Bauformen
  - Besondere Bauformen
  - Schaltungsintegration
- 4 Quellen und Schluss

# Prinzipielles Wirkprinzip

## PN-Übergang und Bändermodell

- in Flussrichtung geschalteter PN-Übergang
- Elektronen/Loch-Paare können rekombinieren
  - Direkt:** Elektronenimpuls als Photon abgegeben
  - Indirekt:** Elektronenimpuls als Gitterschwingung (Phonon)
- Wellenlänge bestimmt durch Bandlücke ( $h\nu = W_L - W_V$ )

# Prinzipielles Wirkprinzip

## PN-Übergang und Bändermodell

- in Flussrichtung geschalteter PN-Übergang
- Elektronen/Loch-Paare können rekombinieren
  - Direkt:** Elektronenimpuls als Photon abgegeben
  - Indirekt:** Elektronenimpuls als Gitterschwingung (Phonon)
- Wellenlänge bestimmt durch Bandlücke ( $h\nu = W_L - W_V$ )

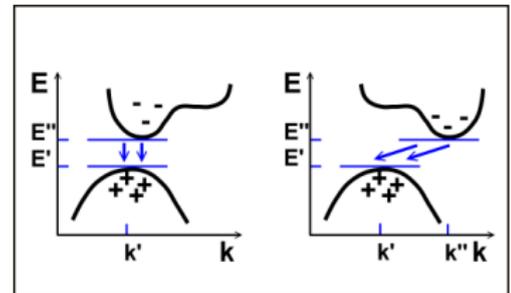


Abbildung: Bandübergänge

# Prinzipielles Wirkprinzip

## PN-Übergang und Bändermodell

### Vorraussetzungen

- $\Rightarrow$  LED benötigen direkte Halbleiter
- Wegen  $h\nu = W_L - W_V$  fast monochromatisch
- Bandlücke abhängig vom Material, bzw. Materialverhältnis

# Prinzipielles Wirkprinzip

## PN-Übergang und Bändermodell

### Voraussetzungen

- $\Rightarrow$  LED benötigen direkte Halbleiter
- Wegen  $h\nu = W_L - W_V$  fast monochromatisch
- Bandlücke abhängig vom Material, bzw. Materialverhältnis
  
- Silizumdioden ungeeignet
- meist III-V-Dioden; üblicherweise
  - Galliumarsenid (GaAs – aber nur infrarot)
  - Galliumphosphid ( GaP – rot)
  - Galliumnitrid (GaN – blau, grün  $\rightarrow$  Ampeln)

# LED Farbspektrum

## Die CIE-Normtafel

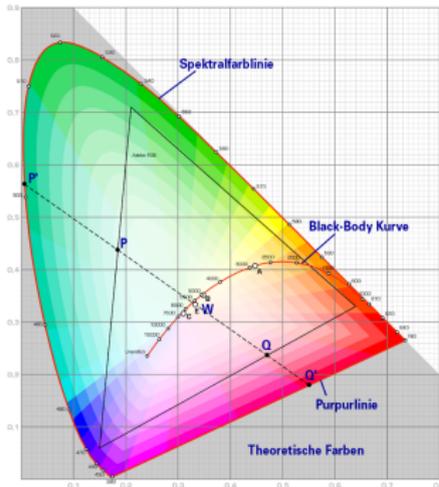
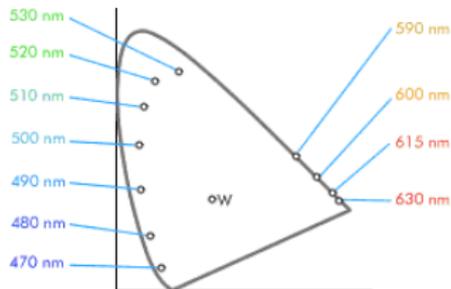


Abbildung: CIE-Normtafel

- Licht einer einzelnen LED fast monochromatisch
- Klassifizierung durch die „CIE-Normtafel“
  - Zusammenhang zwischen physikalischen Ursachen und subjektiver Wahrnehmung
  - sämtliche additive Farben und weiß (→ Weißpunkt W) ablesbar
  - charakteristische Linien und Formen
  - u.a. für schwarze Strahler oder Komplementärfarben

# LED Farbspektrum

## Die CIE-Normtafel

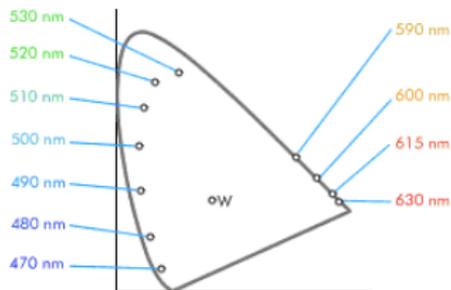


- nur wenige, diskrete Farbwerte durch einzelne LED möglich
- bisher kein verwendbares Material für Gelb-Grün-Zwischenraum

Abbildung: LED auf CIE-Normtafel

# LED Farbspektrum

## Die CIE-Normtafel



- nur wenige, diskrete Farbwerte durch einzelne LED möglich
- bisher kein verwendbares Material für Gelb-Grün-Zwischenraum

Abbildung: LED auf CIE-Normtafel

### Fragestellung

Wie lassen sich andere Farben und vorrangig weiß erzeugen?

# Kennlinienfeld

- LED im Prinzip  
PN-Übergang
- folglich: Ähnlichkeit zur  
Shockley-Diode ( $I \propto e^{\frac{U}{kT}}$ )
- Flussspannung abhängig  
von der Bandlücke

# Kennlinienfeld

- LED im Prinzip  
PN-Übergang
- folglich: Ähnlichkeit zur  
Shockley-Diode ( $I \propto e^{\frac{U}{kT}}$ )
- Flussspannung abhängig  
von der Bandlücke

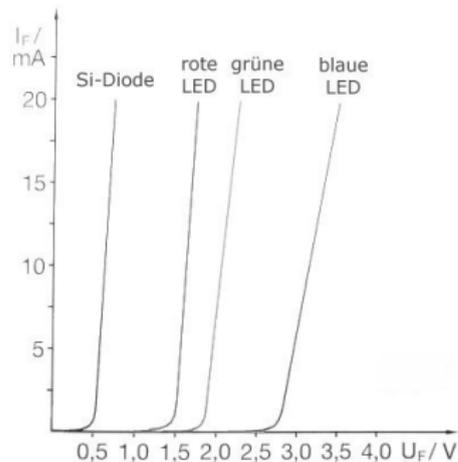


Abbildung: Kennlinienfeld

# Gliederung

- 1 Einleitung
  - Gliederung
- 2 Prinzipielles Wirkprinzip
  - Bändermodell und Rekombination
  - Farben und CIE-Normtafel
  - Kennlinienfeld
- 3 **Bauformen und Betriebscharakteristika**
  - Bauformen
  - Besondere Bauformen
  - Schaltungsintegration
- 4 Quellen und Schluss

# Bauformen

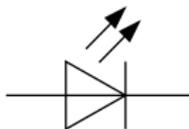


Abbildung:  
Schaltzeichen

# Bauformen

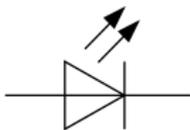


Abbildung:  
Schaltzeichen



Abbildung:  
Bedrahtete  
LED

# Bauformen

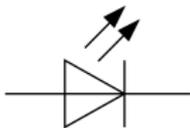


Abbildung:  
Schaltzeichen

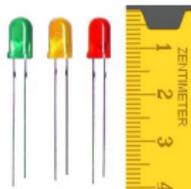


Abbildung:  
Bedrahtete  
LED



Abbildung:  
SMD-RGB-  
LED

# Besondere Bauformen

## RGB-LED



- RGB-LED können Rot, Grün und Blau leuchten
- durch additive Farbmischung weitere Farben
- theoretisch alle Farben und weiß möglich
- Steuerungselektronik zuständig für die jeweiligen Anteile

# Besondere Bauformen

## Weißer LED



- Neben RGB-LED weitere Methode, um weißes Licht zu generieren
- Kombination aus fluoreszierendem Farbstoff und UV-, bzw. blauer LED
- Additive Mischung ergibt (kalt-)weiß

# Besondere Bauformen

## Weißer LED



- Neben RGB-LED weitere Methode, um weißes Licht zu generieren
- Kombination aus fluoreszierendem Farbstoff und UV-, bzw. blauer LED
- Additive Mischung ergibt (kalt-)weiß

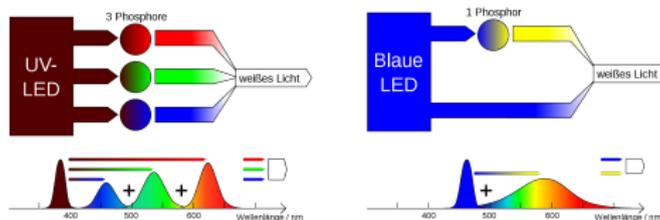


Abbildung: Weißes Licht durch Fluoreszenz

# Schaltungsintegration

## Spannungsbereich und Strombegrenzung

- Wegen  $I \propto e^{\frac{U}{kT}}$  empfindlich gegenüber  $\Delta U$
- $P = I^2 \cdot R \Rightarrow$  Gefahr hoher Wärmeentwicklung

### Wichtig

Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass Strom und Spannung begrenzt werden!!!

$\Rightarrow$  Vorwiderstand, bzw. Konstantstromquelle

# Schaltungsintegration

## Vorwiderstand und Arbeitsgerade

- $U_0$  einer Gleichspannungsquelle ( $\rightarrow$  Gleichrichter)
- $I_n$  und  $U_d$  der Diode
- folgt:  $R_{\text{vor}} = \frac{U_0 - U_d}{I_n}$

# Schaltungsintegration

## Vorwiderstand und Arbeitsgerade

- $U_0$  einer Gleichspannungsquelle ( $\rightarrow$  Gleichrichter)
- $I_n$  und  $U_d$  der Diode
- folgt:  $R_{\text{vor}} = \frac{U_0 - U_d}{I_n}$

### Arbeitsgerade

Mit der Kenntnis des Vorwiderstands lässt sich die Arbeitsgerade bestimmen.

1. Kurzschlussstrom  $I_{\text{max}}|_{U_d=0} = \frac{U_0}{R}$
2. Leerlaufspannung  $U_0|_{I_n=0}$

# Schaltungsintegration

## Konstantstromquelle durch JFET

- Problem des Vorwiderstands:  
versorgungsspannungsabhängig
- $\Rightarrow$  Konstantspannungsquelle durch JFET
- Abschätzung:  $R_1 \approx \frac{U_{GS}}{I_D}$
- nur noch von JFET-Werten abhängig  
(Datenblatt)
- Schaltung anstelle des Vorwiderstands

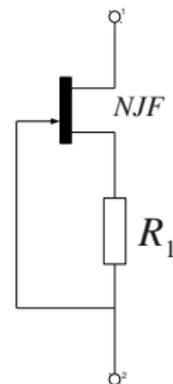


Abbildung:  
JFET-Schaltung

# Gliederung

- 1 Einleitung
  - Gliederung
- 2 Prinzipielles Wirkprinzip
  - Bändermodell und Rekombination
  - Farben und CIE-Normtafel
  - Kennlinienfeld
- 3 Bauformen und Betriebscharakteristika
  - Bauformen
  - Besondere Bauformen
  - Schaltungsintegration
- 4 Quellen und Schluss

# Quellen

## Textquellen

-  Dr. Boit, Christian, *Vorlesungs-/Übungsfolien Halbleiterbauelemente*, Wintersemester 2009/10,
-  Fachbereich Halbleitersystemtechnologien, *Laborskript - Praktikum: Grundlagen und Bauelemente*, Wintersemester 2009/10
-  <http://de.wikipedia.org/wiki/Led>, Aufrufdatum: 25. April 2010
-  <http://www.led-info.de/grundlagen/leuchtdioden.html>, Aufrufdatum: 25. April 2010
-  <http://de.wikipedia.org/wiki/CIE-Normvalenzsystem>, Aufrufdatum: 26. April 2010

# Quellen

## Bildquellen



<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0f/Bandmodellkrp.png>, Aufrufdatum: 26. April 2010



<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/4/49/CIE-Normfarbtafel.png>, Aufrufdatum: 27. April 2010



[http://www.led-info.de/uploads/pics/led\\_cie\\_01.gif](http://www.led-info.de/uploads/pics/led_cie_01.gif), Aufrufdatum: 27. April 2010



[http://www.nullohm.de/berichte/gifs/led\\_kennlinie.jpg](http://www.nullohm.de/berichte/gifs/led_kennlinie.jpg), Aufrufdatum: 26. April 2010



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d6/Symbol\\_LED.svg/106px-Symbol\\_LED.svg.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d6/Symbol_LED.svg/106px-Symbol_LED.svg.png), Aufrufdatum: 25. April 2010



<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9c/Leds.jpg>, Aufrufdatum: 25. April 2010



<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/a/a9/RGB-SMD-LED.jpg>, Aufrufdatum: 26. April 2010



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/98/LED\\_Halogen.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/98/LED_Halogen.jpg), Aufrufdatum: 28. April 2010



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/thumb/6/65/LED\\_weiss\\_phosphor2.svg/800px-LED\\_weiss\\_phosphor2.svg.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/thumb/6/65/LED_weiss_phosphor2.svg/800px-LED_weiss_phosphor2.svg.png), Aufrufdatum: 28. April 2010

# Schluss

Vielen Dank für eure Aufmerksamkeit!

# Schluss

Vielen Dank für eure Aufmerksamkeit!

Fragen?