

Aspekte der modernen Optik

Halbleiteroptik

Halbleiter-Photonenquellen

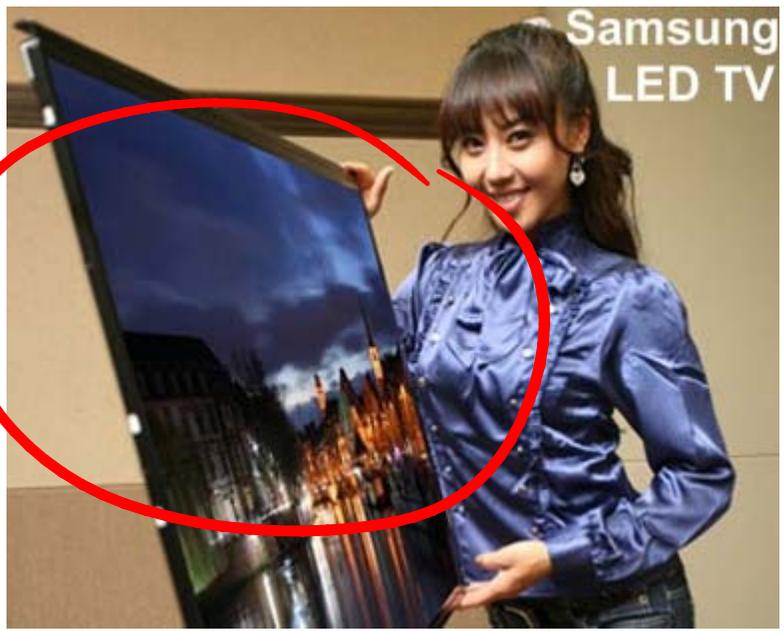
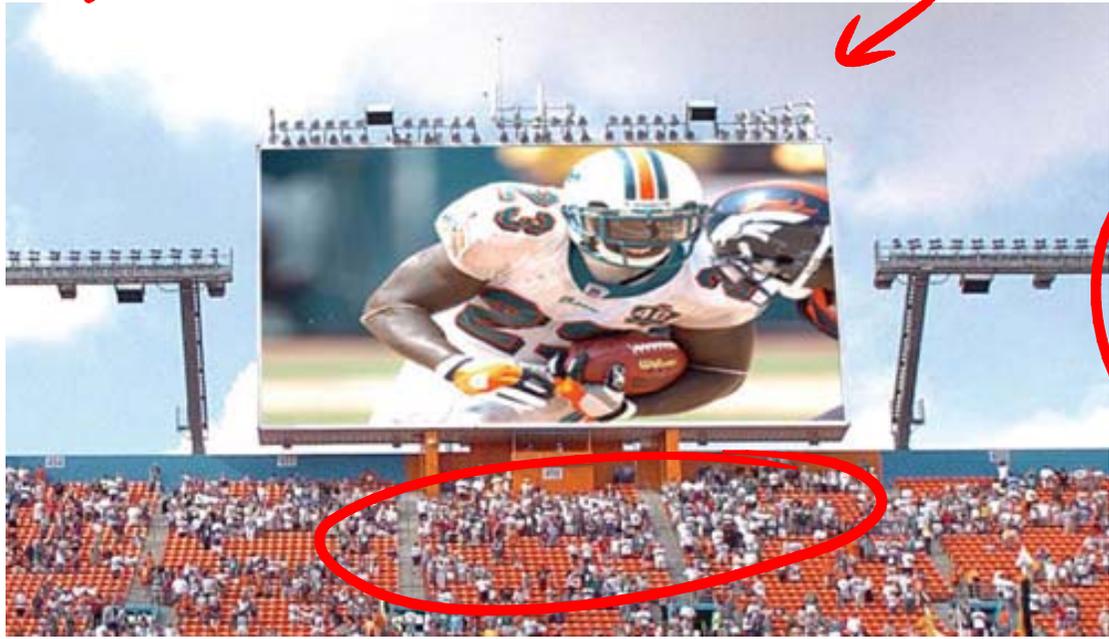
Halbleiter-Photodetektoren

Dietrich RT Zahn

Halbleiterphysik

<http://www.tu-chemnitz.de/physik/HLPH/>

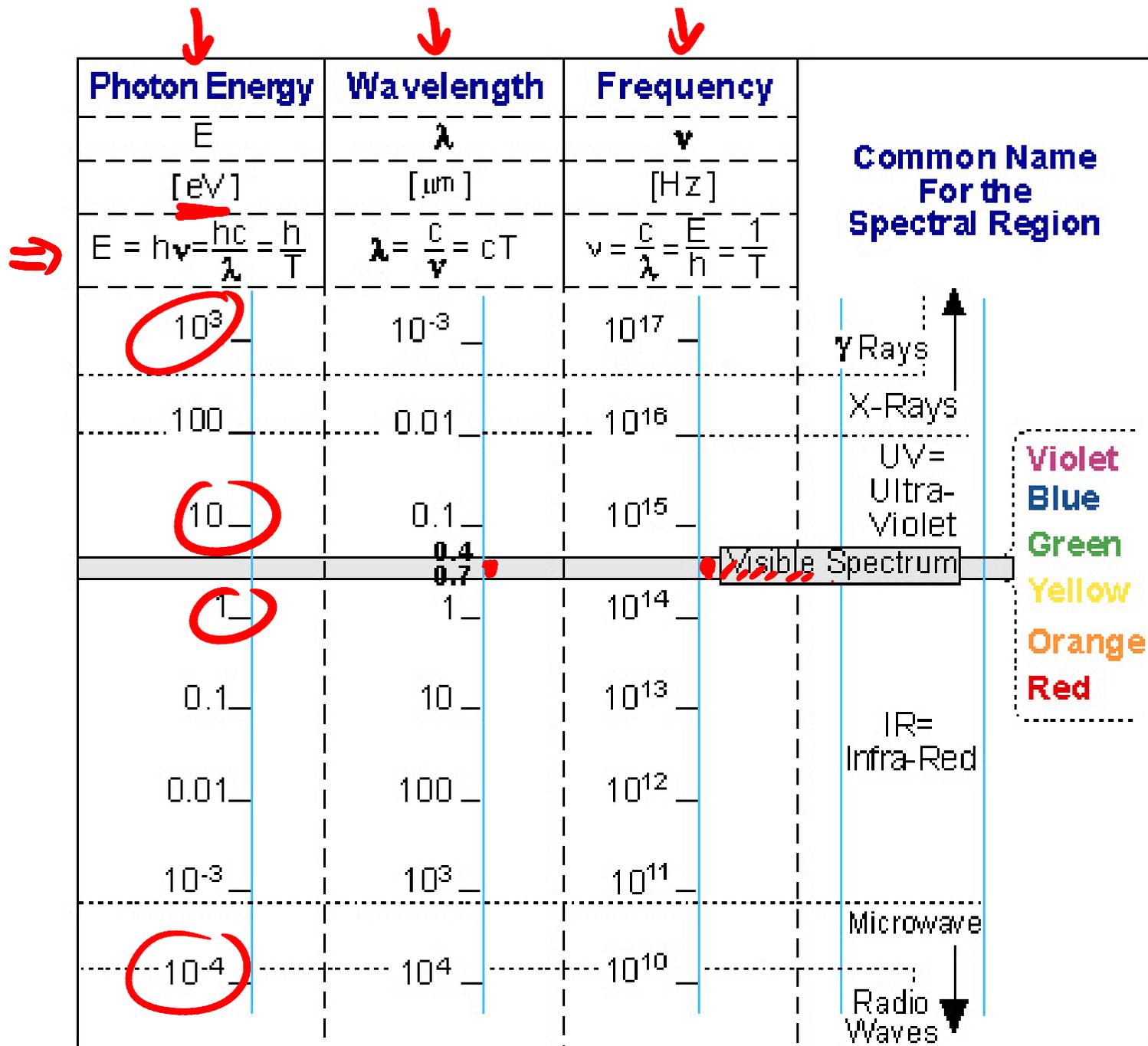






<u>Avg. intersection:</u> 10 vehicular signals/ 8 pedestrian	Incandescent bulbs	LED Signals
Per vehicular signal	<u>135-150 watts</u>	<u>8-10 watts</u>
Per pedestrian signal	70 watts	8 watts
Per intersection	<u>2060 watts</u> <u>\$175/month</u>	<u>164 watts/less</u> <u>\$23/month</u>
Annual cost / intersection	\$2,100	\$276
Average savings of <u>\$1,824</u> monthly/ \$40,128 annually per intersection		





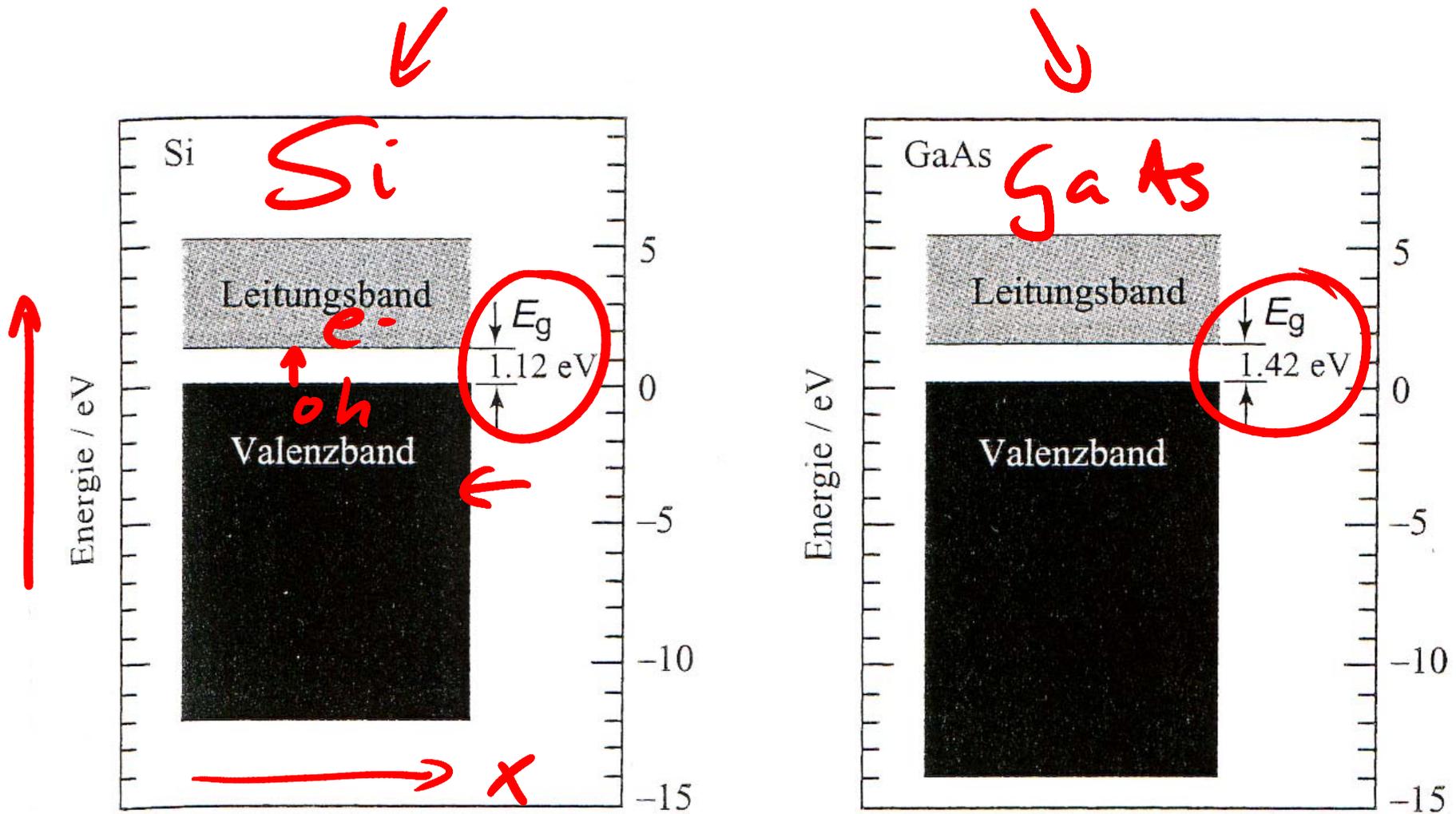
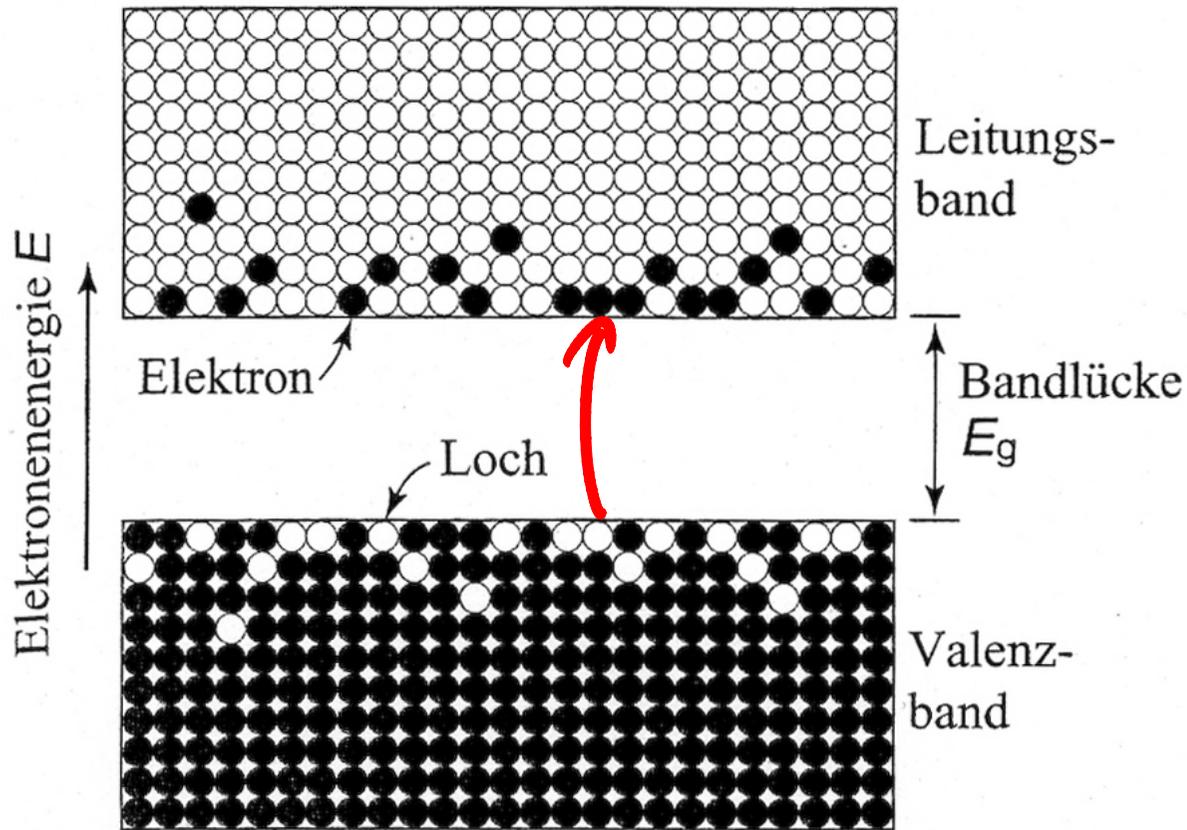


Abbildung 16.1 Energiebänder in Si und GaAs. Die Energie E_g der Bandlücke zwischen Valenz- und Leitungsband beträgt bei Zimmertemperatur 1.12 eV für Si und 1.42 eV für GaAs.



$$kT = 25 \text{ eV}$$

bei 300 K

$$E_g \approx 1 - 3 \text{ eV}$$

Abbildung 16.3 Elektronen im Leitungs- und Löcher im Valenzband bei $T > 0 \text{ K}$.

$Bz: \frac{\pi}{a}$
 $k_{\text{Licht}} = \frac{2\pi}{\lambda}$
 \downarrow

Bandstruktur

Si $E(k)$ \rightarrow $\hbar k$ Impuls
 indirektes HL
 GaAs
 direktes HL

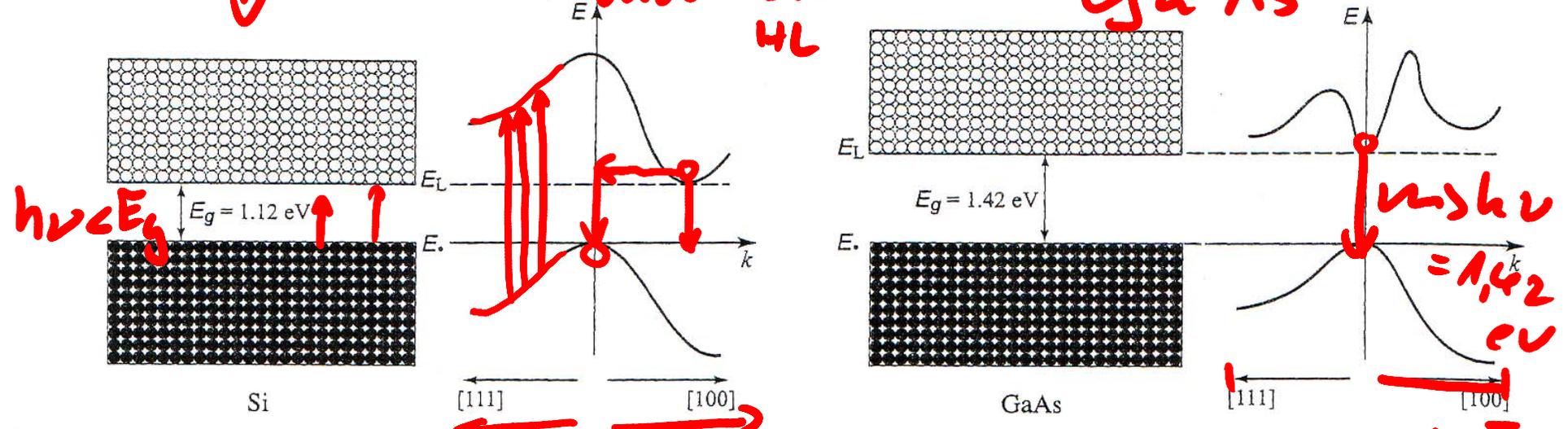


Abbildung 16.4 Schnitt durch die $E-k$ -Funktion für Si und GaAs entlang zweier Kristallrichtungen: [111] (links) und [100] (rechts).

VB η Valenzband maximum
 LB η Leitungsband minimum

$\frac{\pi}{a}$
 HL

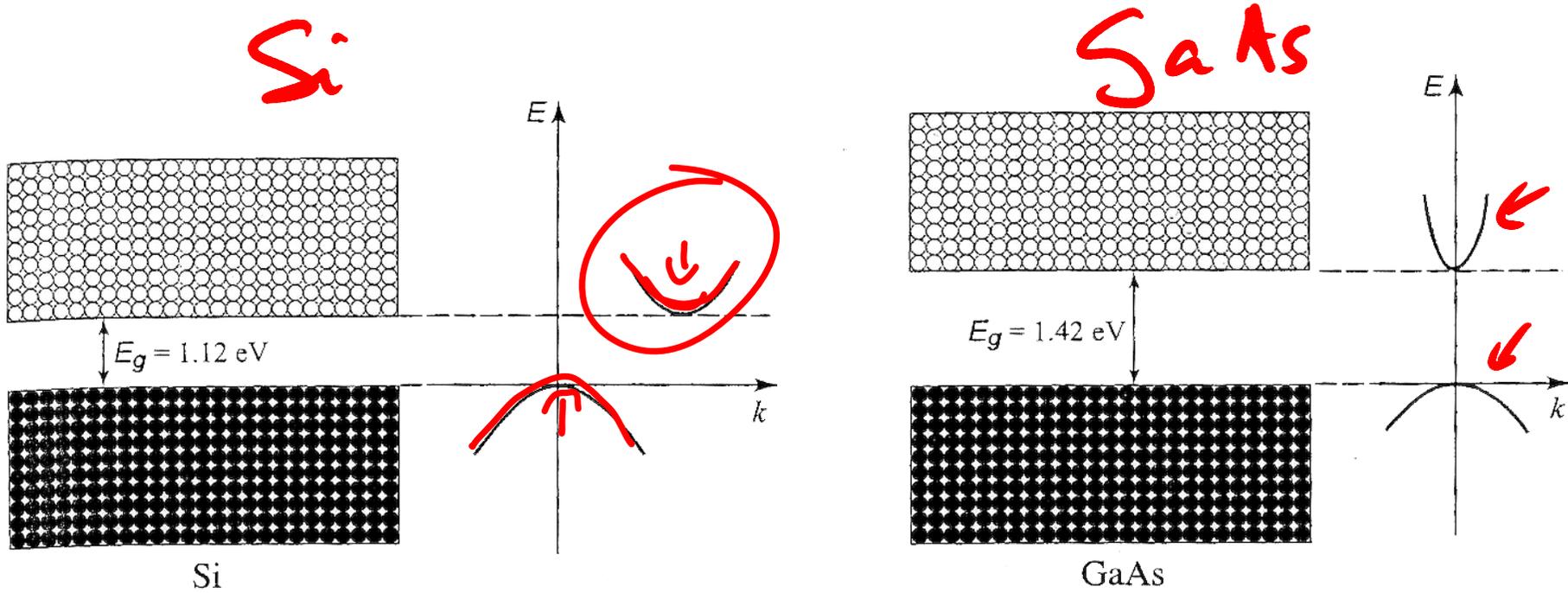


Abbildung 16.5 Die $E-k$ -Diagramme für Si und GaAs werden in der Nähe des Minimums des Leitungsbands und des Maximums des Valenzbands in guter Näherung durch Parabeln beschrieben.

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{p^2}{2m} \quad p = \hbar k \quad \frac{\hbar^2 k^2}{2m} \quad E(\hbar) \sim \hbar^2$$

$$\frac{dE(\hbar)}{d\hbar} = \frac{\hbar^2 k}{\hbar m} = \frac{d^2 E}{d\hbar^2} = \frac{\hbar^2}{m} \rightarrow \frac{d^2 E}{d\hbar^2} \sim \frac{1}{m^*}$$

Krümmung

effektive Masse

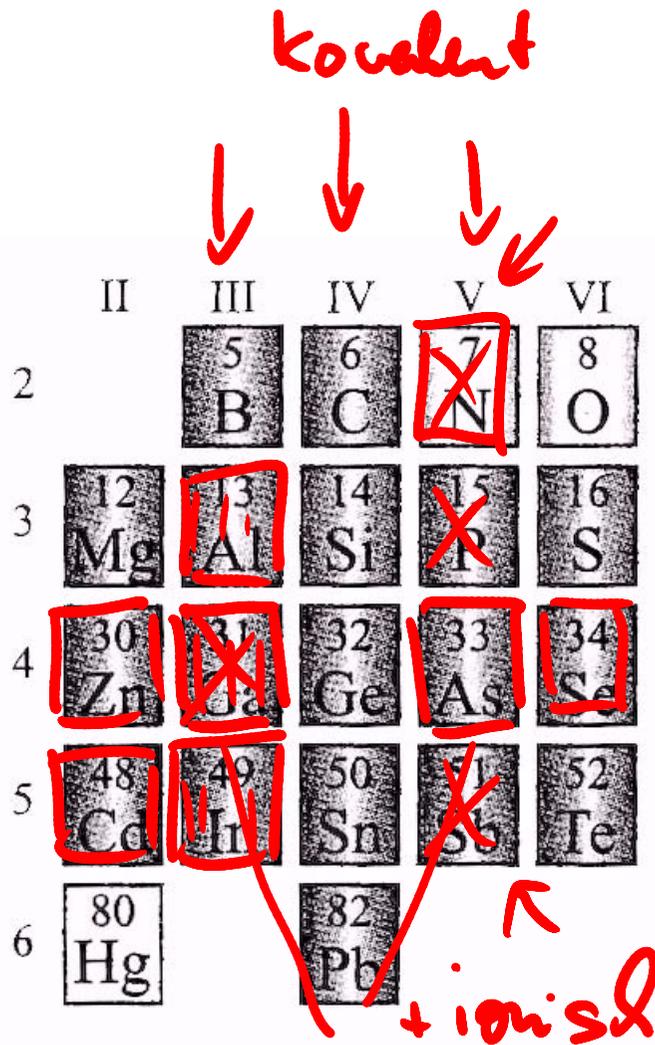
Leitungsband

Valenzband

Tabelle 16.1 Typische Werte der effektiven Massen von Elektronen und Löchern in ausgewählten Halbleitermaterialien.

Material	m_L / m_0	m_V / m_0
→ Si	→ 0.98	0.49
→ GaAs	<u>0.07</u>	<u>0.50</u>
→ GaN	0.20	0.80





Elementhalbleiter:

C: 5,5 eV

Si: 1,12 eV RT

Ge: 0,7 eV

Verbindungs HL

Gas

flüssig

fest

III - V

GaAs: 1,42 eV
II - VI ZnSe
2,7 eV

Abbildung 16.6 Ein Ausschnitt aus dem Periodensystem, der die wichtigsten Elemente in Halbleitern zeigt. Die Schattierung der Elemente gibt den Aggregatzustand bei Zimmertemperatur an. Das vollständige Periodensystem ist in Abb. 13.3 gezeigt.

Tabelle 16.2 Ausgewählte Element- und binäre III–V-Halbleiter und ihre Kristallstrukturen und Bandlücken.

Material	Struktur ^a	Art ^b	Bandlücke	
			Energie ^c E_g /eV	Wellenlänge ^d λ_g /μm
Si	D	i	1.12	1.11
Ge	D	i	0.66	1.88
AlN ←	W	d	6.20 ←	0.200
AlP	Z	i	2.45 ←	0.506
AlAs	Z	i	2.16 ←	0.574
AlSb	Z	i	1.58	0.785
GaN ←	W	d	3.39	0.366
GaP	Z	i	2.26 ←	0.549
GaAs	Z	d	1.42	0.873
GaSb	Z	d	0.73	1.70
InN ←	W	d	0.65 ←	1.91
InP	Z	d	1.35	0.919
InAs	Z	d	0.36	3.44
InSb	Z	d	0.17	7.29

^aDie angegebene Kristallstruktur ist die häufigste Struktur des Materials: D = Diamant, Z = Zinkblende, W = Wurtzit (siehe Abb. 16.11).

^bi: indirekte Bandlücke, d: direkte Bandlücke.

^cBei 300 K.

^dDie Wellenlänge λ_g hängt mit der Energie E_g der Bandlücke durch $\lambda_g = hc_0/E_g$ zusammen; wenn die Energie in eV und die Wellenlänge in μm ausgedrückt wird, ist $\lambda_g \approx 1.24/E_g$.

Zus