

Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialwissenschaft

– 11 –

Elektrische Eigenschaften.

Zusammenfassung

erarbeitet von: Gergely AGÓCS, Ferenc TÖLGYESI
19. November 2020.

Kapitel des
Lehrbuches:
19, 21

FAFA_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

1

Widerstand und Leitfähigkeit

Elektrische Ladungsträger: Elektronen, Ionen.

Spezifischer Widerstand (ρ):

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l} \quad (\Omega \text{m})$$

Elektrische Leitfähigkeit (σ):

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad ((\Omega \text{m})^{-1} = \text{S/m})$$

$\left(G = \frac{1}{R} \text{ nennt man elektrischen Leitwert. } \right)$

Stoff	$\sigma (\text{S/m})$	
Silber	$6,8 \cdot 10^7$	Leiter
Gold	$4,3 \cdot 10^7$	
Platin	$0,94 \cdot 10^7$	
Germanium	2,2	Halbleiter
Silizium	$4 \cdot 10^{-4}$	
Zirkon	$\approx 10^{-10}$	
Porzellan	$\approx 10^{-11}$	Isolator
Glas	$\approx 10^{-13}$	
PMMA	$\approx 10^{-12}$	
PE	$\approx 10^{-16}$	

FAFA_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

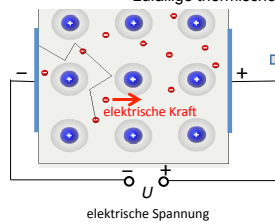
2

Elektrische Strom und Spannung

Elektrischer Strom = kollektive Wanderung von elektrischen Ladungsträgern (Elektronen, Ionen, ...)

➔ Dazu sind freie (quasifreie) Ladungsträger nötig.

Z. B. Bewegung von Elektronen in einem Metallgitter:
zufällige thermische Bewegung + kollektive Wanderung



abwechselnd: Beschleunigung, Abbremsen
ständige Energieaufnahme, -abgabe

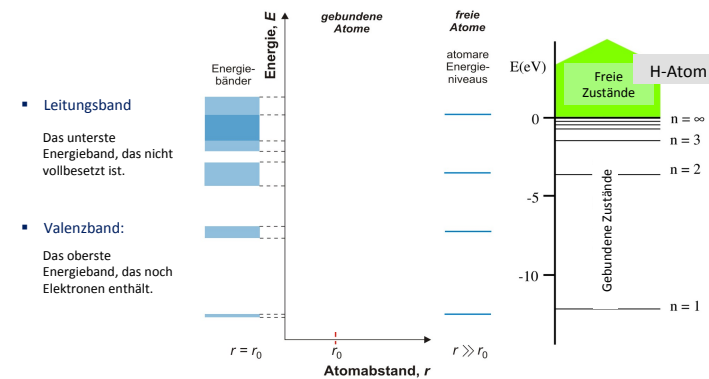
Elektrischer Strom, elektrische Leitung ist nur dann möglich, wenn die Elektronen ihren Energiezustand um eine geringe Energiemenge ständig ändern können.

FAFA_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

3

Elektronenstruktur: Energiebänder

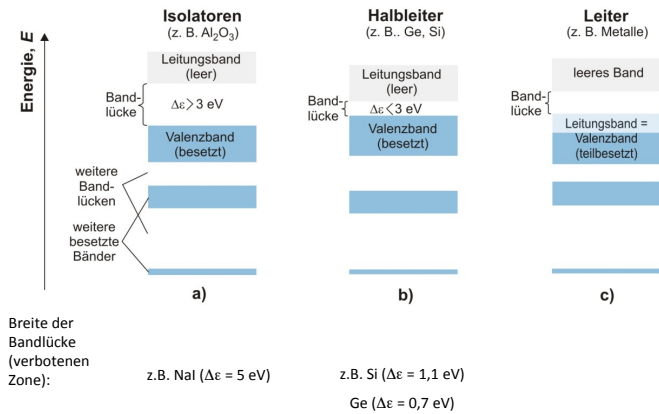


FAFA_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

4

Elektronenstruktur: Energiebänder

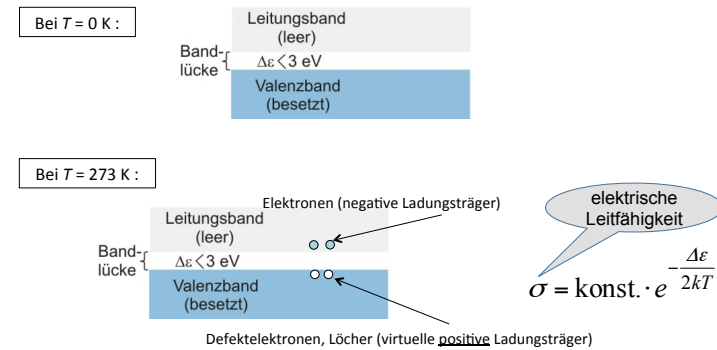


FAFA_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

5

Eigenhalbleiter (intrinsic Halbleiter)



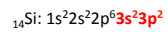
FAFA_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

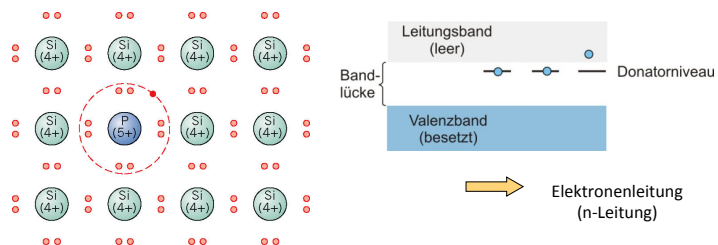
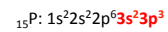
6

Dotierte Halbleiter: n-Typ

Grundkristall z. B.: Si



Dotierung: z. B.: P



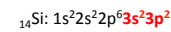
FAFA_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

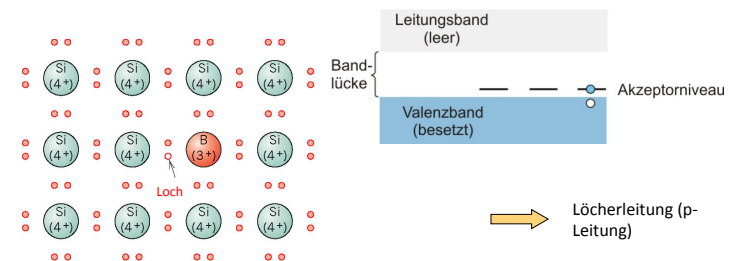
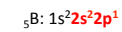
7

Dotierte Halbleiter: p-Typ

Grundkristall z. B.: Si



Dotierung: z. B.: B

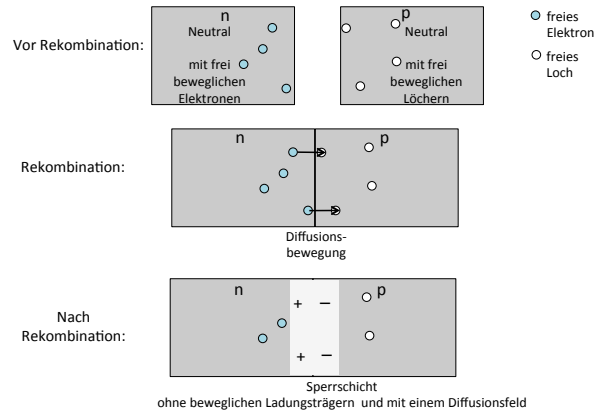


FAFA_DE

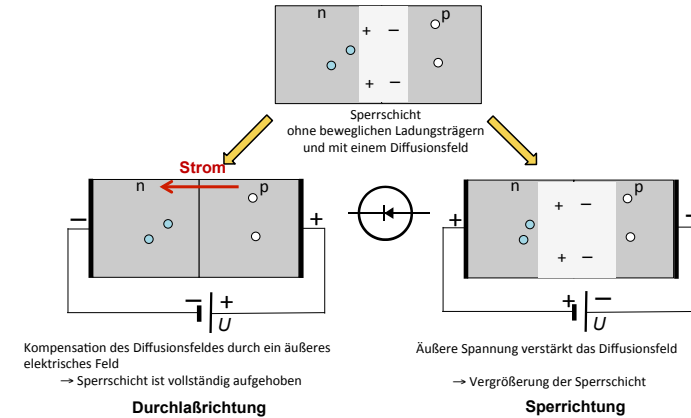
11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

8

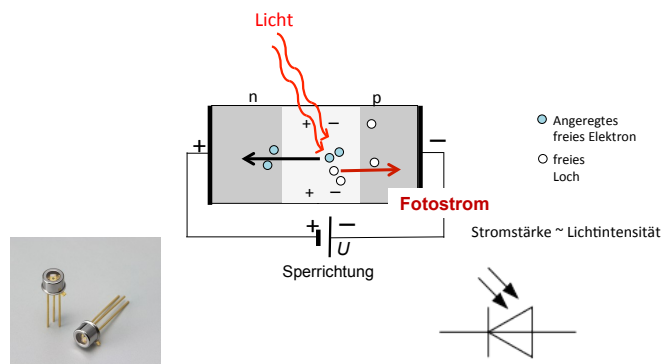
Anwendungen: Halbleiterdiode



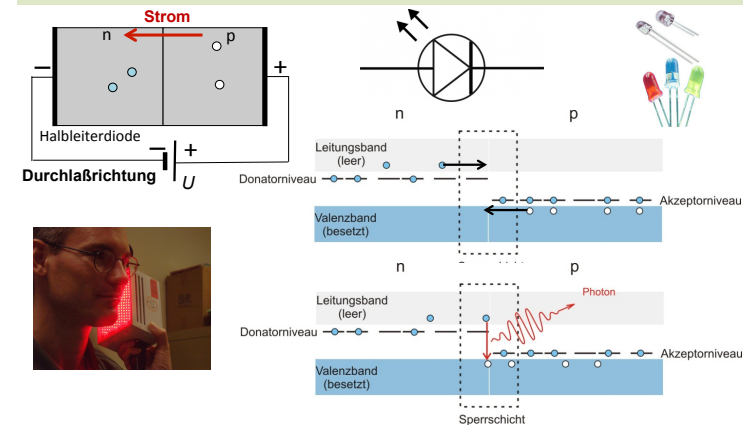
Anwendungen: Gleichrichter



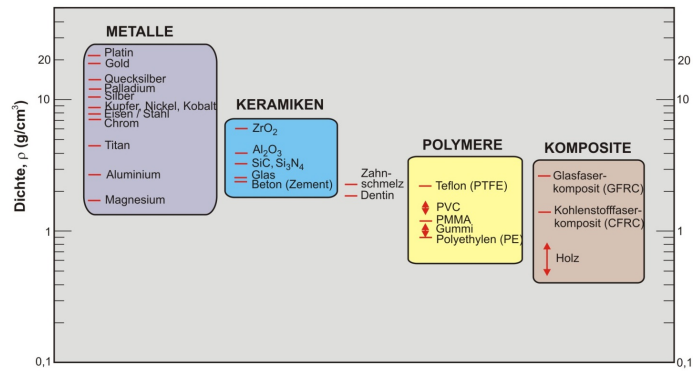
Anwendungen: Photodiode



Anwendungen: Leuchtdiode (LED)



Vergleichende Zusammenfassung



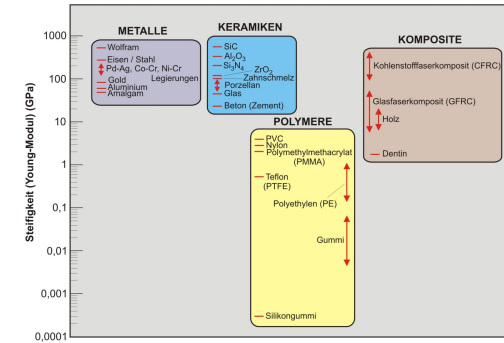
Dichte: Komposite, Polymere < Keramiken < Metalle

FAFA_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

13

Vergleichende Zusammenfassung



Steifigkeit: Polymere < Composite < Keramiken, Metalle

Elastische Rückstellung (Elastizität) : Keramiken < Metalle < Komposite < Polymere

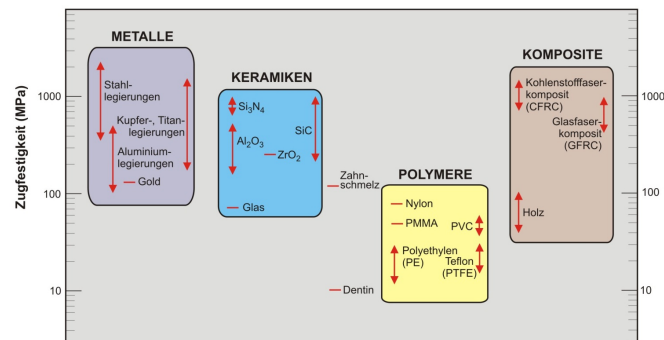
Duktilität: Keramiken < Metalle < Komposite < Polymere

FAFA_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

14

Vergleichende Zusammenfassung



Zugfestigkeit: Polymere < Komposite, Keramiken < Metalle

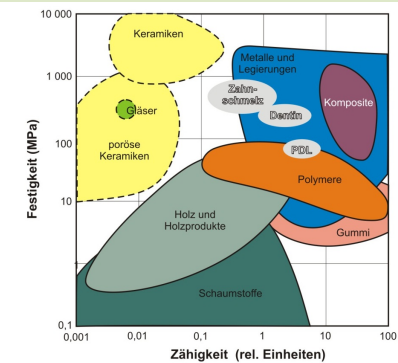
Druckfestigkeit: Polymere < Komposite, Keramiken, Metalle

FAFA_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

15

Vergleichende Zusammenfassung



Zähigkeit: Keramiken < Polymere, Komposite, Metalle

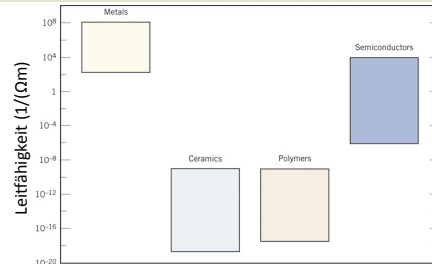
Härte: Polymere < Komposite < Metalle < Keramiken

FAFA_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

16

Vergleichende Zusammenfassung



Elektrische Leitfähigkeit: Keramiken, Komposite, Polymere < Metalle

Wärmeleitfähigkeit: Keramiken, Komposite, Polymere < Metalle

Schmelzpunkt: Polymere < Komposite < Metalle < Keramiken

Wärmeausdehnungskoeffizient: Keramiken < Polymere, Komposite, Metalle

Reflektanz: Keramiken, Komposite, Polymere < Metalle

Transmittanz: Metalle < Komposite < Polymere, Keramiken

FAFA_DE

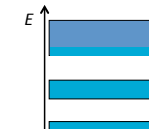
11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

17

Metalle

Im Allgemeinen:

- fest
- hohe Dichte
- steif
- stark
- duktil (bearbeitungsfähig)
- zäh (Zähbruch)
- hart
- niedrige spez. Wärmekap.
- guter Wärmeleiter
- wärmeschockbeständig
- guter elektr. Leiter
- opak, metallfarbig
- geringe Korrosions-beständigkeit



FAFA_DE

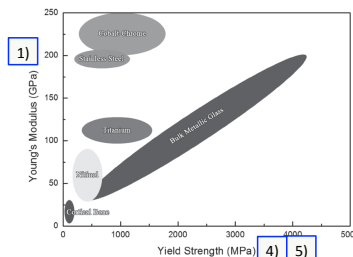
11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

18

Metallische Gläser (amorphe Metalle)

- 1) weniger steif
- 2) elastischer
- 3) stärker
- 4) härter
- 5) weniger abnutzung
- 6) weniger Korrosion
- 7) bessere Biokompatibilität

<https://www.youtube.com/watch?v=Yg0hUqdzXGw>



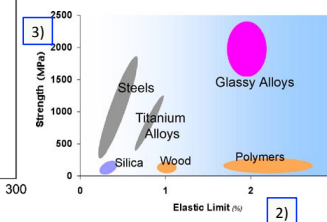
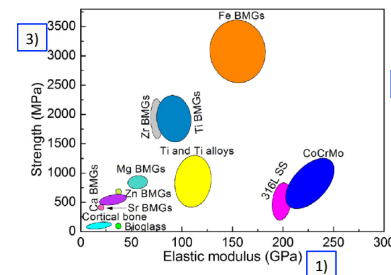
FAFA_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

19

Metallische Gläser (amorphe Metalle)

- 1) weniger steif
- 2) elastischer
- 3) stärker
- 4) härter
- 5) weniger abnutzung
- 6) weniger Korrosion
- 7) bessere Biokompatibilität



FAFA_DE

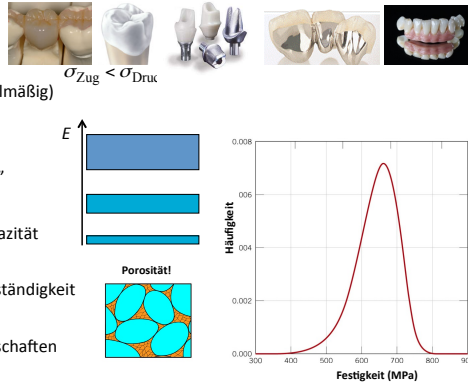
11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

20

Keramiken

Im Allgemeinen:

- fest
- mittlere Dichte
- steif
- stark (beim Zug nur mittelmäßig)
- wenig bearbeitungsfähig
- brüchig (Spröddbruch)
- „empfindlich gegen Risse“
- hart
- mittlere spez. Wärmekapazität
- Wärmeisolator
- geringe Wärmeschockbeständigkeit
- elektr. Isolator
- vielfältige optische Eigenschaften
- korrosionsbeständig



FAFA_DE

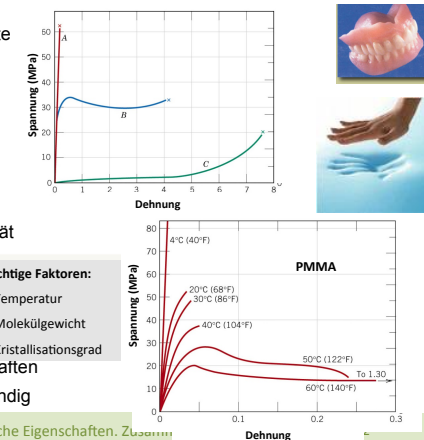
11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

21

Polymere

Im Allgemeinen:

- flüssig oder fest, kleine Dichte
- wenig steif - elastisch
- mittelmäßig stark - schwach
- duktil
- mittelmäßig zäh - spröde
- mittelmäßig hart - weich
- viskoelastisch
- mittlere spez. Wärmekapazität
- Wärmeisolator
- mittlere Wärmeschockbeständigkeit
- elektr. Isolator
- vielfältige optische Eigenschaften
- mittelmäßig korrosionsbeständig



FAFA_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

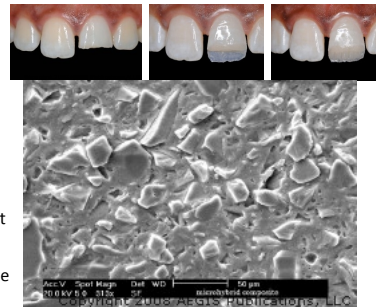
Komposite

Im Allgemeinen:

- fest
- niedrige - mittlere Dichte
- mittelmäßig steif - elastisch
- stark
- duktil
- zäh
- hart – mittelmäßig hart
- mittlere spez. Wärmekapazität
- Wärmeisolator
- mittlere Wärmeschockbeständigkeit
- elektr. Isolator
- vielfältige und veränderliche optische Eigenschaften
- korrosionsbeständig

Wichtige Faktoren:

- Zusammensetzung
- Teilchengröße



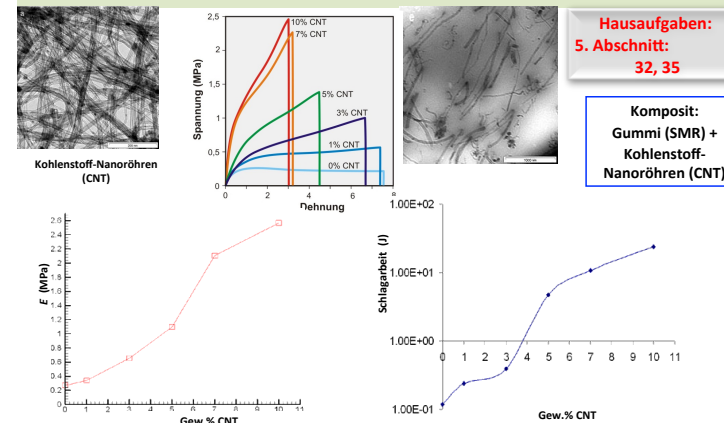
→ Mikrohybrid- → Nanohybrid-Komposite

FAFA_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

23

Komposite



FAFA_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

24