

Übung 11

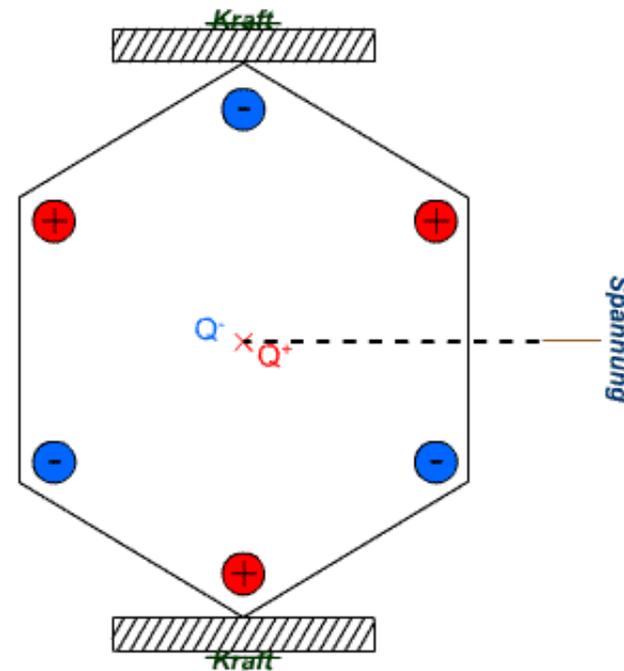
Festkörperchemie

Thema: Physikalische Eigenschaften von Festkörpern

1.1.

Piezoelektrizität:

Die Piezoelektrizität, auch piezoelektrischer Effekt oder kurz Piezoeffekt, beschreibt die Änderung der elektrischen Polarisierung und somit das Auftreten einer elektrischen Spannung an Festkörpern, wenn sie elastisch verformt werden (direkter Piezoeffekt). Umgekehrt verformen sich Materialien bei Anlegen einer elektrischen Spannung (inverser Piezoeffekt).

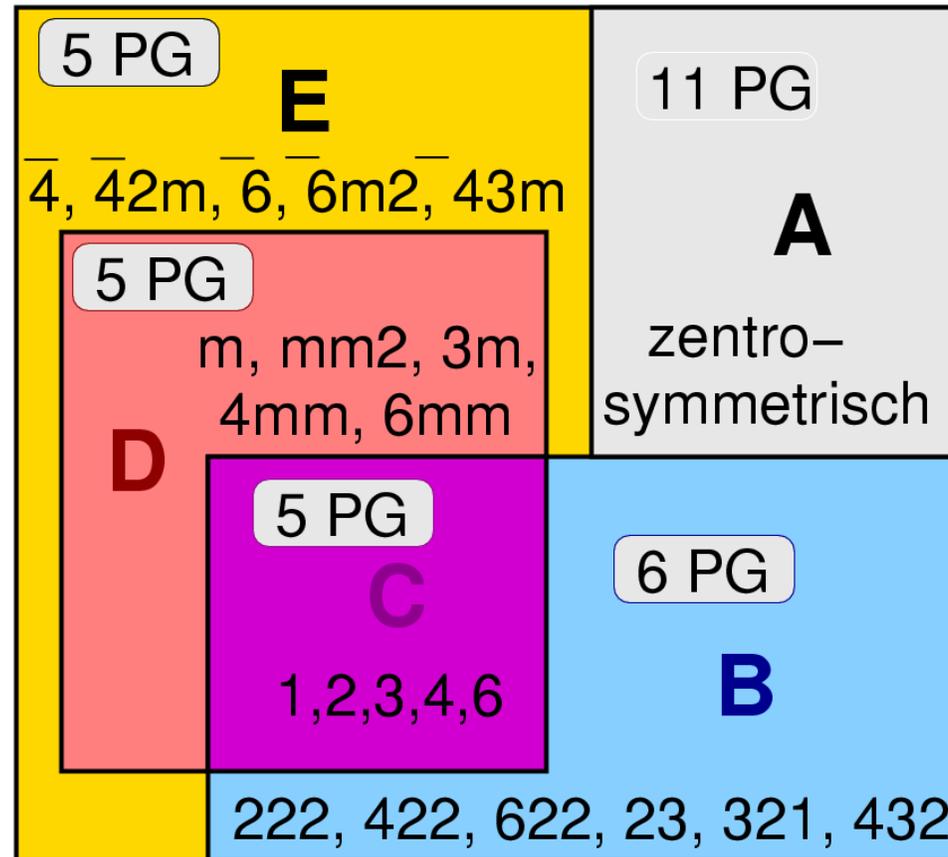


Piezoelektrizität:

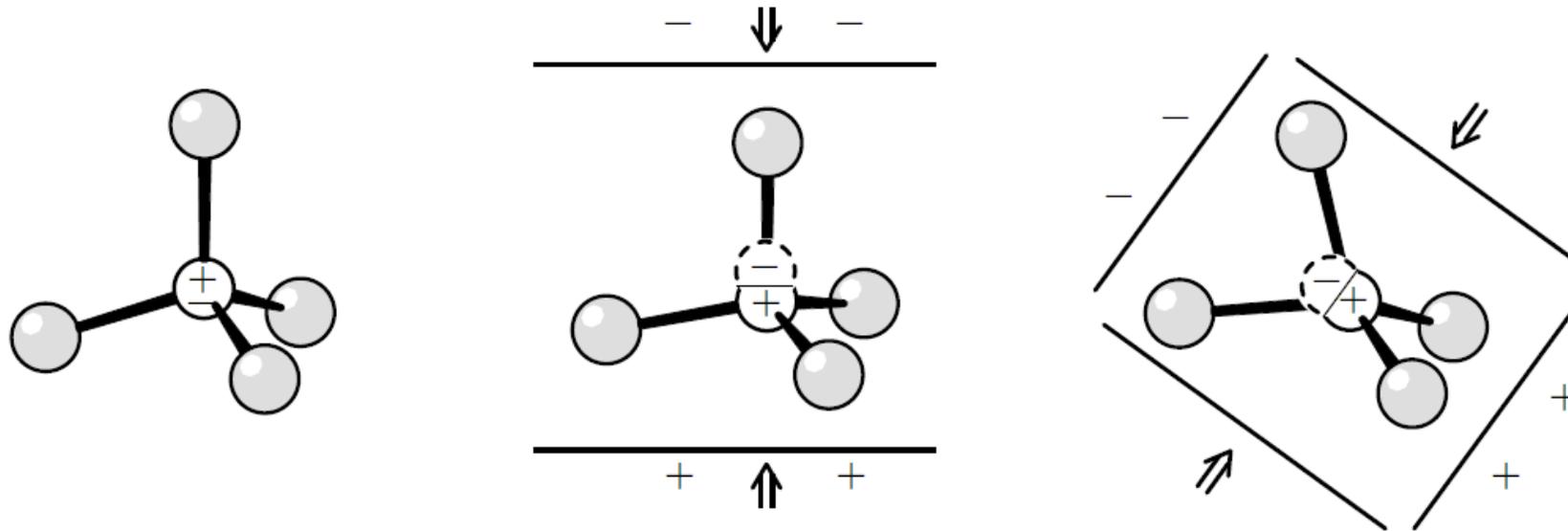
Alle Kristalle in einem ferroelektrischen Zustand sind auch piezoelektrisch: eine mechanische Spannung Z , der ein Kristall unterworfen wird, ändert dessen elektrische Polarisation. Umgekehrt bewirkt ein äußeres, an den Kristall gelegtes elektrisches Feld eine mechanische Verzerrung des Kristalles.

1.1.

Piezoelektrika haben kein Inversionszentrum ($i = -1$) und dürfen nicht der Kristallklasse 432 gehören. Sie können also nur in den 20 Kristallklassen B, C, D und E vorkommen. Die Abbildung 3.2.2 zeigt, (durch Druck Ionenverschiebung, die nicht kompensiert werden darf) Grund: mit i wird Polarisation durch i -symmetrischen Einheit kompensiert

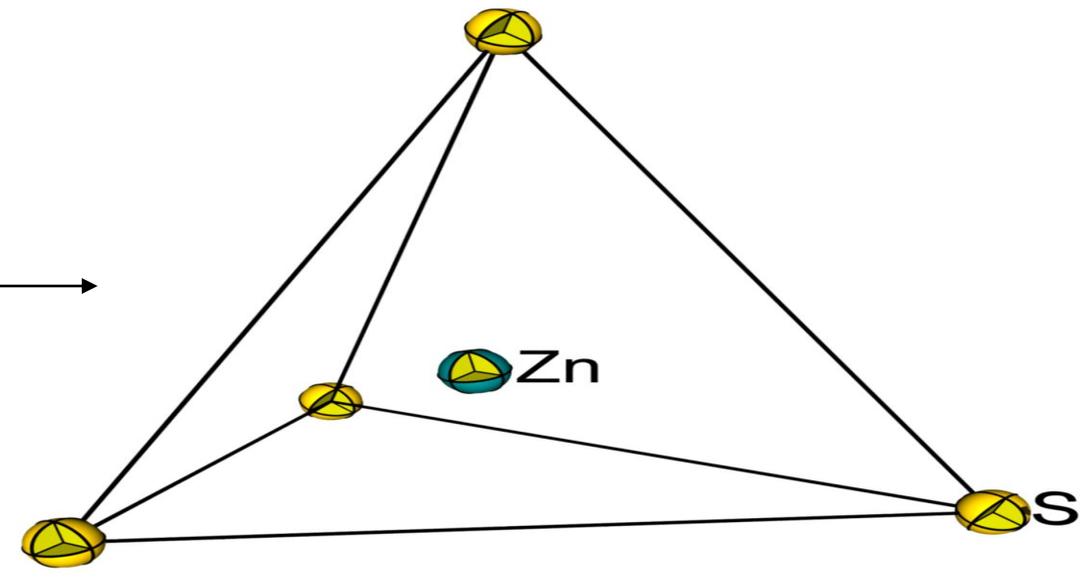
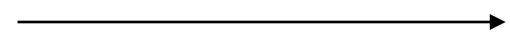
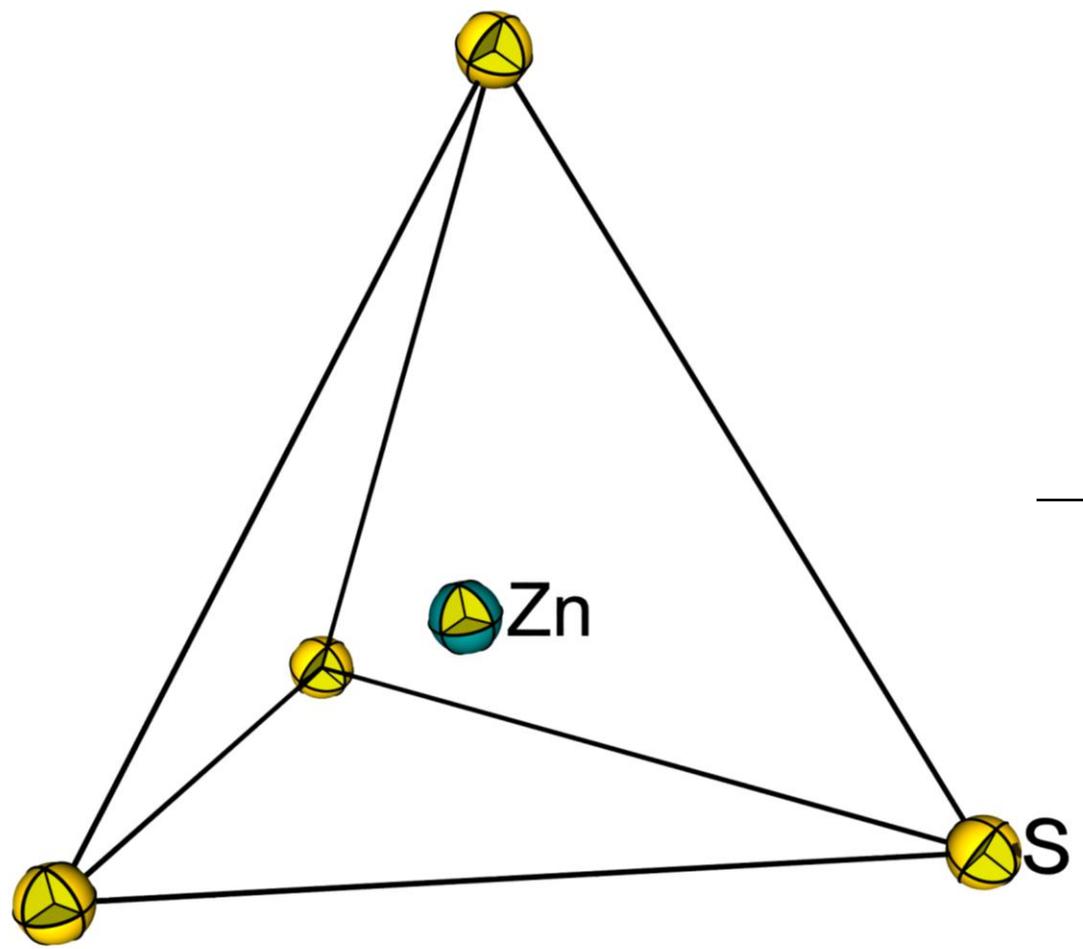


Anorganische Strukturchemie, Ulrich Müller, 6 Auflage
19.2 Piezo- und ferroelektrische Eigenschaften



Der beschriebene piezoelektrische Effekt ist umkehrbar. Bringt man den Kristall in ein äußeres elektrisches Feld, so deformiert er sich. Zinkblende, Turmalin, Ammoniumchlorid und Quarz sind Beispiele. Technisch wird der Effekt bei den Schwingquarzen genutzt, die in jeder elektronischen Uhr und in jedem Rechner als Taktgeber dienen. Der Schwingquarz ist eine Platte, die in der geeigneten Richtung aus einem Quarzkristall geschnitten wurde und auf die zwei Metallbeläge als elektrische Kontakte aufgebracht wurden. Durch elektrische Impulse wird der Quarz zu mechanischen Schwingungen angeregt, die eine genau definierte Frequenz haben und die ein entsprechendes elektrisches Wechselfeld erzeugen.

1.1.



Welche der folgenden Strukturen erfüllen die Kriterien eines piezoelektrischen Materials?

a) ZnO im Wurzit-Typ → Ja

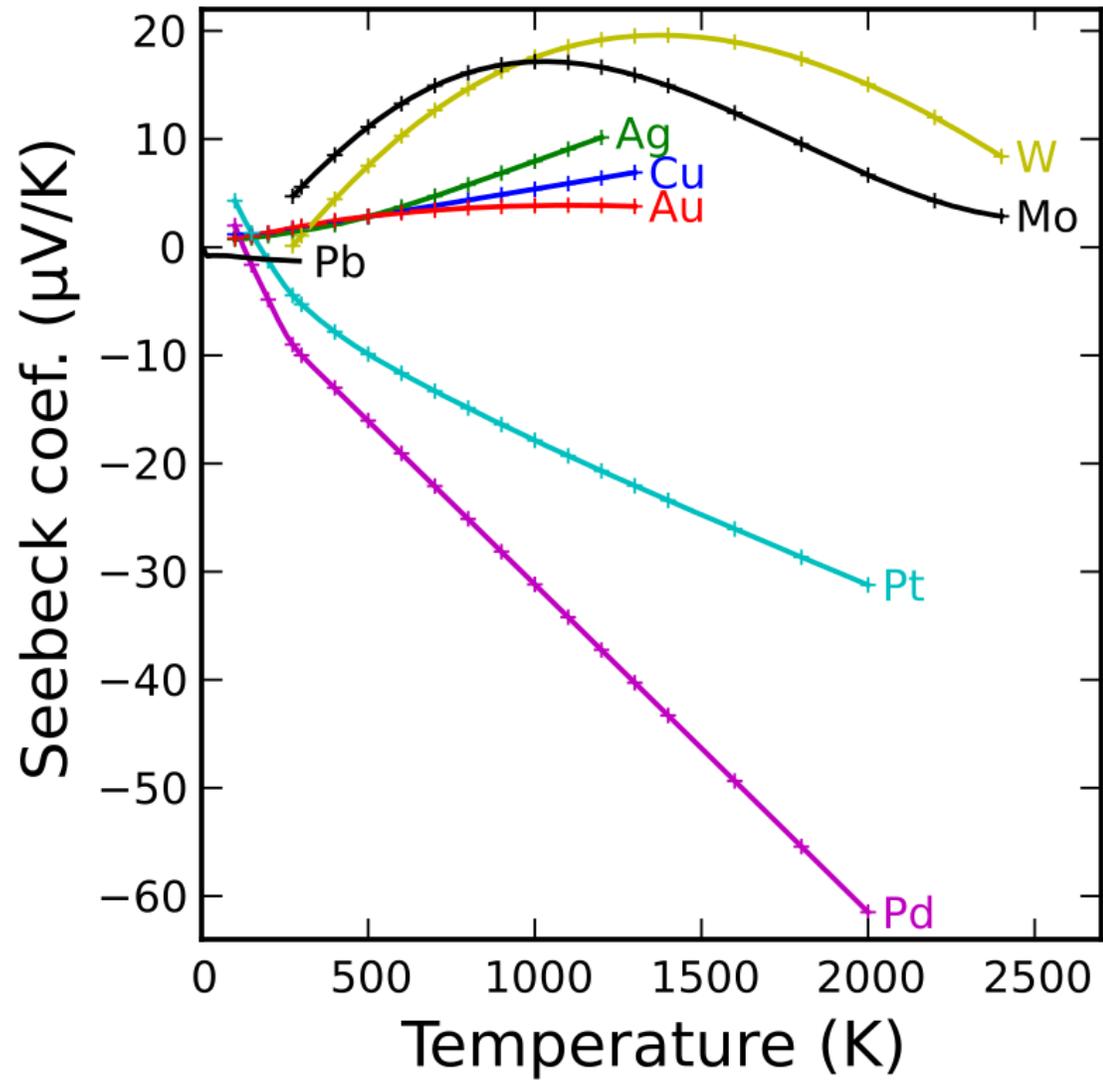
b) ZnO im NaCl Typ → Nein (i vorhanden)

c) SiO₂ (Quarz) → Ja

d) MgAl₂O₄ → Nein (i vorhanden) Fd $\bar{3}m$

e) BaTiO₃ → Ja (auch ferromagnetisch)

1.2.

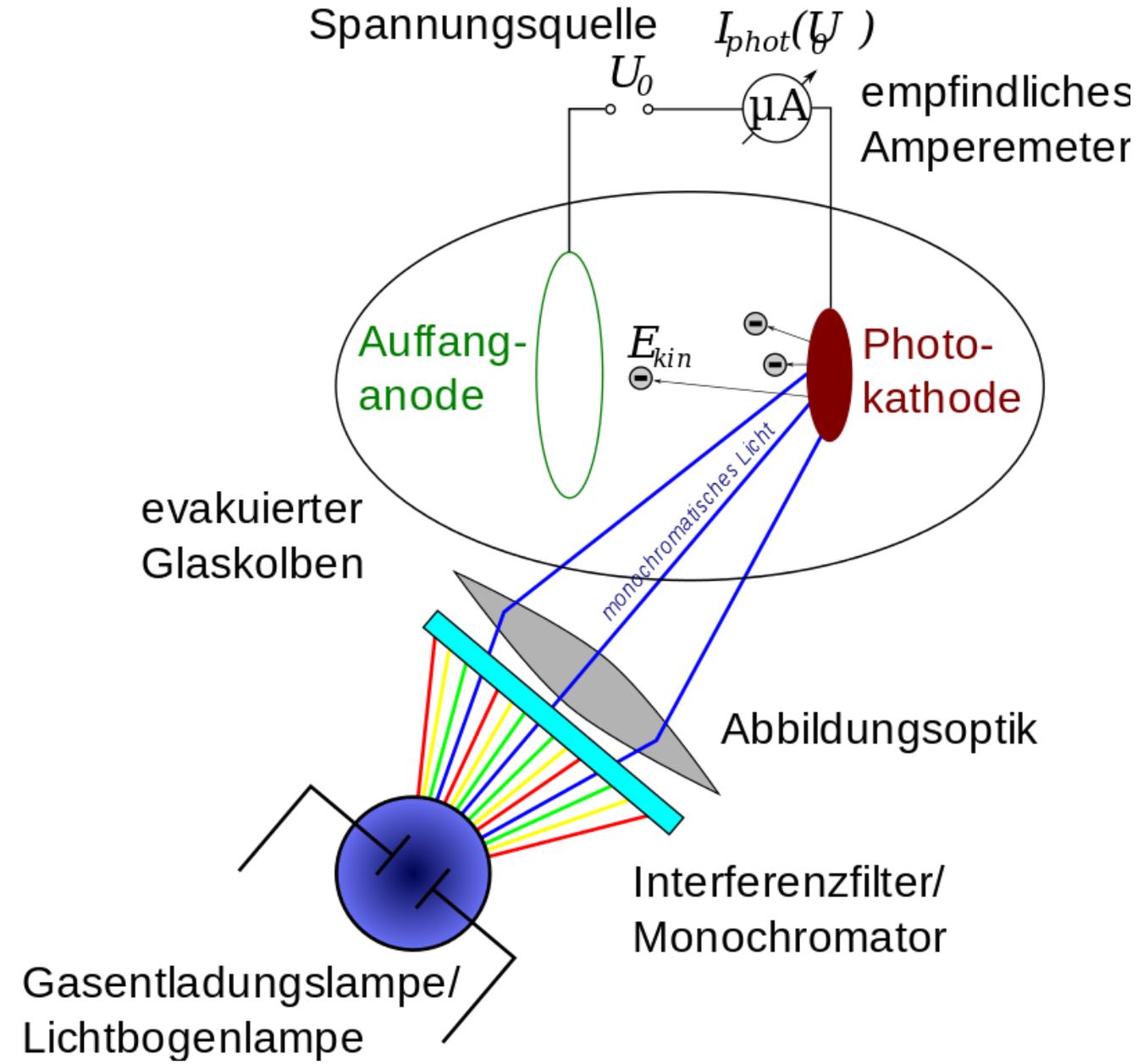


Material	Seebeck coefficient relative to platinum ($\mu\text{V/K}$)
Selenium	900
Tellurium	500
Silicon	440
Germanium	330
Antimony	47
Nichrome	25
Molybdenum	10
Cadmium, tungsten	7.5
Gold, silver, copper	6.5
Rhodium	6.0
Tantalum	4.5
Lead	4.0
Aluminium	3.5
Carbon	3.0
Mercury	0.6
Platinum	0 (definition)
Sodium	-2.0
Potassium	-9.0
Nickel	-15
Constantan	-35
Bismuth	-72

Welche der folgenden Materialien könnte ein potenziell vielversprechendes Thermoelektrikum sein?

- a) LiF im NaCl Typ → kein Potential
- b) Li₂Te im CaF₂ Typ → gutes Potential
- c) HgTe im ZnS-Typ → sehr gutes Potential
- d) GaAs → mittleres Potential
- e) Bi₂Te₃ → optimales Potential

1.3.



1.3.

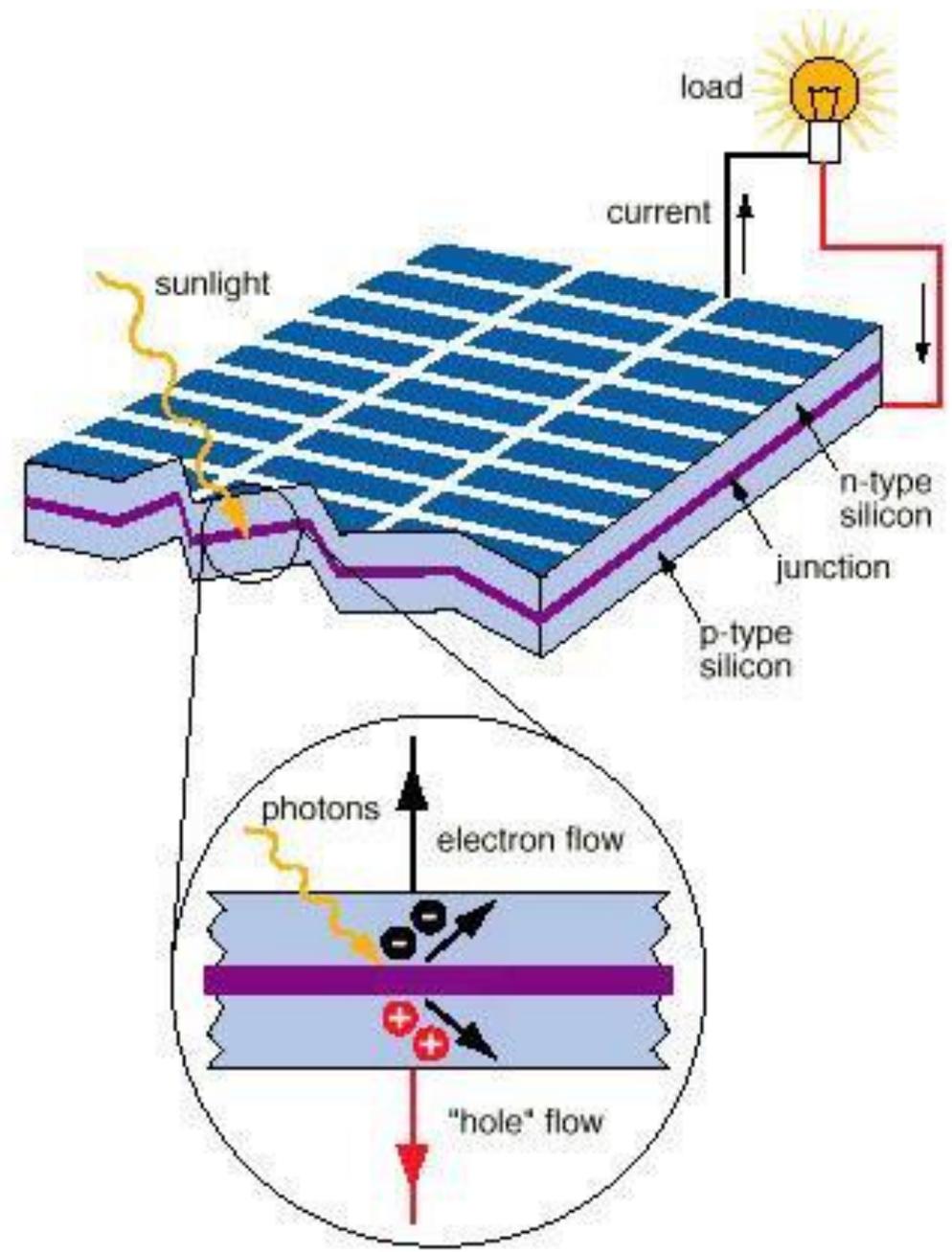


Tabelle 1.1: verwendete physikalische Konstanten

Planck-Konstante	h	$6.6260755 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Lichtgeschwindigkeit	c	$2.99792458 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Elementarladung	e	$1.60217733 \times 10^{-19} \text{ C}$

Tabelle 1.2: Austrittsarbeiten W_A und Grenzwellenlängen λ_0 einiger Metalle

Metall	$W_A [eV]$	$\lambda_0 [nm]$
Li	2.46	504
Na	2.28	543
K	2.25	551
Rb	2.13	582
Cs	1.94	639
Cu	4.48	277
Pt	5.36	231

Persistente Photoleitung wird in Strontiumtitanat-Einkristallen bei Raumtemperatur beobachtet. Nach Belichtung erhöht sich die freie Elektronen-Konzentration um zwei Größenordnungen und bleibt über Tage erhöht.

Tellur kristallisiert im gleichen Gitter wie graues Selen. Beide sind Halbleiter. Graues Selen ist ein Halbleiter, dessen Leitfähigkeit durch Licht verstärkt wird und wird für Selengeleichrichter und **Photoelemente** verwendet.

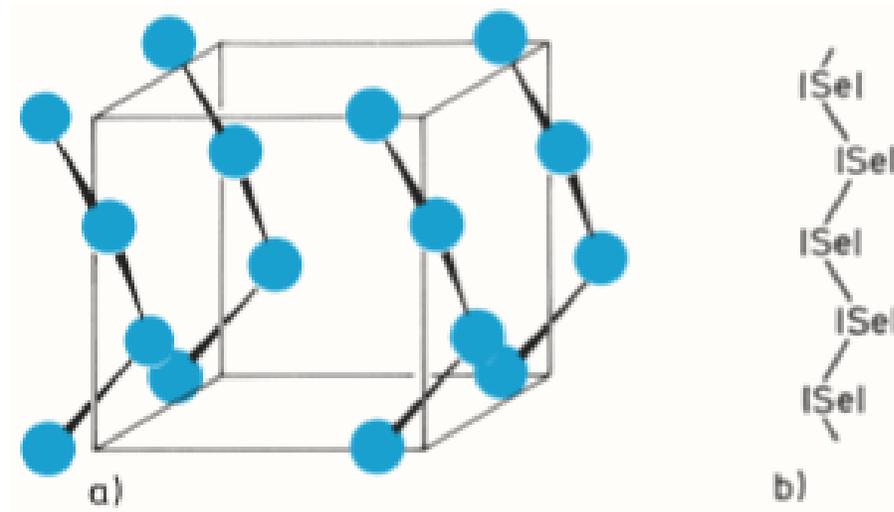


Abbildung 4.2 a) Struktur des grauen Sells. Das Gitter besteht aus unendlichen spiralförmigen Selenketten. In diesem Gitter kristallisiert auch Tellur.
b) Strukturformel einer Selenkette.

Sauerstoffatome bilden miteinander p - p - π -Bindungen. Bei Schwefel- Selen- und Telluratomen erfolgt die Valenzabsättigung durch zwei σ -Bindungen. Sie bilden daher eindimensionale Moleküle (Ringe oder Ketten) und sind im Gegensatz zum Sauerstoff bei Normaltemperatur kristalline Festkörper.

Welche der folgenden Materialien könnte für photoelektrische Anwendungen in Betracht gezogen werden?

a) Strontiumtitanat

→ Ja sehr gut (super gut!)

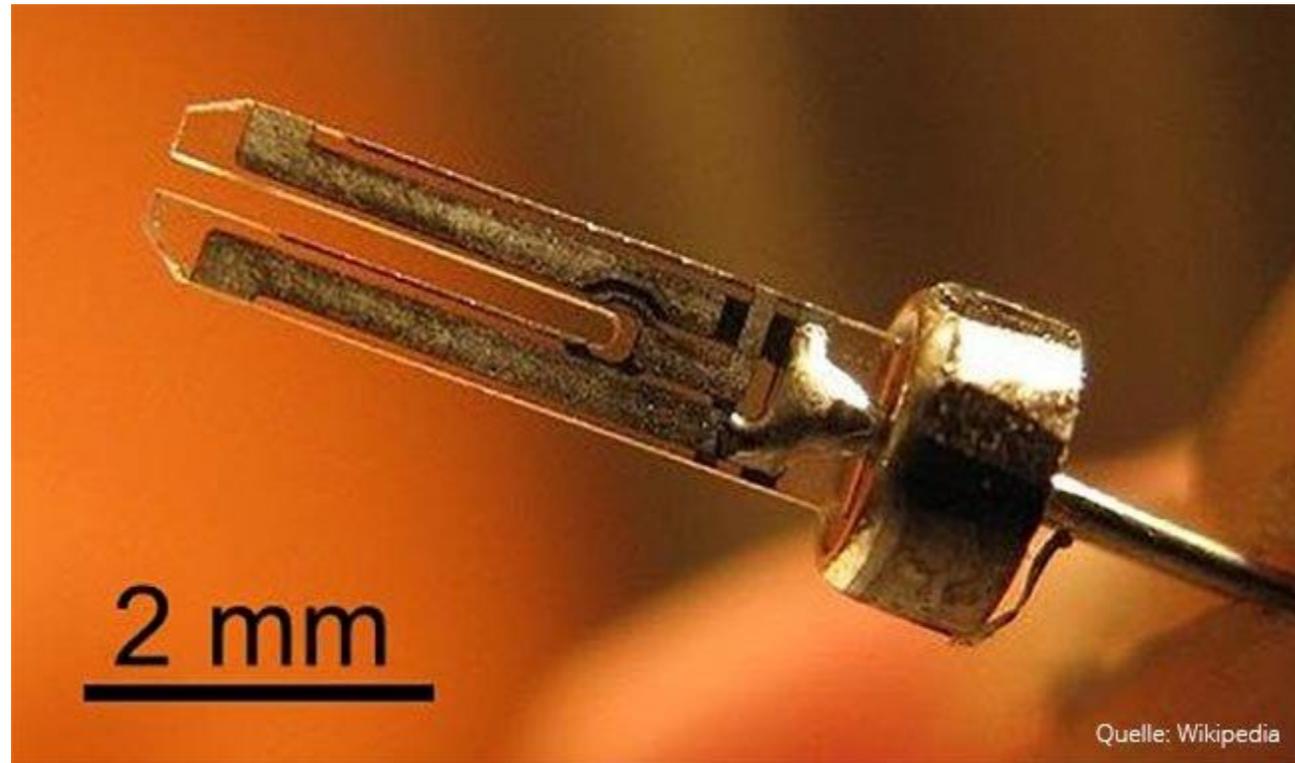
b) Tellur

→ kann auch in Betracht gezogen werden

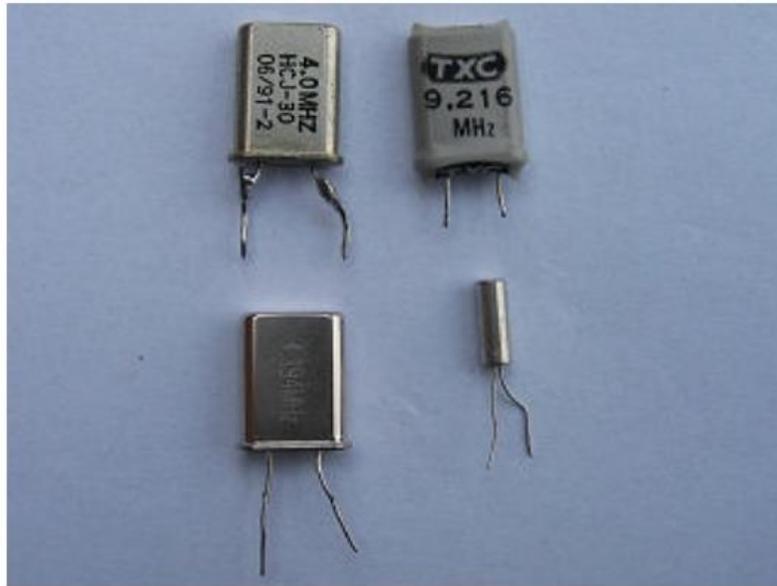
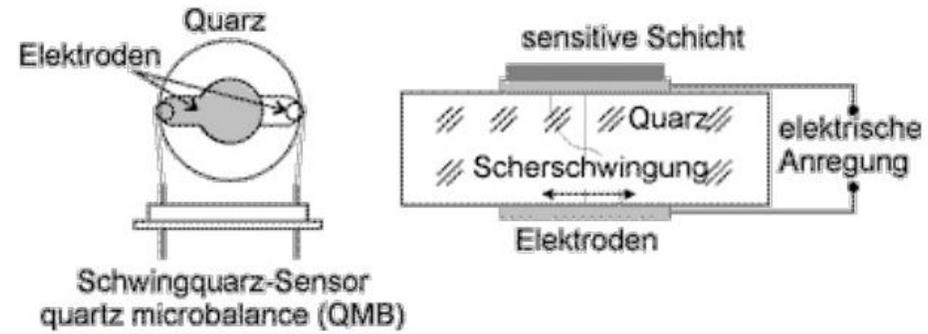
c) Diamant

→ sollt man nicht in Betracht ziehen, bringt gar nichts.

2. Die Quarz-Uhr: Das Paradebeispiel für Piezoelektrizität

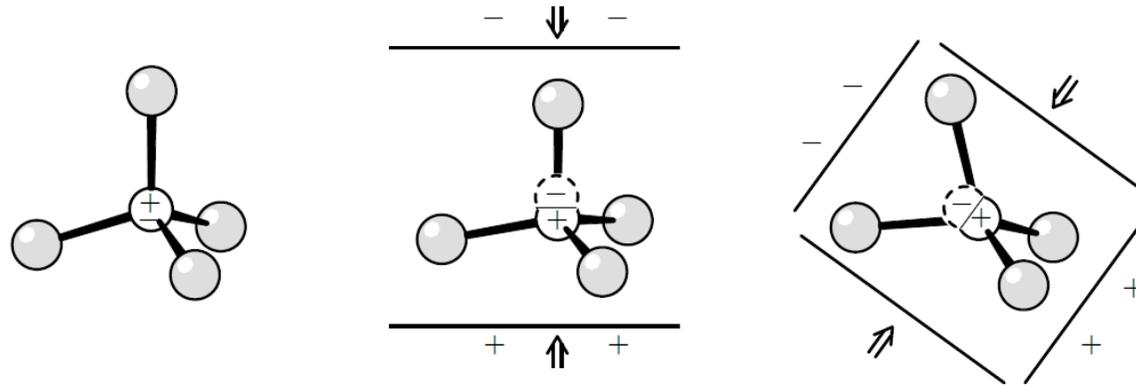


2. Die Quarz-Uhr: Das Paradebeispiel für Piezoelektrizität



2. Die Quarz-Uhr: Das Paradebeispiel für Piezoelektrizität

Anorganische Strukturchemie, Ulrich Müller, 6 Auflage 19.2 Piezo- und ferroelektrische Eigenschaften



Der beschriebene piezoelektrische Effekt ist umkehrbar. Bringt man den Kristall in ein äußeres elektrisches Feld, so deformiert er sich. Zinkblende, Turmalin, Ammoniumchlorid und Quarz sind Beispiele. Technisch wird der Effekt bei den Schwingquarzen genutzt, die in jeder elektronischen Uhr und in jedem Rechner als Taktgeber dienen. Der Schwingquarz ist eine Platte, die in der geeigneten Richtung aus einem Quarzkristall geschnitten wurde und auf die zwei Metallbeläge als elektrische Kontakte aufgebracht wurden. Durch elektrische Impulse wird der Quarz zu mechanischen Schwingungen angeregt, die eine genau definierte Frequenz haben und die ein entsprechendes elektrisches Wechselfeld erzeugen.

Frequenz des Schwingquarzes beträgt: $\nu=32768$ Hz