

Teil I

Festkörperphysik

Literatur

- Hunklinger: Festkörperphysik
- Kittel: Einführung in die Festkörperphysik
- N. W. Ashcroft, N. D. Merim: Festkörperphysik
- H. Ibach, H Luth: Festkörperphysik
- M. P. Marder: Condensed Matter Physics
- A. A. Abrikosov: Fundamentals of the Theory of Metals

Inhaltsverzeichnis

I	Festkörperphysik	i
1	Bindungskräfte	1
1.1	Klassen von Festkörpern	1
1.2	Fundamentale Konzepte	2
1.3	5 Bindungstypen	2
1.4	zweite Periode	2
1.5	Van-der-Waals-Bindung	3
2	Struktur der Festkörper	4
3	Strukturbestimmung und reziproke Gitter	4
4	Strukturelle Defekte	4
5	Gitterdynamik	4
6	Elastische Eigenschaften, Phononen	4
7	Isolatoren	4

8	Fermi-Gas freier Elektronen	4
9	Energiebänder und Fermiflächen/-surfaces	4
10	Dynamik von Kristallelektronen	4
11	Halbleiter	4
12	Magnetismus	4
13	Supraleitung	4

1 Bindungskräfte

- 1) Bindung in Festkörpern
 - (i) Bindungstypen
 - (ii) Bindungsenergie
- 2) Fluktuationsbindung
 - (i) Van-der-Waals-Kräfte
 - (ii) Lennard-Jones-Potential
 - (iii) Edelgaskristalle
- 3) Ionenbindung
 - (i) Bindungsenergie
 - (ii) Ionenkristalle
- 4) Kovalente Bindungen
- 5) Metallische Bindungen
- 6) Wasserstoffbrückenbindung

Festkörperphysik \rightarrow Eigenschaften fester Materialien

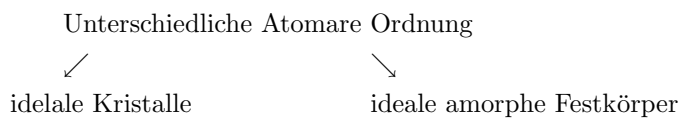
$\underbrace{\text{Atomkerne} + \text{Elektronen}}_{10^{23}}$

1.1 Klassen von Festkörpern

- Isolatoren
- Halbleiter
- Metalle
- Supraleiter

1.2 Fundamentale Konzepte

- Schrödingergleichung
- Pauli-Prinzip
- Coulombsche-Wechselwirkung
- Maxwellgleichungen
- Statistische Mechanik




1.3 5 Bindungstypen

- 1) Fluaktions-Bindung
- 2) Ionenbindung
- 3) Kovalente-Bindungen
- 4) metallische Bindungen
- 5) Wasserstoffbrückenbindung

1.4 zweite Periode

	Li	Be	B	C	N ₂	O ₂	F ₂	Ne
Bindungsenergie eV/Atom	1,6	3,3	5,8	7,4	4,9	2,6	0,8	0,02
Schmelztemperatur K	453	1560	2348	4765	62	54	53	24

metall. charakter. Bindung ↘ ↗ kovalente


 Molekülkristalle

Potential (Abstoßung) zwischen neutralen Atomen (Molekülen) mit abgeschlossener Elektronenschale

$$\phi(r) = \frac{A}{r^m}, \quad m = 12 \quad \text{oder} \quad \phi(r) = A' e^{r/\rho}$$

1.5 Van-der-Waals-Bindung

$$\begin{aligned}
 \varphi(r) &\sim \frac{\vec{P}_1 \vec{P}_2}{r^3} - \frac{3(\vec{P}_1 \vec{r})(\vec{P}_2 \vec{r})}{r^5} \\
 \vec{P}_1 \parallel \vec{P}_2 \rightarrow \varphi(r) &= -\frac{2P_1 P_2}{r^3} \\
 \varphi &\sim -\frac{P_1 P_2}{r^3} \sim \frac{1}{r^6}
 \end{aligned} \tag{1}$$

(1) heißt Van-der-Waal-Potential

$$\varphi(r) = \frac{A}{r^{12}} - \frac{B}{r^6} \equiv \underbrace{4\varepsilon \left[\left(\frac{\sigma}{r} \right)^{12} - (\sigma)^6 \right]}_{\text{Lennard-Jones-Potential}} \quad A = 4\varepsilon\sigma^{12}, \quad B = 4\varepsilon\sigma^6$$

Van der Waals Bindung → Bindungsenergie von Edalgaskristallen

2. Vorlesung

$$U_B = \frac{1}{2} \sum_m \phi_m = \frac{N}{2} \phi_m = 2N\varepsilon \sum_{n \neq m} \underbrace{\left[\left(\frac{\sigma}{r_{mn}} \right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r_{mn}} \right)^6 \right]}_{\text{Lennard-Jones-Potential}}$$

$$r_{mn} = R p_{mn}; \quad p_{mn} = 1, \underbrace{\sqrt{2}}_{\text{nächster}}, \underbrace{2}_{\text{übernächster}}, \dots$$

Bindungsenergie eines Kristalls mit N Atomen

$$U = 2N\varepsilon \left[\left(\frac{\sigma}{R} \right)^{12} \underbrace{\left(\frac{12}{1^{12}} + \frac{6}{\sqrt{2}^{12}} + \dots \right)}_{12,1319\dots} - \left(\frac{\sigma}{R} \right)^6 \underbrace{\left(\frac{12}{1^6} + \frac{6}{\sqrt{2}^6} + \dots \right)}_{14,4539\dots} \right]$$

fcc - force
centered
cubic,
kubisch
flächenzentrierte
Struktur

$$\begin{aligned}
 \left| \frac{dU_B}{dR} \right|_{R=R_0} &= 0 & \left| \frac{dU_B}{dR^2} \right|_{R=R_0} &> 0; \\
 R_0 &= 1,09\sigma & |U_B|_{\text{Atom}} &\sim 10^{-2} - 10^{-1} \text{ eV}
 \end{aligned}$$

- 2 Struktur der Festkörper
- 3 Strukturbestimmung und reziproke Gitter
- 4 Strukturelle Defekte
- 5 Gitterdynamik
- 6 Elastische Eigenschaften, Phononen
- 7 Isolatoren
- 8 Fermi-Gas freier Elektronen
- 9 Energiebänder und Fermiflächen/-surfaces
- 10 Dynamik von Kristallelektronen
- 11 Halbleiter
- 12 Magnetismus
- 13 Supraleitung