

Vorlesungsplan für die Vorlesung Experimentalphysik moderner Materialien: Halbleiterphysik

Prof. Jürgen Ristein, Technische Physik

Allgemeine Beschreibung:

Die Halbleiterphysik ist konzeptionell die Basis für das Verständnis elektronischer und opto-elektronischer Bauelemente. Dies gilt unverändert, obwohl mehr und mehr moderne Materialien und laterale Strukturierung auf der Nanometerskala zum Einsatz kommen, um neue Anwendungsfelder zu erschließen und die Leistungsfähigkeit klassischer Bauelemente zu verbessern. Die Vorlesung spannt einen Bogen von den fundamentalen festkörperphysikalischen Eigenschaften über die klassischen Bauelemente bis hin zu Heterostrukturen mit elektrochemisch aktiven Komponenten. Sie richtet sich an Studenten der Physik und der Materialphysik im Masterstudium, sowie explizit auch an interessierte Doktoranden aus der Technischen Fakultät, deren Arbeitsgebiet neuartige elektronische Materialien umfasst.

Voraussetzungen: Grundlagen der Elektrostatik in Materie, der Quantenmechanik und der Quantenstatistik.

Themengebiete mit Stichworten zum Inhalt:

Stöchiometrie und Struktur von Halbleitermaterialien	Stoichiometrisches Aufbauprinzip; Kristallstrukturen; (100) und (111) Oberflächen und Grenzflächenschnitte von kubischen HL; hexagonale HL, primitive und symmetrieangepasste Einheitszellen, niedrig-dimensionale Systeme; Graphen, Nanopartikel und Nanodrähte
Bandstruktur und Phononendispersion	k-Raum und Brillouin-Zone, Entartung, Zustandsdichten, Symmetrie mit Kurzausflug in die Gruppentheorie, Matricelemente, Wellenfunktionen und Normalmoden, Bandstrukturdarstellungen und deren Oberflächenprojektionen
Bandlücken und $\vec{k} \cdot \vec{p}$ -Näherung	Grundlagen $\vec{k} \cdot \vec{p}$ -Methode; Valenzbänder (lh, hh, so) und Leitungsbänder in direkten und indirekten HL; Luttinger-Parameter, Beispiele
Zustandsdichten und van-Hove Singularitäten	Allgemeiner Ansatz; Bandkanten-Zustandsdichten in 1,2,3 Dimensionen; Elektronen und Löcher, effektive Zustandsdichten; Graphen und Nanostrukturen
Störstellen und Dotierung von Halbleitern	Volumen- Modulations- und Transferdotierung; Aktivierung, Fermistatistik; Termschemata flacher Störstellen (wasserstoffähnlich), Excitonen, tiefe Störstellen
Transport in Halbleitern	Boltzmann-Gleichung, Relaxationszeitnäherung, Drude-Modell; Streumechanismen und deren Temperaturabhängigkeit; Halleffekt und Quantenhalleffekt, Lokalisierung und Hopping-Transport
Grundlagen elektronischer Bauelemente	Banddiagramme, Poisson-Gleichung und Fermistatistik; Ladungsträgerverarmung, -akkumulation, -inversion; Kontaktpotentialdifferenzen, Galvani- und Voltapotentiale
Elektronische Bauelemente 1	p-n-Übergang, Schottky-Dioden, thermionische Emission, Kennlinien, Austrittsaranpassung, MOS-Strukturen, Feldeffekt, C-V-Messungen- und Spektroskopie
Elektronische Bauelemente 2	Heterostrukturen mit organischen und elektrochemischen Komponenten, Graham-Gleichung, Red-Ox-Gleichgewichte, Brennstoffzelle und Batterie.
Optische Anregung von Halbleitern	Dielektrische Eigenschaften, Absorption, Lumineszenz, Photoleitung und Spektroskopische Methoden, direkte und indirekte Halbleiter, Exzitonen (Frenkel und Wannier), Rekombinationsmechanismen (Shockley-Read-Hall und Oberflächenrekombination), unipolare und ambipolare Diffusion, Oberflächenphotospannung
Gitterschwingungen und deren Spektroskopie	Phononen, Normalmoden, IR- und Ramanspektroskopie, Polaritonen, Elektron-Phonon-Kopplung, Polaronen
Photovoltaik und Photoelektrochemie	Funktionprinzip, p-n-Übergang unter Beleuchtung, Solarzellenkonzepte, Kenndaten, Grätzel-Zelle, Photoelektrochemische Zellen
Optoelektronische Bauelemente	Quantentröge und Quantenbarrieren; Leuchtdioden und Halbleiterlaser