

**Ebenen**

**Reflexionsgesetz  $\alpha = \beta$  (wird zum Lot hin genommen)**

**Strahlenversatz  $\Delta S$**

$$\Delta S = d \cdot \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos(\beta)}$$

**Brechungsgesetz  $n_1 \cdot \sin(\alpha) = n_2 \cdot \sin(\beta)$**

**Totalreflexion folgt aus Brechungsgesetz für  $n_1 > n_2$  &  $\beta = 90^\circ \Rightarrow \alpha_{\text{total}} = \arcsin(n_2/n_1)$**

**IMMER von  $n_1$  nach  $n_2$  geht nur von optisch dicker zu optisch dünner**

**Fresnelsche Formel  $|T| = p$ -Polarisation ist parallel zu Einfallsebene;  $|E| = s$ -Polarisation senkrecht**

**Brewster-Winkel  $R_p = 0$  kein  $p$ -polarisiert**

Wurde s-polarisierter Feldanteil wird reflektiert

$R_p = R_{TE} = 0 \rightarrow \tan(\alpha + \beta) = \infty \rightarrow \alpha + \beta = 90^\circ \rightarrow \beta = 90^\circ - \alpha \rightarrow$  Brechungsgesetz  $\rightarrow n_1 \cdot \sin(\alpha) = n_2 \cdot \sin(90^\circ - \alpha) \rightarrow n_1 \cdot \sin(\alpha) = n_2 \cdot \cos(\alpha)$

$\rightarrow \alpha_{\text{Brewster}} = \arctan(n_2/n_1)$

**Beer-Lambert  $I(l, \lambda) = I_0 \cdot \exp(-\alpha(l, \lambda) \cdot l)$**

Bei homogener Absorption wird auf jedem Längsschnitt die gleiche Menge Licht absorbiert.  $\rightarrow T(l) = \tau_l$

**Energieerhaltung  $R + T + A = 1$**

**Mehrfachreflexion  $\rightarrow T_{\text{ges}} = (1-R)^2 \cdot \tau \cdot (R \cdot T)^n$**

**Prisma  $n_1 \cdot \sin \varepsilon_1 = n_2 \cdot \sin \varepsilon_2$**

**Totalreflexion prisma**

**Dachkantaprisma**

**Dove-Prisma**

**Pentaprismen**

**Spiegel**

**Vorzeichenkonvention**

gemeinsam wird vom optischen Element

- nach links negativ/rechts positiv
- Winkel mathematisch positiv von Strahl zur optischen Achse

- Entfernung mit kleinen Buchstaben
- Gegenstand & Bild mit großen Buchstaben
- Von Gegenstand Parallelstrahl zu Spiegel, von dort Strahl durch Brennpunkt

**Strahlen**

Gegenstand	Größe	Seite
innerhalb f	vergrößert	richtig
ausserhalb f	vergrößert	virtuell
ausserhalb C & f	verkleinert	real
immer außerhalb	verkleinert	verkehrt

**Spiegel**

**① ebener Spiegel**

**② Hohl-/Wölbspiegel**

**③ Parabolspiegel**

**④ Sphärisch**

**Linsen**

**Formeln:**

$$f = \frac{1}{b} = \frac{1}{d} + \frac{1}{g}$$

**Vergroßerung:**

$$M = \frac{b}{g} = \frac{-b}{d}$$

$\tan(\alpha) = \frac{g}{d} = -\frac{b}{d}$

**Gleichlinse**

$$f = \frac{n_2}{n_1 - 1}$$

**Hilfspunktsstrahl (verbindet Hilfspunkt, Spiegel & Gegenstand)  $\rightarrow$  Einfall=Ausfall**

**Hauptstrahl (von Gegenstand auf Schwerpunkt sprießt durch & Spiegel)  $\rightarrow$  Austritt**

**Radius** Wenn man von der Mitte der Linse  $\rightarrow$  zum linken Rand geht befindet man sich auf der Kugel mit dem Radius  $R_1$ . Für den

**Plankonvexe Linse**  $f = \frac{n_2}{n_1 - 1}$

**Fresnel-Linse**

**Bildkonstruktion Spiegel (hier Bild  $\neq$  Fokus)**

**Bildkonstruktion Linse (dicken, sphärisch)**

**Linsenfehler**

(1) geometrische Abberation: Ursache: Linsenform (oft bei sphärisch) (2) chromatische Abberation Ursache: Wellenlängenabhängigkeit (Wellenlängenabhang.) → Korrektur durch Achromaten (3) sphärische Abberation (Strahlen, Ordnung verschiedener Wellenlängen kann nicht überlappen am Rand der Linse nicht im Fokus) → Korrektur asphärische Linse (4) Astigmatismus: Ursache: verschiedene Krümmungsradien fokussieren in verschiedenen Punkten (5) Kommafehler: Abstand der optischen Achse (Linsen)  $\rightarrow$   $H \neq 0$ -durchg.,  $g \neq 0$ -durchg.

**Polarisation** durch Absorption/Reflexion/Doppelbrechung

**Streuung**

**Gitter-Nutzbarer Spektralbereich (breitfall)**

**Superposition Quantenmechanik** Summe von Wellenfunktionen, die die Störstellen lösen, löst ebenfalls die Störstellen (Orthogonalität QM)

**Transparenz** (z.B. Glas) Keine

**Störstellenverschiebung** Temperaturbereich bei dem alle Störstellen ionisiert sind. Die thermisch induzierte Bewegung von Rumpftatomen um ihre Ruhe-Orte führt zu Gitterschwingungen (Gitterspitzen) **amphotischer Dotand** Dotand der im HL sowohl präzise als auch in dotieren kann. **Quartäre HL** Vier Komponenten die sich zu einem HL verbinden (tenz.  $\approx 3$ ) **entartete HL** bei stark dotiertem HL kann Fermi-Niveau des HL innerhalb eines Bandes liegen ( $\rightarrow$  Metallische Eigenschaften hohe Leitfähigkeit bei  $T \rightarrow$  niedrig))

**Fermi-Energie** Energie bei der Besetzungswahrscheinlichkeit für  $T=0$  genau  $1/2$  ist (berechnet elektrochemisches Potential im Gleichgewichtszustand). **Quasi-Fermi-Niveau** Störung des thermischen Gleichgewichtszustands → da Elektronen/Löcher unabhängig voneinander aufspaltung in 2 Terminkräfte  $\Psi(x) = U(x) \cdot \exp(i k x)$   $U(x) = u(x)$  **Raster-Tunnel-Mikroskop** extrem spitze Metallelektrode im Vakuum sehr dicht über Oberfläche eines Materials führen → durch Tunnel-Effekt Strom aus Metallspitze durch Potenzialbarriere in Atome an Oberfläche des Materials → nicht linearer Strom  $\rightarrow$  extrem hohe Auflösung (atomar) **Born-Oppenheimer Näherung** Näherung zur Vereinfachung der SGL von Systemen aus mehreren Teilchen → Bewegung langwelliger Teilchen gegenüber schnellen Teilchen vernachlässigt. **Grundrätige Berechnung elektronischer Wellenvektoren** (1) Pauli Prinzip (2) Gesamtenergie im Grundzustand minimal **Herstellung Dotierung** Eindiffusion = Dotierstoff mit HL-Kristall in Kontakt bringen → Ablagerung auf Oberfläche & ein-difundieren (3) Donorimplantation: ionisierte Dotieratome werden durch E-Feld beschleunigt und auf Fläche geschossen. Energie bestimmt Eindringtiefe  $\rightarrow$  Schaden an Oberfläche. Experimentell prüfen Kristallstruktur → Bestrahlen mit  $\lambda \Rightarrow$  Reflexion entsprechend Braggscher Streubedingung:  $2 \cdot d \cdot \sin(\alpha) = m \cdot \lambda \Rightarrow$  charakteristische Kristallstruktur **Operator** wird mit Menggröße anordnet **zustandsdichte harmonischer Oszillator**  $W_n = \hbar \omega (n+1/2) \rightarrow n(W) = \frac{W}{\hbar \omega} - \frac{1}{2} \rightarrow D(W) = 2n(W)/\partial W$  **Herleitung Phasengeschwindigkeit**  $v = s/t = \lambda/t = \lambda \cdot f; \lambda = 2\pi/k \rightarrow v = 2\pi f/k = \omega/k$  **Herleitung Mess**  $p = m \cdot a$  mit  $p = \partial/\partial t \cdot h \cdot u$ ,  $a = \partial/\partial t \cdot v_0 = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 W}{\partial t^2}$ , mit  $\omega = \hbar \omega / m$  **Bestimmung**  $\frac{2}{\partial t} \frac{\partial W}{\partial t} = m \frac{2}{\partial t} \frac{\partial W}{\partial u} + \frac{1}{h} \frac{\partial u}{\partial t} \rightarrow \frac{\partial u}{\partial t} = m \cdot \frac{1}{h} \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} \rightarrow m \omega = \hbar^2 \left( \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} \right)$  **Flächenwiderstand** (1) Vier-Punkt-Messung (2) Van-de-Pauw

**Brechungsdicke**

**Beweglichkeit  $\mu$**

**sammellinse dünn**

**Abbiegeinvariante**

**Kristallherstellung-Zonenwelen [Zonenwachstanz]**

**Raster-Tunnel-Mikroskop**

**Nadelgalvanometer**

**elekt. Spannung**

**Oberfläche**

