

Zusammenfassung vom 08.02.2011

LEED

low-energy electron diffraction

→ Standardmethode zur Analyse der Oberflächenstruktur

Elektronen-Energie

→ $E_{\text{el}}^{\text{LEED}} \approx 10 - 1000 \text{ eV}$ → $\lambda_{\text{el}}^{\text{LEED}} \approx 1 - 120 \text{ nm}$

→ Elektronen dringen wegen starker Coulomb-Wechselwirkung nur wenige Atomlagen tief in die Oberfläche ein

Eindringtiefe

→ $\lambda_{\text{freieWeglänge}} \leq 1 \text{ nm}$ *mittlere freie Weglänge der Elektronen bei den im LEED verwendeten Energien*

Messprinzip

→ ein mittels Glühemission erzeugter Elektronenstrahl wird *senkrecht* auf die Probe beschleunigt.

→ die elastisch *rückgestreuten* Elektronen werden auf einem Fluoreszenzschirm sichtbar gemacht

→ wegen der *stabförmigen* Struktur des 2D reziproken Raumes gibt es für $k_{\text{el}} > (\frac{1}{2} \text{ Abstand der Stäbe})$ immer Beugungsreflexe

→ eine Überstruktur zeigt sich als zusätzliche Reflexe *zwischen* den Beugungsreflexen, wenn die Struktur im Realraum eine größere Periode hat als das ungestörte Oberflächennetz

SPA-LEED

spot-profile-analysis LEED

- erlaubt durch Abrastern des Beugungsbildes eine Analyse der einzelnen Reflexe
- in der Feinstruktur der Reflexe steckt Information über großflächige Korrelationen an der Oberfläche, z.B. Größe oder Verkipfung der einkristallinen Bereiche an der Oberfläche

RHEED

reflection high-energy electron diffraction

- Messung erfolgt unter *streifendem* Einfall

Elektronen-Energie

- $E_{\text{el}}^{\text{RHEED}} \approx 5 - 50 \text{ keV}$ → $\lambda_{\text{el}}^{\text{RHEED}} \approx 0.025 - 0.25 \text{ nm}$

Eindringtiefe

- Elektronen dringen trotz hoher Energie wegen des streifenden Einfalls nur wenige Atomlagen tief in die Oberfläche ein

Messprinzip

- der Elektronenstrahl wird unter *streifendem* Einfall auf die Probe beschleunigt.
- die elastisch rückgestreuten Elektronen werden auf einem Fluoreszenzschirm sichtbar gemacht
- wegen des großen Radius ist die Ewald-Kugel fast *flach* und führt beim Durchstoßen der reziproken Stäbe zu *streifenartigen* Reflexen, die auf (Laue-) *Halbkreisen* angeordnet sind

RHEED

→ bei *rauen* Oberflächen, z.B. Inselwachstum, *durchdringt* der Elektronenstrahl die Erhebungen und erzeugt ein *volumenartiges* Beugungsbild (wie beim Röntgen), das dem typischen RHEED-Bild überlagert ist

Austrittsarbeit (*work function*)

minimale Energie, um ein Elektron aus dem Innern zu einem Punkt gerade außerhalb des Festkörpers zu bringen

→ „gerade außerhalb“ bedeutet ein Abstand, der *groß* gegenüber den *atomaren* Dimensionen, aber *klein* gegenüber den *Abmessungen* des Festkörperkristalls ist

periodisches Potential

$$U^{\text{inf}}(\vec{r}) = \sum_{\vec{T}} v(\vec{r} - \vec{T})$$

periodisches Potential im unendlich großen Kristall

\vec{T} = *Translationsvektor*

mit
$$v(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{\text{WSZ}} d^3r' \rho(\vec{r}') \frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|}$$

periodisches Potential in der Wigner-Seitz-Zelle (WSZ)

Taylor-Entwicklung um r

$$\begin{aligned} \frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|} &= \frac{1}{r} - (\vec{r}' \cdot \vec{\nabla}) \frac{1}{r} + \frac{1}{2} (\vec{r}' \cdot \vec{\nabla})^2 \frac{1}{r} + \dots \\ &= \frac{1}{r} + \frac{\vec{r}' \cdot \hat{\vec{e}}_{\vec{r}}}{r^2} + \frac{3(\vec{r}' \cdot \hat{\vec{e}}_{\vec{r}})^2 - r'^2}{r^3} + \frac{1}{r} \mathcal{O}\left(\left(\frac{r'}{r}\right)^3\right) \end{aligned} \quad \hat{\vec{e}}_{\vec{r}} = \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|} = \frac{\vec{r}}{r}$$

Multipolentwicklung des Potentials

$$\rightarrow v(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{p} \cdot \hat{\vec{e}}_{\vec{r}}}{r^2} + \mathcal{O}\left(\frac{1}{r^3}\right)$$

mit

$$Q = \int_{\text{WSZ}} d^3r' \rho(\vec{r}')$$

*Ladung in der
WSZ*

$$\vec{p} = \int_{\text{WSZ}} d^3r' \vec{r}' \rho(\vec{r}')$$

*Dipolmoment
in der WSZ*