
Rastertunnelmikroskop

Friedrich Schüßler und Volker Karle

4. September 2014

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | Problem title | 1 |
| 1.1 | Theoretische Grundlagen | 1 |
| 1.1.1 | Überblick | 1 |
| 1.1.2 | Grundlagen der Festkörperphysik | 1 |
| 1.2 | Grundlagen der Festkörperoberflächen | 1 |



Abbildung 0.1: Easy Scan 2 STM: Rastertunnelmikrosko

1 PROBLEM TITLE

1.1 THEORETISCHE GRUNDLAGEN

1.1.1 ÜBERBLICK

In der Rastertunnelmikroskopie wird die Oberfläche von Festkörpern untersucht. Dabei wird der quantenmechanische Tunneleffekt ausgenutzt, der einen minimalen Stromfluss dort erlaubt, wo klassisch die Potentialbarriere zu hoch wäre. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Elektron durch die Barriere "tunnelt", hängt stark von der Breite derselben ab – daher kann der Tunnelstrom als Messgröße für die Entfernung zwischen Spitze und Oberfläche benutzt werden. Mit Hilfe des entsprechenden theoretischen Zusammenhanges und Modellen aus der Festkörperphysik können so Bilder von der Oberfläche gemacht werden und Parameter wie die Gitterkonstante berechnet werden. Untersucht werden in diesem Versuch die Oberflächen von Graphit, einer mit Gold beschichteten Struktur und des Halbleiters MoS₂.

1.1.2 GRUNDLAGEN DER FESTKÖRPERPHYSIK

Wir gehen in unserer Beschreibung der untersuchten Metalle und Halbleiter vom Bändermodell aus. Durch die gegenseitige Beeinflussung der Atome im Gitter werden die im Einzelatom noch stark voneinander abgetrennten Energie-Eigenzustände der Elektronen aufgespalten und folgen so dicht aufeinander, dass Elektronen sehr leicht zwischen den einzelnen Zuständen wechseln können. Die atomaren Energieniveaus bleiben jedoch zum Großteil soweit getrennt, dass klar definierte "Bänder" entstehen. Das für $T = 0 \text{ deg K}$ äußere Energieband ist das Valenzband. Die zur chemischen Bindung beitragenden Elektronen gehören genau diesem Band an (Valenz = Bindung, Valenzelektronen). Das über dem Valenzband liegende Band wird als Leitungsband bezeichnet. Elektronen im Leitungsband sind räumlich nicht mehr gebunden, da sich die Orbitale der jeweiligen Atome überlagern – diese Elektronen können daher leicht Energie eines elektrischen Feldes aufnehmen und sich in dem Gitter bewegen.

1.2 GRUNDLAGEN DER FESTKÖRPEROBERFLÄCHEN

Bei der Beobachtung der Oberflächen von Festkörpern sind die Modelle unendlich ausgehnter Kristallgitter nur teilweise zu verwerten, da an den Oberflächen oft zusätzliche Effekte auftreten. Eine Kategorisierung wird von Henzler und Göpel [?] gegeben (Abb.: 1.1). Grundsätzlich kann es Abweichungen der regelmäßigen, dreidimensionalen Oberflächenstruktur in null, ein, zwei oder drei Dimensionen geben. Letztere sind Abweichungen der unterliegenden Baustuktur, die zum Teil eine Mosaikstruktur bilden, die sich auch auf größere Skalen erstrecken. Zweidimensionale Strukturen tauchen als großflächige Überstrukturen oder kleinere Facetten auf.

Zur mathematischen Beschreibung werden die Gittervektoren aus dem Ortsraum benutzt, die in der Oberfläche liegen. Ausreichend sind meistens jene aus der obersten Atomschicht. Die Atome befinden sich dann an den Positionen

$$\mathbf{r} = m_1 \mathbf{a}_1 + m_2 \mathbf{a}_2, \quad (1.1)$$

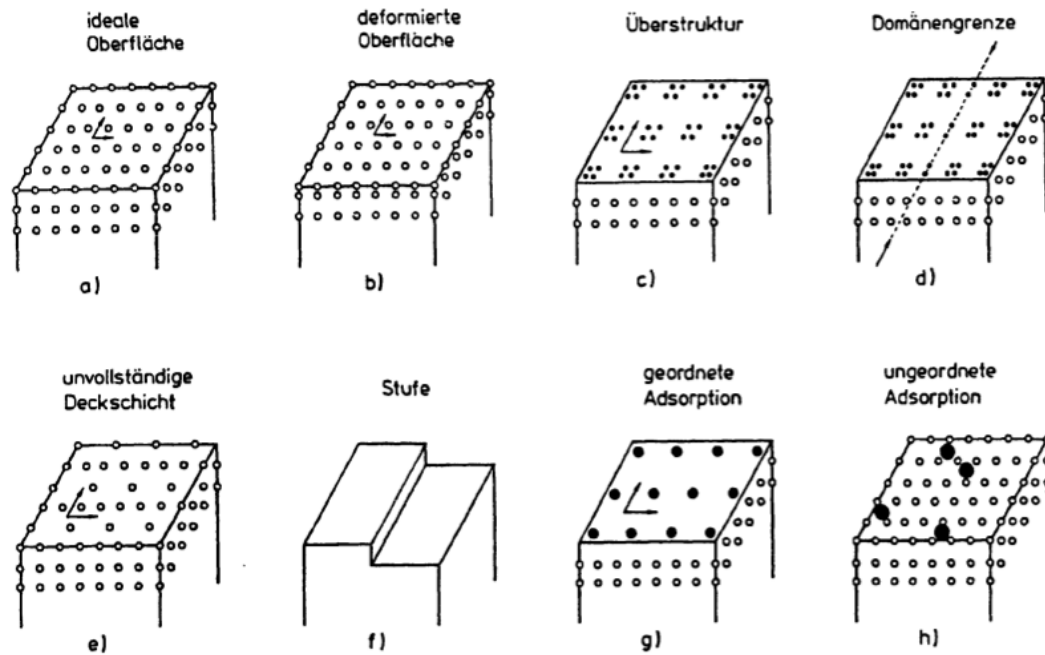


Abbildung 1.1: Die ideale Oberfläche und einige mögliche Oberflächenstrukturen, aus [?]

wobei nach Konvention $|\mathbf{a}_1| \leq |\mathbf{a}_2|$ und $\gamma = \angle(\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2) > 90^\circ$ der Winkel zwischen den beiden Vektoren ist. Da die Atome in einer Ebene liegen, ist die Anzahl möglicher Anordnungen, die sog. Bravais-Netze, deutlich kleiner als für einen 3D-Kristall. Es gibt genau fünf, wie in Abb. 1.2 gezeigt [?]. Zur vollständigen Beschreibung fehlen dann allerdings noch die Angaben zur Lage der Oberflächenatome relativ zur darunter befindlichen Basis. Zur Beschreibung der Oberfläche nehmen wir zuerst die ideale Oberfläche, d. h.

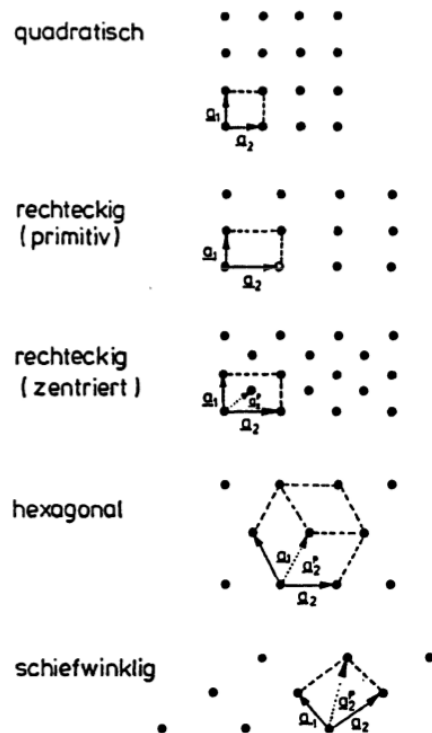


Abbildung 1.2: Bravais-Gitter zur Oberflächenstrukturbeschreibung. Die kleinstmöglichen Zellen sind in den unteren drei Gittern mit \underline{a}_2^p beschriftet. Aus [?]