

Fortgeschrittenenpraktikum

Versuch 3: Grundlagen der Raster-Tunnel-Mikroskopie

Ort: Labor P 006

Die Rastertunnelmikroskopie (STM = Scanning Tunneling Microscope) ist der Vorläufer einer Reihe moderner rasternder Charakterisierungsverfahren für Festkörperoberflächen. Dabei wird ein Tunnelstrom als sehr lokale und stark abstandsabhängige Wechselwirkung zwischen einer Sonde – der Tunnelspitze – und der elektrisch leitfähigen Oberfläche für ein bildgebendes Verfahren ausgenutzt. Der Entwicklung des STM Anfang der 80er Jahre folgte die Etablierung einer Reihe weiterer rasternder Verfahren, die eine örtlich begrenzte Wechselwirkung zwischen Sonde und Spitze ausnutzen; die bedeutsamsten darunter sind außerdem das Rasterkraftmikroskop (AFM = Atomic Force Microscope) und das optische Nahfeldmikroskop (SNOM = Scanning Nearfield Optic Microscope).

Der Durchbruch für das STM war die Strukturaufklärung der Si(111) 7×7 Oberflächen-Rekonstruktion. Es war erstmals möglich, Atompositionen im Realraum abzubilden, was den Vätern des STM Gerd Binnig und Heinrich Rohrer zum Nobelpreis für Physik im Jahre 1986 verhalf. Davor konnten Beugungsverfahren nur Ergebnisse im reziproken Raum liefern, wobei die Rückrechnung auf die Atomorte bei komplizierten Strukturen nicht trivial ist. Auch heute noch ist die Strukturaufklärung ein Teil der aktuellen Forschung, wobei vorrangig Überstrukturen von adsorbierten Atomen und Molekülen Gegenstand der Untersuchungen sind. Die Leistungsfähigkeit des STM ist jedoch nicht auf das Abbilden mit atomarer Auflösung beschränkt. Durch Aufnehmen von Strom-Spannungs-Kennlinien bzw. bei Anwendung von Modulationstechniken ist auch ein spektroskopischer Betrieb möglich. So konnten beispielsweise Bandlücken zwischen Valenz- und Leitungsband bei Halbleitern oder auch das bei $T < T_C$ sich ausbildende Gap in der Zustandsdichte bei Supraleitern gemessen werden. Darüber hinaus sind Manipulationen einzelner Moleküle und Atome möglich geworden. Mit der Tunnelspitze werden diese definiert auf der Oberfläche bewegt und zu beliebigen Mustern angeordnet, was für die Durchführung neuartiger Experimente eine neue Qualität brachte.

Im Praktikumsversuch werden aufgedampfte Gold-Filme untersucht sowie atomare Auflösung an Graphit-Proben versucht.

Mess-/Arbeitsprogramm:

1. Präparation von Tunnelspitzen aus PtIr.
2. Untersuchung der Oberfläche von hochorientiertem pyrolytischen Graphit (HOPG), wobei atomare Auflösung angestrebt wird.
3. Messung des Zusammenhangs zwischen Tunnelstrom und Spitze-Probe-Abstand.
4. Untersuchung mit Gold bedampfter Cluster.

Stichwortverzeichnis:

Tunneleffekt, Fermi-Niveau, Kristalle und Gitterkonstante, Bändermodell, Metalle und Halbleitende, Oberflächenrauigkeit, Fourier-Transformation

Literatur:

Weißmantel, Ch., Hamann, C.: Grundlagen der Festkörperphysik, Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1981

Hamann, C., Hietschold, M.: Raster-Tunnel-Mikroskopie, Akademie-Verlag, Berlin 1991*

Güntherodt, H.-J., Wiesendanger, R.: Scanning Tunneling Microscopy I-III *

Landau, L. D., Lifschitz, E. M.: Lehrbuch der Theoretischen Physik, Quantenmechanik
Bd. 3, 1974

Physikalische Blätter 43, 1987, S. 282-290

Tipler, P. A.: Physik, S. 1380-1383 *

L. Koenders, L.: Das Rastertunnelmikroskop eine „Pinzette für Atome“, Physik unserer Zeit
24. Jg. Nr.6, S260-265 *

M. Lackinger, M.: Versuchsanleitung Raster-Tunnel-Mikroskop *

* In der Literaturliste enthalten.

Liste der Geräte/Aufbauten:

1. Raster-Tunnel-Mikroskop der Fa. Nanosurf mit Controller und Computer
2. Diverse Proben sowie Arbeitsmaterial zur Herstellung der Spitzen.

Wichtige Hinweise:

- Die Spitze mit größter Sorgfalt behandeln: Von der Qualität der Sonde hängt das Ergebnis der Bildaufnahme und somit die Zufriedenheit des Experimentators ab.
- Während der Messungen Erschütterungen, Vibrationen, Luft- und Körperschall vermeiden.
- Der Spitzen- und Probenwechsel ist nur bei abgeschaltetem Controller durchzuführen.