

05 Auswertung

In diesem Kapitel wird gezeigt, wie aus den ermittelten Messwerten die Informationen zur Darstellung der Bandstruktur gewonnen werden können.

Wir betrachten zunächst den Vorgang der Emission der Elektronen genauer:

Die Elektronen im Festkörper besitzen nur eine geringe Energie. Passieren sie die Grenzfläche des Kristalls so wird in diesem eine Spiegelladung erzeugt, welche das Elektron wieder anzieht. Es kann den Festkörper nicht gänzlich verlassen.

Makroskopisch gleicht dieser Vorgang einer Reflexion des Elektrons an der Oberfläche des Festkörpers.

Bei der Bestrahlung des Festkörpers mit Licht erfolgen Energie- und Impulsübertrag an das Elektron.

Beim Praktikumsversuch wird dazu UV-Licht verwendet, bei dem jedoch der Photonenimpuls wesentlich kleiner als der der Elektronen ist. Zur Vereinfachung kann daher der Impulsübertrag vernachlässigt werden.

Das Elektron hat nun ausreichend Energie um den Festkörper zu verlassen. Der Wellenzahlvektor lässt sich in seine Komponenten parallel und senkrecht zur Kristalloberfläche zerlegen. Da beim Austritt lediglich die Austrittsarbeit überwunden werden muss, bleibt die parallele Impulskomponente erhalten. Die Komponente senkrecht zur Kristalloberfläche verringert sich jedoch. Makroskopisch erscheint der Austritt wie eine Brechung des Elektrons an der Oberfläche des Festkörpers mit dem Austrittswinkel α .

Da außerhalb des Festkörpers ein Vakuum herrscht, gilt hier die Energie – Impuls Beziehung für freie Elektronen. Wir bestimmen die kinetische Energie der Elektronen im Energieanalysator und können durch Umstellen der Gleichung Rückschlüsse auf den Wellenzahlvektor k' des Elektrons außerhalb des Festkörpers machen.

k' unterscheidet sich jedoch vom Wellenzahlvektor des Elektrons im Festkörper. Wir können dennoch Aussagen über die parallele Komponente von k im Festkörper treffen, indem wir den Austrittswinkel berücksichtigen.

Für unseren Versuch und für das Verständnis des Prinzips der Photoelektronenspektroskopie sollen diese Betrachtungen genügen.

Als Ergebnis der Messung erhalten wir für verschiedene Winkel das Energiespektrum, also Intensität gemessen als die Anzahl der emittierten Elektronen in Abhängigkeit von ihrer Energie. Daraus können wir nun die Bandstruktur – also die Bindungsenergie in Abhängigkeit von der parallelen Komponente des k Vektors darstellen.

Im Energiespektrum sehen wir eine Kante bei ca. 16 eV. Dies ist die maximale Energie, die die Elektronen besitzen. Sie hängt von der Fermienergie und der Energie der anregenden Photonen ab. Das bedeutet, dass diese Elektronen sehr schwach gebunden waren. Die übrigen Elektronen besitzen eine geringere kinetische Energie, da beim Herauslösen zusätzlich noch die Bindungsenergie

überwunden werden musste. Demnach ist der Abstand von dieser maximalen Energie zu den gemessenen Energien gleich der Bindungsenergie der entsprechenden Elektronen.

Weiterhin erkennen wir Maxima, die uns sagen, dass ein Großteil der Elektronen diesen entsprechenden Energiewert besitzt. Sie beschreiben also mögliche Energiezustände der Elektronen. Der Untergrund kommt durch Elektronen zu Stande, die bei der Emission einen Energieverlust durch inelastische Streuung im Festkörper erfahren haben. Für die Analyse der Bandstruktur sind also nur die Energiewerte der Maxima interessant. Das erste Maximum im Beispiel finden wir bei 12 eV.

Die Bindungsenergie können wir leicht, als Abstand zwischen der kinetischen Energie bei der sich das Maximum befindet und der maximal auftretenden Energie ablesen. In diesem Beispiel sind es - 4 eV.

Die parallele Komponente des k-Vektors berechnen wir wie im vorigen Abschnitt dargestellt über die Impulserhaltung.

$$k_{\parallel} = \sqrt{\frac{E_{\text{kin}} 2m}{\hbar^2}} \sin \alpha$$

Wobei sich die kinetische Energie und der Winkel α aus den Messwerten ergeben.

Es errechnet sich die parallele Komponente von k: In unserem Beispiel sind dies $3,7 \cdot 10^9 \text{ m}^{-1}$

Wir tragen den entsprechenden Punkt im E(k) Diagramm ein.

Dies wird für alle weiteren Maxima unter den entsprechenden Winkeln durchgeführt.

Bei 5 eV

und für weitere Winkel

Mit der Annahme, dass die Energiezustände quasikontinuierlich verteilt sind, können wir die Punkte verbinden und erhalten so das Bänderschema mit Energiebändern und Bandlücken.