

V602

Röntgenemission und -absorption

Amelie Hater
amelie.hater@tu-dortmund.de

Ngoc Le
ngoc.le@tu-dortmund.de

Durchführung: 09.04.2024

Abgabe: 16.04.2024

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung	3
2	Theorie	3
2.1	Röntgenstrahlung	3
2.2	Absorption von Röntgenstrahlung	5
2.3	Vorbereitungsaufgaben	5
	Anhang	5
	Originaldaten	5

1 Zielsetzung

Das Ziel des Versuchs ist die Aufnahme und anschließende Analyse von Absorptionsspektren verschiedener Materialien und des Emissionsspektrum einer Kupferröntgenröhre.

2 Theorie

2.1 Röntgenstrahlung

Die Röntgenstrahlung wird in einer evakuierten Röhre dadurch erzeugt, dass durch eine anliegende Spannung beschleunigte Elektronen auf ein bestimmtes Anodenmaterial prallen. Die freien Elektronen wurden zuvor von einer Glühkathode emittiert. Das vom Zusammenstoß stammende Röntgenspektrum kann in ein kontinuierliches Bremspektrum und eine charakteristische Röntgenstrahlung unterteilt werden.

Das Bremspektrum entsteht bei der Abbremsung des Elektrons im Coulombfeld der Atomkerne des Anodenmaterials. Die dadurch ausgesandten Photonen besitzen genau die Energie, die das Elektron durch das Abbremsen verloren hat. Das Bremspektrum ist kontinuierlich, da ein Elektron sowohl seine gesamte kinetische Energie auf einmal abgeben kann, als auch nur Teile davon. Die maximal mögliche Energie hängt dabei ausschließlich von der Beschleunigungsspannung ab. Das Bremspektrum ist schematisch in Abbildung (1) zu sehen. Die aus der maximalen Energie ableitbare minimale Wellenlänge lässt sich durch

$$\lambda_{\min} = \frac{h \cdot c}{e \cdot U} \quad (1)$$

beschreiben. Dabei ist h das Plancksche Wirkungsquantum, c die Lichtgeschwindigkeit, e die Elementarladung und U die angelegte Beschleunigungsspannung.

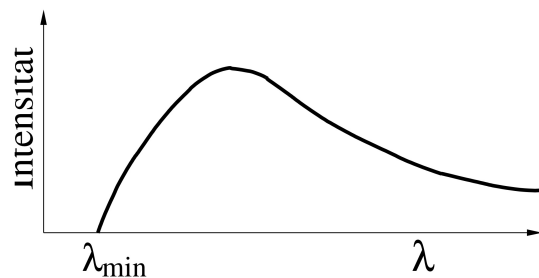


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Bremspektrums.

Das charakteristische Röntgenspektrum ist abhängig vom Material der Anode. Es entsteht dadurch, dass das Anodenmaterial ionisiert wird, wodurch eine leere Elektronenschale entsteht. In diese leere Schale fällt dann ein Elektron aus einer höheren Schale herein und gibt die Energiedifferenz der Schalen als Röntgenquant ab. Daher besteht das charakteristische Röntgenspektrum aus scharfen Linien, die mit den Buchstaben K_α , K_β , L_α , etc.

bezeichnet werden. Der Großbuchstabe gibt dabei die Schale an, in die das Elektron hineinfällt und die griechischen Buchstaben geben an, aus welcher Schale es kommt. Die Bindungsenergie E_n der einzelnen Elektronen in der n-ten Schale kann durch die Formel

$$E_n = -R_\infty \cdot z_{\text{eff}}^2 \cdot \frac{1}{n^2} \quad (2)$$

beschrieben werden. R_∞ ist hier die Rydbergenergie und z_{eff} die effektive Kernladung, für die $z_{\text{eff}} = z - \sigma$ mit z als Kernladungszahl und σ als Abschirmkonstante gilt. Die Abschirmkonstanten können durch folgende Formen für die Energien der Cu- K_α - und der Cu- K_β - Linie

$$E_{K,\text{abs}} = R_\infty \cdot (z - \sigma_1)^2 \quad (3)$$

$$E_{K,\alpha} = R_\infty \cdot \left(\frac{1}{n}\right)^2 \cdot (z - \sigma_1)^2 - R_\infty \cdot \left(\frac{1}{m}\right)^2 \cdot (z - \sigma_2)^2 \quad (4)$$

$$E_{K,\beta} = R_\infty \cdot \left(\frac{1}{n}\right)^2 \cdot (z - \sigma_1)^2 - R_\infty \cdot \left(\frac{1}{l}\right)^2 \cdot (z - \sigma_3)^2 \quad (5)$$

bei Vernachlässigung des Drehimpulsbeitrages berechnet werden. Für Kupfer gilt dabei $n = 1, m = 2$ und $l = 3$.

2.2 Absorption von Röntgenstrahlung

Der Compton- und der Photoeffekt sind die beiden wichtigsten Prozesse bei der Absorption von Röntgenstrahlung mit einer Energie von unter 1MeV.

2.3 Vorbereitungsaufgaben

Zur Vorbereitung sollen die Energien der Cu- K_α - und der Cu- K_β - Linie recherchiert werden. Zu diesen Energien wird der Glanzwinkel Theta des Briggs Kristalls mit Formel (??) bestimmt. Der Briggs Kristall ist ein LiFI Kristall mit Gitterkonstante $d = 201,4\text{pm}$. Die sich ergebenden Werte sind

$$K_\alpha = 8\text{keV}$$

$$\theta_\alpha = 22,63^\circ$$

$$K_\beta = 8,91\text{keV}$$

$$\theta_\beta = 20,21^\circ.$$

Zusätzlich sollte die Literaturwerte der K-Kante recherchiert und die dazugehörigen Braggwinkel und Abschirmkonstanten für verschiedene Materialien berechnet werden. Berechnet wurden die Werte mithilfe von Formel (??) und (??). Sämtliche Werte befinden sich sortiert nach Ordnungszahl z in Tabelle (1).

Tabelle 1: Literaturwerte der K-Kante mit dazugehörigen Braggwinkel und Abschirmkonstanten verschiedener Materialien

Material	z	E_K^{Lit} [keV]	θ_K^{Lit} [°]	σ_K
Zink	30	9,65	18,60	3,56
Germanium	32	11,11	16,09	3,67
Brom	35	13,48	13,20	3,83
Rubidium	37	15,21	11,68	3,94
Strontium	38	16,12	11,01	3,98
Zirkonium	40	18,01	9,84	4,08

Anhang

Originaldaten