

Versuchsprotokoll

Mößbauerspektroskopie

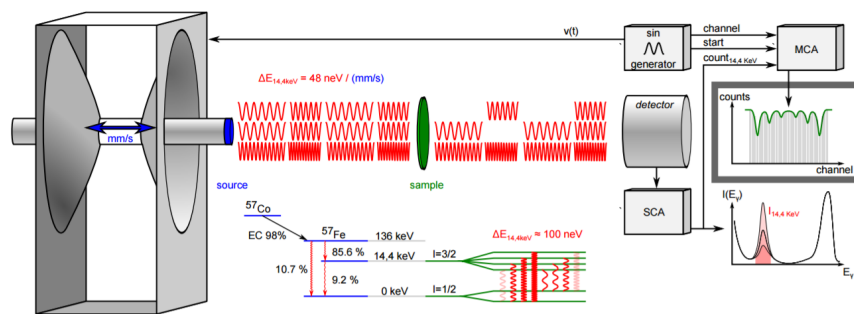
Maximilian Obst, Thomas Adlmaier

Protokoll: 16. November 2016

Messung: 18.11.2016

Ort: Technische Universität Dresden, Institut für Festkörperphysik

Betreuer: Philipp Materne

Abbildung 1: Aufbau und Funktionsprinzip der Mößbauerspektroskopie an ^{57}Fe [1]

Inhaltsverzeichnis

1	Physikalische Grundlagen	3			
1.1	Hyperfeinwechselwirkungen	3			
1.1.1	Magnetische Kernspineffekte	3			
1.1.2	Elektrische Kernspineffekte	3			
1.1.3	Isotopeneffekte . . .	4			
1.2	Mößbauereffekt	4			
1.3	Dopplereffekt	4			
			1.4	Radioaktiver Zerfall	5
			2	Durchführung	6
			3	Analyse	6
			4	Fazit	6
				Literatur	6

1 Physikalische Grundlagen

Die Mößbauerspektroskopie ist ein physikalisches Analyseverfahren, bei dem zerstörungsfrei ein Material auf seine Bestandteile sowie ihre elektrische Interaktion untersucht wird. Das Hauptanwendungsgebiet ist dabei die Unterscheidung zwischen zwei- und dreiwertigem Eisen. [2] Für die Mößbauerspektroskopie werden sowohl der Doppler- als auch der Mößbauer-Effekt genutzt.

1.1 Hyperfeinwechselwirkungen

Die Hyperfeinstruktur ist eine Aufspaltung der Energieniveaus in den Spektrallinien der Atomspektren und damit einer der Effekte, die der Entartung entgegenwirken. Sie ist etwa 2000 mal kleiner als die Feinstruktur und wird durch die Interaktion der Elektronen mit dem Kernspin, die in elektrische und magnetische unterschieden werden können, und den verschiedenen Isotopen eines Atoms bewirkt. [3]

1.1.1 Magnetische Kernspineffekte

Der magnetische Kernspineffekt führt zur sogenannten Zeeman-Aufspaltung: Dabei wird das Spektrum in $2I + 1$ Zustände geteilt.

$$H_z = -g_I \mu_n I_z B_z \quad (1)$$

1.1.2 Elektrische Kernspineffekte

Die Effekte des elektrischen Kernpotentials lassen sich über folgende Formel verstehen:

$$H_{elektr.} = \int \rho(\vec{r}) \Phi(\vec{r}) d^3 \quad (2)$$

Diese Formel kann mit einer Taylorreihe entwickelt werden:

$$H_{elektr.} \approx Ze\Phi(0) - \frac{Ze < r^2 > \rho_e(0)}{6\epsilon_0} + \frac{e}{6} \sum_i^3 V_{ii} Q_{ii} \quad (3)$$

Hierbei beschreibt der erste Teil die normalen Kernzustände, der zweite eine Isomerieverschiebung und der dritte das Quadropolmoment. Die Isomerieverschiebung beschreibt

dabei die Energie des Kerns in der Elektronenhülle. Da sie nur von Größen aufgestellt wird (Ladungsdichte der Hülle ρ_e und Kernradius $\langle r^2 \rangle$, die für das ganze Atom gelten, verschiebt sie alle Übergangsenergien in gleichem Maß. Da eine Isomerieverschiebung auch in der Strahlungsquelle auftreten kann, muss sie stets auf die Quelle bezogen werden. Das Quadropolmoment schließlich lässt im Sonderfall, dass $V_{xx} = V_{yy}$ darauf schließen, wie groß der Kernspin ist: Bei einem Kernspin von $\frac{1}{2}$ entsteht keine Aufspaltung, bei $\frac{3}{2}$ wird das Spektrum schon in zwei Zustände geteilt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass im genannten Sonderfall das Quadropolmoment nur vom Quadrat der z-Richtung der Hauptquantenzahl I_z abhängig ist.

1.1.3 Isotopeneffekte

- **Kernmassen-Effekt** Bei Absorption und Emission von Photonen durch Atome findet eine Auslenkung der Atomkerne von ihrer Ruhelage statt. Dies führt zu einer Schwingung, die die effektive Masse der Elektronen absenkt. Das wiederum führt zu einer Ausspaltung der Energieniveaus, die von der Masse des Atomkerns und somit dem Isotop abhängt. Dieser Effekt wird bei steigender Kernmasse geringer.
- **Kernvolumen-Effekt** Elektronen der s-Schale haben eine große Wahrscheinlichkeit, sich im Atomkern zu befinden. Dies führt zu einer Abweichung des Potentials, was eine Anhebung der Energieniveaus zur Folge hat. Dieser Effekt wird größer, je größer der Kern wird, die Abweichung bei verschiedenen Isotopen ist aber bei kleinen Kernen größer, da hier die Volumendifferenzen stärker ins Gewicht fallen.

1.2 Mößbauereffekt

Wie unter Isotopeneffekte beschrieben, beginnt ein Atomkern zu schwingen, sobald er ein Photon emittiert oder absorbiert. Diese Schwingung ist von der Energie des Photons und der Masse des Atomkerns abhängig. Der Mößbauereffekt jedoch beseitigt diese Effekte nahezu vollständig: Bestimmte Elemente sind in der Lage, den entstehenden Stoß über das gesamte Gitter zu verteilen. Damit ist der Anteil der Masse des Atomkerns um Größenordnungen höher. Der Stoß wird damit nahezu rückstoßfrei.

1.3 Dopplereffekt

Der Doppler-Effekt beschreibt die Dehnung oder Stauchung von Wellen, die durch eine Bewegung des Wellen-Aussenders hervorgerufen werden. Beschrieben wird der Effekt häufig über die entstehende Frequenzänderung. Ohne Medium, also für elektromagnetische

Wellen, kann diese Änderung mit folgenden Formeln beschrieben werden:

$$f_{\text{Beobachter;allgemein}} = f_{\text{Quelle}} \frac{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{v}{c} \cos(\alpha)} \quad (4)$$

$$f_{B;\text{longitudinal}} = f_{\text{Quelle}} \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} \quad (5)$$

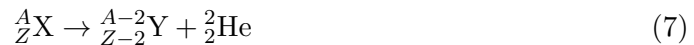
$$f_{B;\text{transversal}} = f_{\text{Quelle}} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (6)$$

Dabei beschreibt α den Winkel zwischen Bewegung und der Strecke Beobachter-Quelle.

1.4 Radioaktiver Zerfall

Nicht alle Atomkerne sind stabil. Einige können zerfallen. Dieser Zerfall ist je nach Atomkern unterschiedlich, es werden vier Arten unterschieden:

Alpha-Strahlung: Hier werden beim Zerfall des Atomkerns He^{2+} -Kerne freigesetzt. Diese sind sehr schwer und können daher schwere Schäden in ihrer Umgebung anrichten. Allerdings fliegen diese Teilchen nicht sehr weit und können gut abgeschirmt werden.



Beta-Strahlung: Bei dieser Strahlungsart wandelt sich ein Neutron in ein Proton oder umgekehrt. Die entstehenden Elektronen oder Positronen fliegen weiter als Alpha-Teilchen, haben aber auch eine verringerte schädigende Wirkung.



Gamma-Strahlung: Diese Strahlung führt nicht zu einer Veränderung des Atomkerns sondern bringt diesen nur von einem angeregten Zustand zurück in den Grundzustand. Dabei werden hochenergetische Photonen ausgesendet, die nur schwach schädigend wirken, aber eine hohe Reichweite haben und kaum abzuschirmen sind.



2 Durchführung

3 Analyse

4 Fazit

Literatur

- [1] <https://tu-dresden.de/mn/physik/ifp/ressourcen/dateien/lehre/praktika/mbs?lang=de>
16.11.2016 16:00 Uhr
- [2] <https://de.wikipedia.org/wiki/M%C3%B6%C3%9Fbauerspektroskopie> 16.11.2016
16:15 Uhr
- [3] <https://de.wikipedia.org/wiki/Hyperfeinstruktur> 16.11.2016 16:15 Uhr
- [4] https://de.wikipedia.org/wiki/Doppler-Effekt#Doppler-Effekt_ohne_Medium
16.11.2016 17:50 Uhr