

A8 Fotoeffekt

Fragen: Kennlinie einer Diode, Funktion der Messschaltung, Eigenschaften der Lichtquelle, Interferenzfilter, Ziel des Versuchs.

Aufgabe: Mit Hilfe einer Vakuum-Fotozelle soll über den äußeren Fotoeffekt das Verhältnis h/e und die Austrittsarbeit W_a des Kathodenmaterials der Fotozelle bestimmt werden.

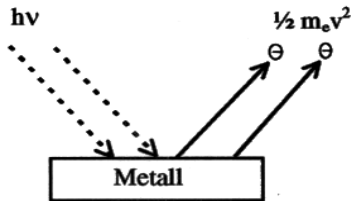


Abb. 1. Äußerer Fotoeffekt

Grundlagen. (A) Äußerer Fotoeffekt. Bestrahlt man eine Metallplatte mit Licht hinreichend hoher Frequenz ν (Abb.1), so treten aus der Metallplatte Elektronen mit einer kinetischen Energie $\frac{1}{2} m_e v^2$ aus. Die physikalische Deutung dieses Effektes erfolgte 1905 durch Einstein mit der folgenden Energiebilanz:

$$h\nu = \frac{m_e v^2}{2} + W_a \quad (1)$$

$h\nu$ = Energie der einfallenden Photonen

$\frac{m_e v^2}{2}$ = kinetische Energie der Elektronen

W_a = Elektronen-Austrittsarbeit des Metalls

Die Photonen müssen also mindestens in der Lage sein, die Austrittsarbeit W_a aufzubringen, d.h. die Mindest- oder Grenzfrequenz beträgt:

$$\nu_{\min} = W_a / h \quad (1a)$$

Licht mit Frequenzen unterhalb ν_{\min} lösen den Fotoeffekt daher nicht aus.

(B) Die Vakuum-Fotozelle: Der Fotoeffekt wird normalerweise in der Fotozelle zur Messung von Lichtintensitäten ausgenutzt, da die Zahl der austretenden Elektronen (=Fotostrom) zur Zahl der einfallenden Photonen proportional ist. Die von der Fotokathode K bei Bestrahlung mit Licht ausgesandten Elektronen werden von der Anode A eingefangen und erzeugen so im Außenkreis einen Fotostrom I_{Foto} (Abb.2).

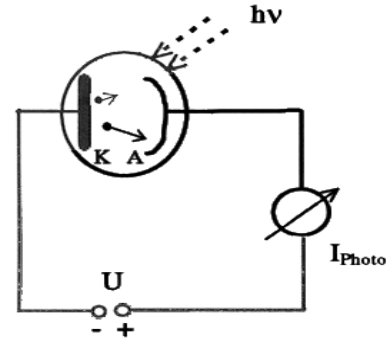


Abb.2. Anordnung zur Messung des Fotoeffekts

Bei hinreichend hoher Spannung U der Anode werden alle erzeugten Elektronen eingefangen und der Fotostrom ist proportional zur Lichtintensität. Misst man den Fotostrom I_{Foto} in Abhängigkeit von der Anodenspannung U , so ergeben sich Kennlinien der folgenden Art (Abb.3).

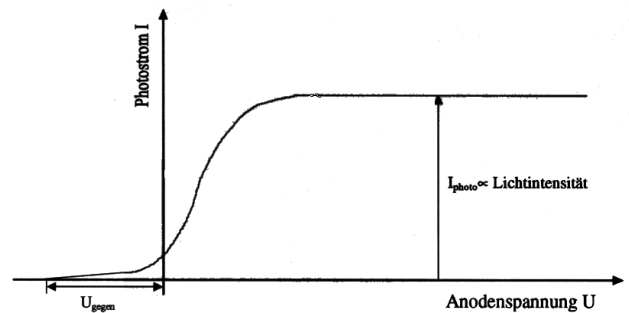


Abb.3. Kennlinie $I_{\text{foto}}=f(U)$

Selbst bei negativer Anodenspannung (Gegenfeldmethode) lässt sich noch ein sehr geringer Fotostrom messen. Dieser wird erst dann Null, wenn die Anodenspannung den Wert U_{gegen} erreicht. Jetzt können auch die schnellsten Elektronen nicht mehr gegen das elektrische Gegenfeld der Anode anlaufen, d.h. es gilt:

$$\frac{1}{2} m_e v^2 = eU_{\text{gegen}} \quad (2)$$

Die „Gegenfeldmethode“ erlaubt es also, die kinetische Energie der Elektronen zu messen. Setzt man (2) in (1) ein, so folgt:

$$h\nu = eU_{\text{gegen}} + W_a \quad (3)$$

Daraus folgt:

$$U_{\text{gegen}} = \frac{h}{e} \nu - \frac{W_a}{e} \quad (4)$$

Bestrahlt man also eine Fozelle mit monochromatischem Licht unterschiedlicher Frequenz ν , und misst man die zugehörige Anodenspannung U_{gegen} , die den Fotostrom I_{foto} gerade zum Verschwinden bringt, so erhält man in einem $U_{\text{gegen}}-\nu$ -Diagramm Punkte, die auf einer Geraden liegen.

Versuchsbeschreibung: Im vorliegenden Versuch wird das Kathodenmaterial einer Vakuum Fotodiode mit monochromatischem Licht bestrahlt. Da der eingebaute Messverstärker einen großen Eingangswiderstand ($>10^{12} \Omega$) hat, können die an der Anode ankommenden Photoelektronen praktisch nicht abfließen und erzeugen ein Gegenfeld, welches so lange größer wird, bis es auch die schnellsten Elektronen nicht mehr überwinden können. Die entsprechende Gegenspannung kann am Messverstärker abgegriffen werden.

Versuchsdurchführung: Als Lichtquelle dient eine Hg-Dampfampe. Die zu messenden Spektrellinien (366nm, 405nm, 436nm, 492nm, 546nm, 578nm) werden durch passend abgestimmte Interferenzfilter selektiert. Diese sind auf einem Rad montiert und können einzeln in den Strahlengang gedreht werden.

Durch Drücken der „Zero“ Taste am Messgerät werden vorhandene Fehler in der Diode eliminiert, so dass sich die zur jeweiligen Wellenlänge gehörende Gegenspannung einstellen kann. Sie ist am Ausgang mit einem Voltmeter zu messen.

Auswertung: Es sind die einzelnen Gegenspannungen über die zugehörigen Frequenzen des Hg-Spektrums aufzutragen und durch lineare Regression auszuwerten (Abb.4). Die Steigung beträgt h/e , die Achsenabschnitte $W_a/h = \nu_{\text{min}}$. W_a/e gibt die Austrittsarbeit direkt in eV an.

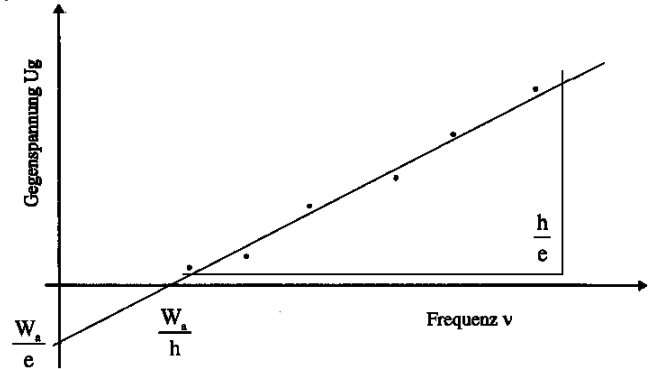


Abb.4. Diagramm $U_g=f(\nu)$

Literatur: [BS], [Wa], [HM], [Ti], [GK]

Version 11-05-2010

Literatur. [BS], [Ti], [Wa], [TS]