

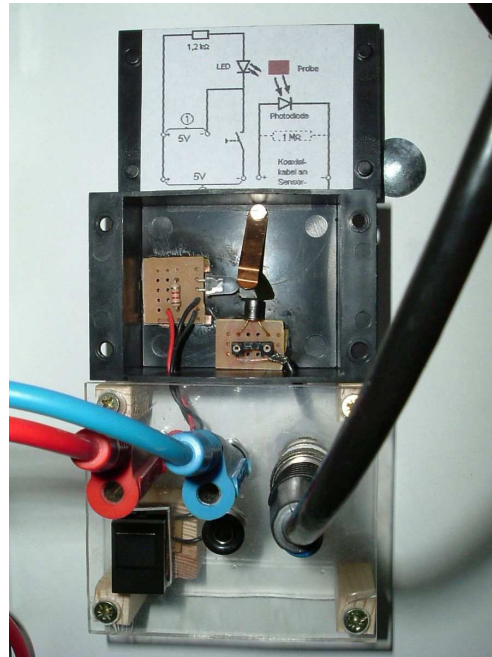
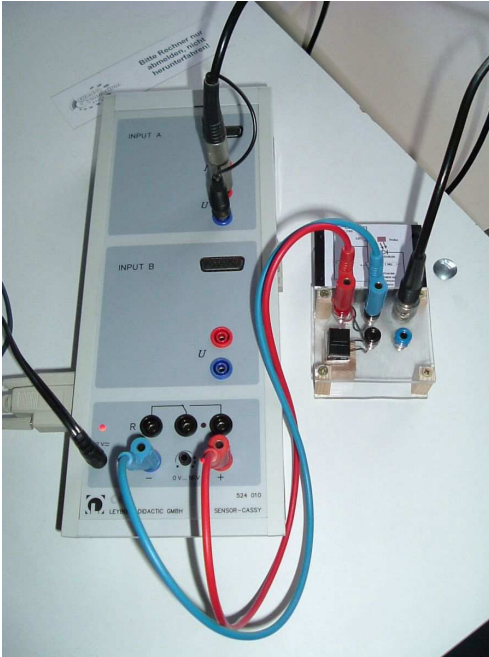
Halbwertszeit elektronisch angeregter Festkörper

Versuchs Idee:

Exponentielles Abklingen von Zuständen ist keine Besonderheit des radioaktiven Zerfalls, sondern häufig in der Natur anzutreffen, z. B. auch bei der Rückkehr angeregter Atome in den Grundzustand. Die meisten Atome haben aber zu kurze Halbwertszeiten ($\approx 10^{-8}$ s) um sie in der Schule zu messen. Lasermaterialien funktionieren, da die angeregten metastabilen Zustände lange Halbwertszeiten haben.

Hier wird ein YAG-Kristall mit einer hellen, weißen LED angeregt, nach dem Abschalten das emittierte Licht bei der Rückkehr in den Grundzustand mit einer Photodiode gemessen.

1. Aufbau:



– Messbox mit YAG-Kristall, LED und Photodiode

– Cassy-Einstellungen:

Stromversorgung LED: 5V aus Cassy-Ausgang, Ein, Umschalten bei automatischer Aufnahme

Eingang U_A : 0 bis 0,3 V (Nullpunkt links)

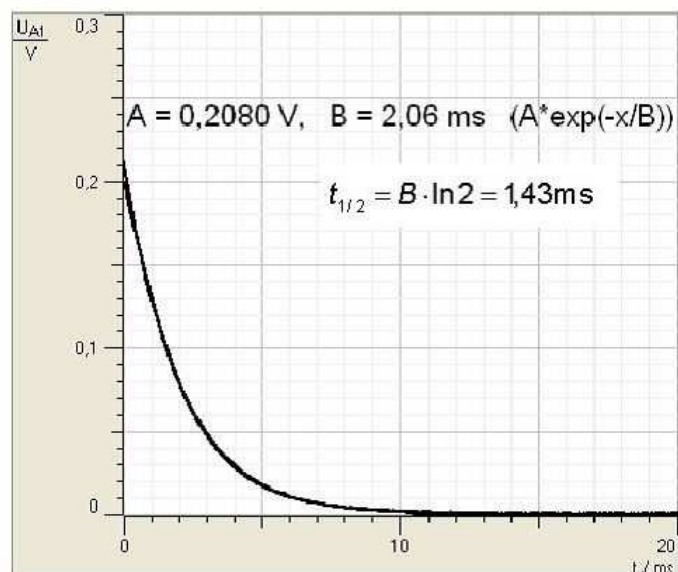
automatische Aufnahme $10\mu\text{s} \cdot 2000 = 20\text{ms}$ Messzeit

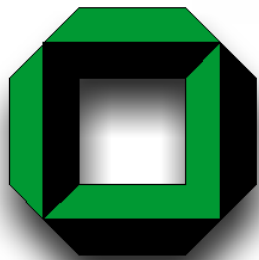
2. Durchführung:

Einfach Messung bei geschlossenem Deckel starten. Bei geöffneten Deckel sieht man das Messprinzip, und sieht in der Messkurve den Umgebungslicht-Untergrund. Ohne YAG-Kristall (oder einem Plastik-Dummy) ist kein Nachleuchten zu beobachten.

3. Ergebnis:

Halbwertszeit des angeregten YAG-Kristalls: etwa 1,43 ms





Universität Karlsruhe (TH)

Abteilung für Didaktik der Physik

Prof. Dr. Friedrich Herrmann

Dr. Holger Hauptmann

Wissenschaftliche Arbeit für die Zulassung
zum ersten Staatsexamen

Aufbau eines Experiments zum Nachweis des exponentiellen Abklingens angeregter Zustände

Ausschnitt !!!

von
Meike Laßmann

März 2006

3 Realisierung des Experiments

3.1 Übersicht

In Kapitel 2 wurden die physikalischen Hintergründe für den nun folgenden Versuchsaufbau gegeben.

Als Proben werden Rubin, chromdotiertes YAG und ein Dummy (rotes Plexiglas) verwendet.

Idee des Messverfahrens:

Die Intensität des Fluoreszenzlichts ist proportional zur Anzahl der im angeregten Zustand befindlichen Atome. Das Fluoreszenzlicht kann mittels einer Photodiode gemessen werden. Der durch das einfallende Licht entstehende Strom durch die Photodiode ist proportional zur Intensität und somit auch proportional zur Anzahl der angeregten Atome.

Der Versuch ist folgendermaßen aufgebaut:

Zur Anregung der Probe wird eine superhelle weiße Leuchtdiode verwendet, die über einen 1,2 k Ω Vorwiderstand an eine Gleichstromquelle angeschlossen wird. Über einen Tastschalter kann die LED an- und ausgeschaltet werden.

Zum Messen des Fluoreszenzlichtes wird eine Photodiode verwendet. Das von der Photodiode gelieferte Signal wird über das Interface Cassy-S gemessen und mit der Cassy-Lab Software ausgewertet. Heutzutage ist das Cassy in fast allen Schulen vorhanden.

3.2 Genauere Angaben zur Anregungs- und Mess-elektronik

Anregungselektronik:

- **Superhelle weiße LED**

Die verwendete superhelle weiße LED ist vom TYP 9200MCD 20°. Bei einem Strom von 20 mA liefert sie eine Lichtintensität von 9200 mcd. Rubin wird durch Licht im grünen, sowie im blauen Wellenlängenbereich angeregt. Das Spektrum dieser superhellen weißen LED verfügt über beide Bereiche, sodass sie zur Anregung genutzt werden kann. Ihr Durchmesser beträgt fünf Millimeter.

- **Versorgungsspannung**

Die LED kann über einen 1,2 k Ω -Vorwiderstand und über einen Tastschalter (Subminiaturflachtaster) an ein externes Gleichstromnetzgerät mit maximal 9 V angeschlossen werden. Eine zweite Möglichkeit ist, die

LED mit Vorwiderstand direkt an den Ausgang des Messgerätes Cassy zu legen. Warum diese beiden Möglichkeiten gegeben werden, wird später erläutert.

Messelektronik:

- **Cassy**

Vom Hersteller des Cassy-S werden mehrere Interfaces für die USB-Ports und die seriellen Schnittstellen des Computers angeboten. In diesem Versuch wurde das Sensor-Cassy benutzt. Das Pocket-Cassy ist für den Versuch nicht geeignet, da das Auflösungsvermögen dieses Interfaces für die benötigten Zeitintervalle zu gering ist. Pocket-Cassy kann nur alle 100 μs einen Wert aufnehmen, wogegen Sensor-Cassy alle 10 μs messen kann. Dabei kann das Sensor-Cassy bis zu 16000 Werte aufnehmen, die nach der Messung an den Computer übertragen werden. Es ergibt sich eine maximale Messzeit von 160 ms bei einer Abtastfrequenz von 10^5 Hz.

Mit dem Cassy können Spannungen und Ströme gemessen werden. Beim Sensor-Cassy ist der minimale Einstellungsbereich der Spannung 0,3 V, der der Strommessung 0,1 A. Die Ströme die durch das Lumineszenzlicht in der Photodiode erzeugt werden, sind im Bereich von 0,7 μA und können daher mit dem Strommesseingang des Sensor-Cassys ohne Verstärker nicht gemessen werden.

- **Photodiode**

Die Photodiode ist eine Silizium-Pin-Photodiode des Typs BPX 65, die für Anwendungen im Wellenlängenbereich von 350 nm bis 1100 nm geeignet ist. In diesen Bereich fällt auch das Fluoreszenzlicht der verwendeten Proben.

3.3 Aufbau des Experiments

Mit den in 3.1 vorgestellten Bauteilen und den in 3.2.1 und 3.2.2 gemessenen Ergebnissen lässt sich die Elektronik für den Versuch auf ein Minimum reduzieren.

Zur Anregung der Probe wird eine LED verwendet, die mittels eines Tastschalters an- und ausgeschaltet werden kann oder über die Spannungsquelle des Cassys gesteuert wird. Zum Messen des Fluoreszenzlichts wird eine Photodiode verwendet, die direkt an den Spannungseingang des Cassys angeschlossen wird. Auf den in Abb.11 gestrichelten Parallelwiderstand zur Photodiode ist für den Gebrauch mit der aktuellen Sensor-Cassy-Version (524 010) zu verzichten. Im fertigen Aufbau ist hier jedoch eine Vorrichtung eingebaut, mit der man einfach einen Widerstand parallel schalten kann. Falls es in Zukunft eine neue Cassy-Version mit höherem Innenwiderstand als 1 M Ω geben sollte, kann hier einfach ein 1 M Ω -Widerstand vorgeschaltet werden. Der Versuch kann dann, wie in den folgenden Kapiteln beschrieben, durchgeführt werden.

In Abb.11 ist der gesamte Schaltplan des Versuchs abgebildet.

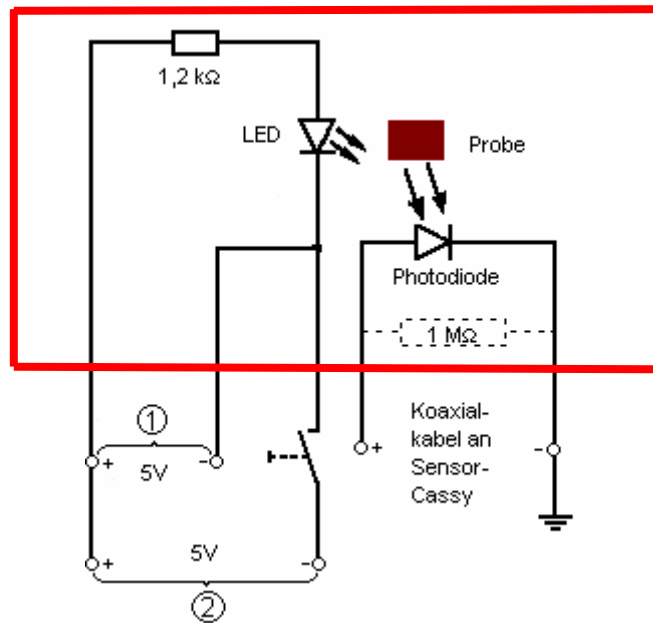


Abbildung 11: Schaltplan der Anregungs- und Messelektronik

Die im rot abgegrenzten Teil befindliche Elektronik wird in ein schwarzes Plastikkästchen eingebaut, das im geschlossenen Fall vollständig abgedunkelt ist. Photodiode und LED sind rechtwinklig zueinander angeordnet. Zwischen ihnen ist Platz für die Probe, die mittels einer Blattfeder fixiert wird. Die Probe sollte plan an die Photodiode angelegt werden.

Die Kabel werden durch Löcher in der Außenwand nach außen gelegt. Dort wird ein Plexiglastkästchen direkt an die schwarze Box angeschlossen. Hier werden Anschlussbuchsen und Tastschalter untergebracht. Abbildung 12 zeigt den fertigen Aufbau des Versuchs.



Abbildung 12: fertiger Versuchsaufbau;
links: geschlossener Versuchsaufbau
rechts: Einsicht in die Elektronik