

Labor Optoelektronik

Spektroskopie und Photosensorik

Hinweise

Versuchsbeschreibung

Aufgabenstellung

Fragenkatalog

Bitte erarbeiten Sie folgende Fragen anhand der unten angegebenen Literatur. Versuchen Sie die Fragen kurz zu beantworten und veranschaulichen sie sich die physikalischen Zusammenhänge. In diesem Zusammenhang verweise ich auf "Physik für Ingenieure". Hier sind die wichtigsten Zusammenhängerecht kompakt zusammengefasst. Hier besondere die Kapitel 6.4.1.4 ff.

- Welche verschiedenen Geräte zur Spektralanalyse gibt es?
- Erklären sie die Beugung am Spalt
- Was versteht man unter Dispersion?
- Erklären sie wo durch die optische Auflösung eines Monochromators begrenzt wird. (Mindestens 2 Faktoren)
- Welches sind die wichtigen Kenngrößen für die Bestimmung der optischen Auflösung eines Gitter - Monochromators.
- Beschreiben sie den Aufbau eines optischen Gitters
- Was charakterisiert die Blaze Wellenlänge (anschaulich, makroskopisch) und durch was wird sie bestimmt.
- Was bedeutet die Angabe 1200 l/mm auf einem optischen Gitter.
- Erklären sie die Funktionsweise eines Photomultiplier (kurz PM)!
- Welcher physikalische Effekt wird hier genutzt?
- Erklären sie die Funktionsweise einer Photodiode!
- Welcher physikalische Effekt wird hier genutzt?

Der Versuch wird während der Durchführung komplett vom Betreuer begleitet und erarbeitet.

Die oben gestellten Fragen werden in einem mündlichen Vortest kontrolliert und im Versuch anschaulich erarbeitet.

Literatur

1. Hering, Stohrer, Rolf: Physik für Ingenieure; VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1995
2. Schmidt, W: Optische Spektroskopie; Wiley-VCH, Weinheim 2000
3. <http://www.lot-oriel.com/>

Allgemeine Hinweise

Versuchsdurchführung

Optische Komponenten sind mit besonderer Sorgfalt und Vorsicht zu behandeln. Bei den Komponenten handelt es sich um sehr empfindliche und meist auch teure Gegenstände. Kratzer und Verunreinigungen, z.B. Fingerabdrücke auf optische relevanten Oberflächen führen zu unerwünschter Lichtbrechung sowie unbekannter Absorption ins besondere im UV Bereich. Aus diesem Grund sind Optisch relevante Oberflächen nie mit bloßer Haut zu berühren. Wenn notwendig Handschuhe tragen!

Bei den im Monochromator verwendeten optischen Gittern handelt es sich um besonders empfindliche Komponenten. Daher **Niemals auf ein optisches Gitter fassen, auch nicht mit Handschuhen. Die Gitteroberfläche darf durch nichts berührt werden!**

Durchdenken sie jeden ihrer Schritte gut im Vorfeld und achten Sie auf eine sorgfältige Dokumentation ihrer Einstellungen und Änderungen am Aufbau. Machen Sie immer nur einen Schritt nach dem anderen. Nur durch sorgfältiges Arbeiten können Sie verhindern, dass Sie einzelne Arbeitsschritte oder ganze Versuche wiederholen müssen und dabei viel Zeit verlieren.

Bei optischen Messungen sind Sorgfalt und Sauberkeit besonders wichtig. Selbst bei genauem justieren und bei optimalen Bedingungen treten Streu-, Beugungs- und Brechungseffekte auf, welche systematisch berücksichtigt werden müssen. Bei hinzukommender Ungenauigkeit und Verschmutzung werden die Ergebnisse möglicherweise derart verfälscht, dass sie zu Fehlinterpretationen führen. Achten sie immer auf Streu- und Fremdlichtquellen und versuchen sie ihren Einfluss auf die Messung zu minimieren.

Achtung: Bei den Reinigungsmittel für optische Komponenten handelt es sich um leicht entzündliche Stoffe. Methanol ist gesundheitsschädlich! Zur Reinigung empfiehlt sich daher Isopropanol-2-Propanol, da es die meisten Oberflächen nicht angreift, rückstandsfrei verdampft und nicht gesundheitsschädlich ist. Isopropanol mit Wasser gemischt ist ein übliches Sterilisationsmittel für Hände.

Reinigungs- und Montagearbeiten an optischen Geräten werden bei Bedarf mit Handschuhen ausgeführt. Bei Arbeiten mit gesundheitsschädlichen Lösungsmitteln sind chemiedichte Kunststoffhandschuhe zu verwenden. Für Montagearbeiten reichen fusselfreie Baumwollhandschuhe oder Latexhandschuhe. Beachten Sie, dass manchen Stoffe oder Materialien allergische Reaktionen hervorrufen können (Latex, Lösungsmittel etc.). Informieren Sie deshalb wenn nötig den Versuchsführer.

Bericht / Protokoll

Das Protokoll soll eine Art Arbeitsbericht darstellen, d.h. ein imaginärer Chef mit fachlicher Kompetenz, muss anhand des Protokolls den Versuch nachvollziehen und notfalls nachbauen können.

Dazu gehören die Berichtsteile

- Grundlagen
- Problemstellung/-lösung
- Geräteliste
- Versuchsaufbau (Skizze mit Beschreibung und den wichtigsten Dimensionen)
- Ergebnisse
- Diskussion, Zusammenfassung
- Literaturliste

Hinweise zum Arbeiten mit Monochromator LOT 77200

- NIEMALS auf die Vorderfläche des Gitters fassen!
- Der Anzeigewert auf dem Monochromator bezieht sich auf ein Gitter mit 1200 l/mm. Bei Verwendung anderer Gitter ist der Anzeigenwert mit einem Faktor umzurechnen. Die Berechnung des Faktors können sie sich anhand der hier bearbeiteten Theorie selbst überlegen. Er steht aber auch im Handbuch des Monochromators.
- Die Anzeige ist in Å ($1 \text{ Å} = 1 \text{ Angström} = 10^{-10} \text{ m}$) kalibriert. Frage : $1 \text{ Å} = X \text{ nm}$?
- Beim Ablesen des Anzeigewertes ist zu beachten, aus welcher Richtung die Werte angefahren wurden (mechanische Hysterese des Gerätes).
- Beim manuellen Vorschub sicherstellen, dass der Stellmotor stromlos, d.h. der Stecker gezogen ist.

Hinweise zum Umgang mit Photomultipliern

- Photomultiplier vor direktem Lichteinfall schützen!
- Photomultiplier nie direkte mit einem Laserstrahl belichten!
- VORHER Ausgangswert des PM abschätzen und bei Überschreitung Strahlengang unterbrechen.
- Beim Messen unbekannter Größen mit einem PM immer vorsichtig an die optimale Aussteuerung herantasten.

Vorgehen

- Spalte am Monochromator schließen
- Monochromator auf die Wellenlänge der voraussichtlich maximalen Intensität positionieren.
- Maximum des Lampenspektrums
- Maximum der Systemempfindlichkeit
- Verstärkerspannung auf ca. 10% des maximal erlaubten Wertes.
- Spalte vorsichtig auf den gewünschten Wert öffnen und gegebenenfalls die Verstärkerspannung nachregeln.
- Achten Sie darauf, dass Sie beim Anschließen des PM die beiden Koaxialanschlüsse nicht verwechseln. Vertauschen Sie nicht Hochspannung (lange Buchse) und Signalausgang (kurze Buchse).
- In diesem Laborversuch ist der PM mit maximal 80% der zulässigen Versorgungsspannung zu betreiben (siehe Datenblatt)!
- Bitte hinterfragen Sie die o.g. Hinweise und machen Sie sich klar, wieso diese unbedingt befolgt werden müssen!
- Die Maximale Verstärkerspannung am Photomultiplier (PM) ist zu beachten. Maximal Wert anhand des Datenblattes ermitteln!
- Photomultiplier vor direkter Lichtbestrahlung schützen!
- Photomultiplier werden mit Hochspannung versorgt (bis zu 1000 V). ACHTUNG!
- Entsprechende Sicherheitsvorkehrungen müssen beachtet werden.

Bei direktem Lichteinfall aus einer (starken) Lichtquelle wird die empfindliche Kathodenschicht dauerhaft beschädigt. Die Lebensdauer des PM hängt von der Dosis der Belichtung ab.

Für Orientierungsmessungen und unbekannte Quellen sind unempfindliche Empfänger zu verwenden. Bei Si-Photodioden führt eine Überbelichtung nicht zur Zerstörung des Bauteils wie bei einem PM. Hier ist zu beachten, dass die Diode in den nichtlinearen Sättigungsbereich übergeht. Die Messergebnisse werden somit verfälscht.

Versuchsbeschreibung

Aufgabe

- Bestimmen Sie die spektral aufgelöste absolute Bestrahlungsstärke einer XBO 150W/1 Lampe mit einer Auflösung von $\Delta\lambda = 0,5 \text{ nm}$ in einem Abstand von $l = 50 \text{ cm}$
- Hilfsmittel: Monochromator; Lampe XBO 150W, Si Diode, PM, Spektrum einer Kalibrierlampe

Versuchsaufbau

Für den Laborversuch benutzen Sie einen Oriel 77200 Monochromator, welcher auf speziellen Befestigungsschienen montiert ist. Hierbei können Lichtquellen, Monochromator (kurz: MC) und Empfänger so ausgerichtet werden, dass es klar definierte optische Achsen parallel zu den gibt.

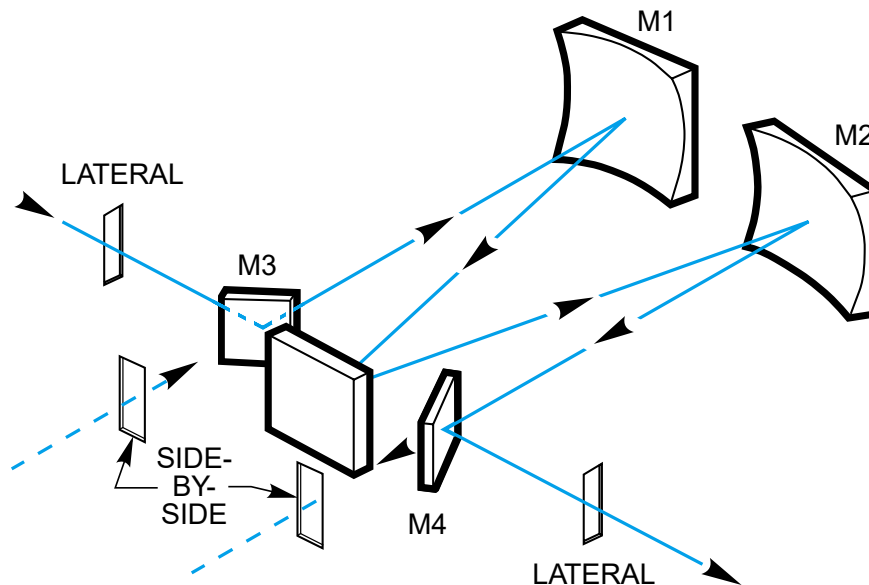


Bild 1 Strahlengang durch den Monochromator. Es werden in diesem Versuch die „Lateral“-Spalte verwendet, so dass die optische Achse eine Gerade bildet

Die zu erklärenden Begriffe sind *kursiv* gedruckt. Nehmen Sie sich ausreichend Zeit für die Erklärungen und lesen Sie sorgfältig in der Literatur nach, worum es sich handelt!

Geräteliste der nicht einsehbaren Teile

Hier eine Liste der verwendeten Empfänger und Lampe zur Orientierung. Weitere Angaben sind den Datenblätter oder dem Internet zu entnehmen.

Bezeichnung	Hersteller	Typenbezeichnung
Lampe	OSRAM	XBO 150W/1 (Ozonfrei)
Si Diode	Hamamatsu	Si 1227 - 1010 BQ
Photomultiplier	Hamamatsu	R1477-06
optisches Plangitter	LOT Oriel	77908

Fragenkatalog / Durchführung

1. Montieren Sie den Monochromator und die Lampe auf den Befestigungsschienen, so dass sie eine klar definierte optische Achse erhalten. Montieren sie den Aufbau so, dass sich die optische Achse ca. 27 cm über dem Tisch befindet. Nehmen Sie die Abdeckplatten von MC-Gehäuse und verfolgen Sie den Strahlengang im MC.
2. Stellen Sie den Monochromator auf die Position $\lambda = 0$ nm. Welche Ordnung wird auf dem Ausgangsbildschirm abgebildet? Welche Wellenlänge fällt nun durch den Ausgangsspalt?
3. Welche Funktion haben die Hohlspiegel. Was bedeutet in diesem Zusammenhang die Angabe der Focallänge von 0,25 m beim Monochromator? Kennen sie den Namen dieses Aufbauprinzips?
4. Welchen Einfluss hat die Focallänge auf die Auflösung des Monochromators.
5. Verfolgen sie den Strahlengang in der 0.ten Ordnung. Wie sieht das Bild aus? Welchen Einfluss hat das Bild auf ihre Messung. Haben Sie Verbesserungsvorschläge?
6. Stellen sie nun den Monochromator auf eine Wellenlänge von $\lambda = 500$ nm. Beobachten Sie nun das Spektrum am Ausgang bei Variation des Eingangspaltes! Achten Sie auf die hellen Linien im Spektrum. Welchen Einfluss hat die Spaltbreite auf die Linienbreite.
7. Verfolgen sie den Strahlengang im Monochromator mit einem weißen Blatt Papier. Wo sind die einzelnen Ordnungen zu finden. Was ist an den Grenzen des Spektrums zu beachten?
8. Welches Verhältnis von Ausgangs- zu Eingangsspaltweite ist sinnvoll? Überlegen sie sich hierzu die Abbildung des Eingangspaltes auf den Ausgangsspalt. Verfolgen sie den Verlauf einiger wichtiger Strahlen anhand einer einfachen, selbst erstellten Skizze.
9. Ist die Spaltbreite die alleinige bestimmende Größe für die spektrale Auflösung des Monochromators? Mit analytischer Abschätzung anhand der verwendeten Werte.
10. Überlegen Sie sich, welche Auswirkungen die Spaltweite auf die Gemessene Intensität und die Auflösung der Messung hat und in wie weit dies hier eine Rolle spielt.
11. Montieren Sie nun die Si Diode samt Halter an dem Ausgang des Monochromators. Wählen Sie eine Spaltbreite von 600 μm und nehmen Sie das Spektrum mit Hilfe des PC in einem Bereich zwischen 440 nm und 460 nm mit einer sinnvollen Auflösung auf. Wie müssen Sie das Ausgangssignal der Diode messen?
12. Bewerten Sie die Auflösung des Systems in Bezug auf die gemessene Signal Intensität. Haben Sie Verbesserungsvorschläge?
13. Wechseln Sie die Si Diode gegen den PM aus. Und nehmen Sie das Spektrum wie unter 11 beschrieben ein weiteres Mal auf.
14. Verändern sie nun den Aufbau Schrittweise so, dass die Auflösung des Systems maximal wird und nehmen nach jeder Veränderung ein Spektrum auf.
15. Mit den ermittelten Einstellungen nehmen sie ein Spektrum von 250 nm – 750 nm mit $\Delta\lambda = 0,5$ nm auf. Beachten sie die Maßnahmen zur Unterdrückung der ungewünschten Ordnungen.

Sicherheitsbelehrung

- Anschlusskabel des PM nur spannungsfrei wechseln!
- Arbeiten mit Lasern nur nach erfolgter Laserschutzbelehrung! Nie in den Strahl blicken!
- Bei UV emittierenden Strahlungsquellen vor Strahlung mit geeigneter Schutzbrille und dichter Kleidung schützen!
- Entstehendes Ozon bei Bedarf mit geeigneten Maßnahmen absaugen!

Ich bestätige durch Unterschrift, dass ich über mögliche Gefährdung und wichtige Sicherheitsregeln im Umgang mit elektrischen Betriebs- und Messgeräten informiert und auf sorgfältige Arbeit mit Laborgeräten und elektrischen Schaltungen hingewiesen wurde.

Karlsruhe, den

.....
Name

.....
Unterschrift

.....
Name

.....
Unterschrift

.....
Name

.....
Unterschrift