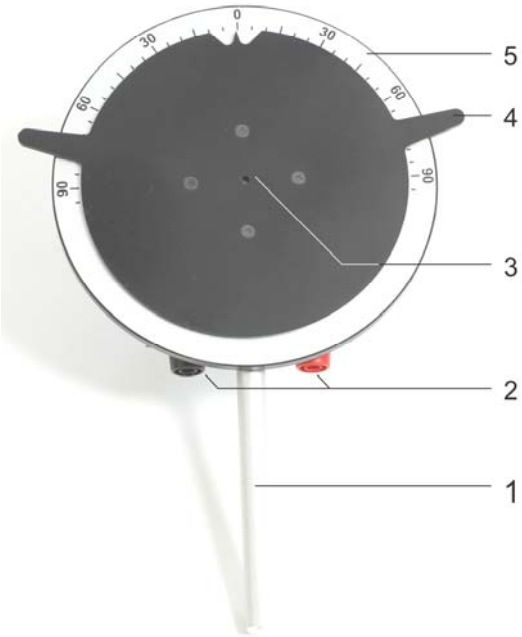
3B SCIENTIFIC® PHYSICS

Pockels-Zelle 1013393

Bedienungsanleitung

09/15 TL/DU



1 Stiel 10 mm
2 Anschlussbuchsen
3 Öffnung Strahloptik
4 Drehscheibe
5 Skala

1. Sicherheitshinweise

- Vorsicht beim Umgang mit berührungsgefährlichen Spannungen.
- Beim Anlegen der Spannung auf Strombegrenzung bis 2 mA achten! Höhere Stromwerte können zur Zerstörung des Kristalls führen.

2. Beschreibung

Die Pockels-Zelle dient zur Demonstration des linearen elektrooptischen Effekts (Pockels-Effekt).

Der Pockels-Effekt beschreibt das Auftreten von Doppelbrechung bzw. die Änderung bereits vorhandener Doppelbrechung beim Anlegen eines elektrischen Feldes an einen Kristall linear zur elektrischen Feldstärke. Der Pockels-Effekt kann aus Symmetriegründen nur in Kristallen ohne Inversionszentrum auftreten. In einer transversalen Konfiguration stehen die Einstrahlrichtung des Lichts und die optische Achse der Doppelbrechung senkrecht aufeinander, und das elektrische Feld wird in Richtung der optischen Achse angelegt (Fig. 1).

Für transversale Pockels-Zellen kommen am häufigsten Lithiumniobat-Kristalle ($LiNbO_3$) zur Anwendung. $LiNbO_3$-Kristalle sind optisch einachsig und negativ doppelbrechend mit außerordentlichem Brechungsindex $n_o = 2{,}29$ und ordentlichem Brechungsindex $n_e = 2{,}20$ bei der Wellenlänge $\lambda = 632{,}8$ nm des Helium-Neon-Lasers.

Ein im Strahlengang axial drehbar gelagerter $LiNbO_3$-Kristall ist an zwei seiner Längsseiten mit Metallfolien belegt (Plattenkondensator) und kann durch Anlegen einer Spannung einem elektrischen Feld ausgesetzt werden.

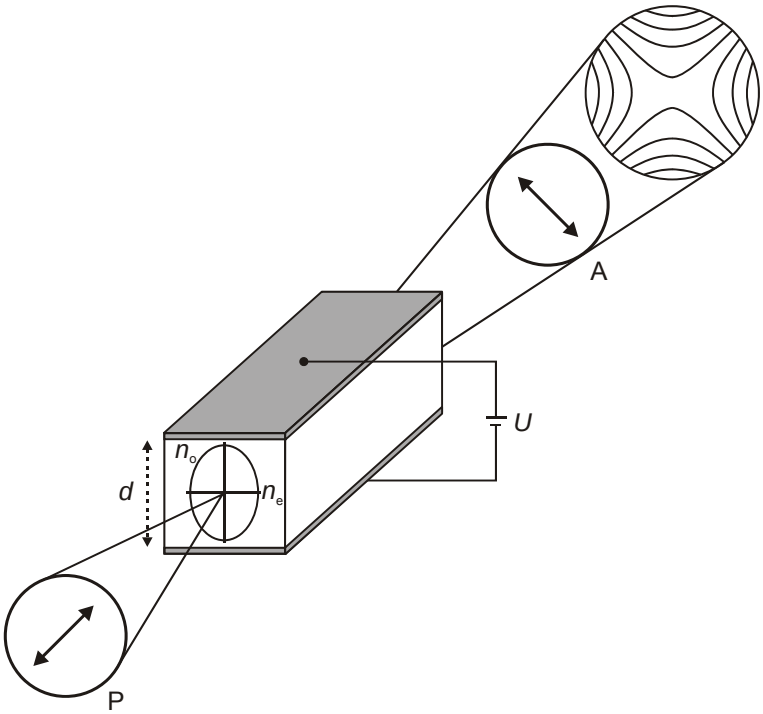


Fig. 1: Schematische Darstellung des Strahlengangs.

Der planparallel geschnittene Kristall wird dabei mit einem divergenten, linear polarisierten Lichtstrahl bestrahlt und das transmittierte Licht hinter einem gekreuzten Analysator auf einem Schirm beobachtet (Fig. 1).

Ohne angelegte Spannung ergibt sich ein Interferenzmuster, das aus zwei Hyperbel-Scharen besteht, die um 90° gegeneinander gedreht sind (Fig. 2).

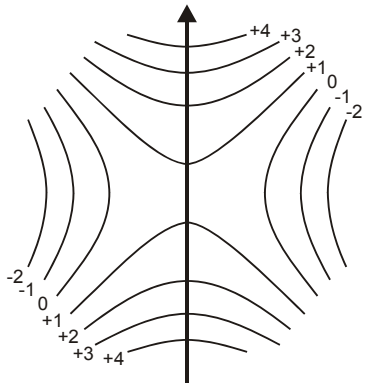


Fig. 2: Interferenzmuster mit optischer Achse des Kristalls in Pfeilrichtung. Die Indizierung der dunklen Interferenzstreifen gibt den Gangunterschied zwischen ordentlichem und außerordentlichem Strahl in Einheiten der Lichtwellenlänge an.

Dabei verläuft die Achse der einen Hyperbelschar parallel, die der anderen senkrecht zur optischen Achse. Die dunklen Interferenzstreifen entstehen durch eine destruktive Interferenz, d.h. der Gangunterschied Δ_m, also die Differenz der optischen Wege des außerordentlichen und ordentlichen Strahls, entspricht einem ganzzahligen Vielfachen der Lichtwellenlänge λ:

$$\Delta_m = d \cdot \left(n_o - n_e\right) = m \cdot \lambda \quad \text{mit } m \in \mathbb{Z}$$

d: Dicke des Kristalls in Richtung der optischen Achse

Durch das Anlegen einer elektrischen Spannung an den Kristall bewegen sich bei entsprechender Wahl des Vorzeichens die dunklen Interferenzstreifen der einen Hyperbelschar (parallel zur optischen Achse) mit Erhöhung der Spannung zum Zentrum hin (Fig. 3).

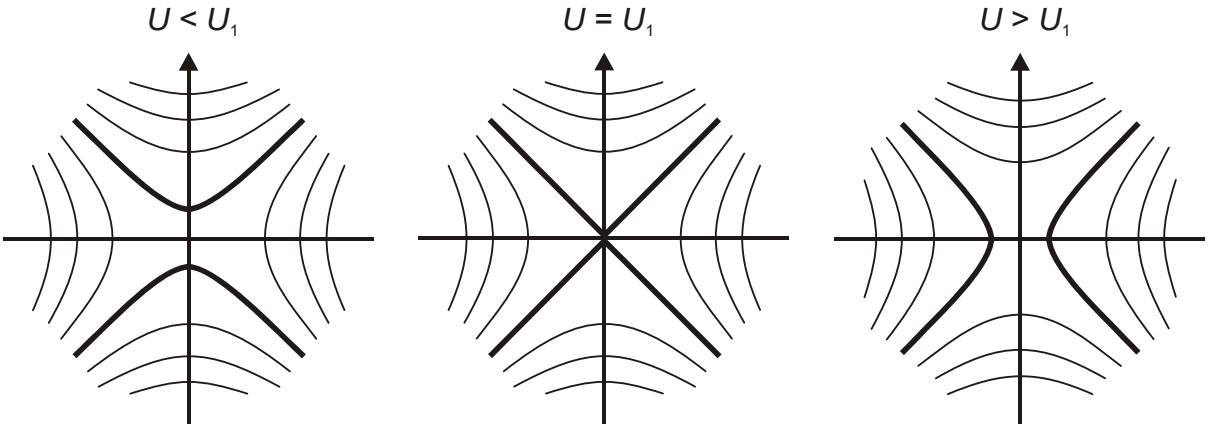


Fig. 3: Änderung des Interferenzmusters durch den Pockelseffekt. Die fett gezeichneten Hyperbeln sind jeweils die der Intereferenzordnung +1.

Entsprechend bewegen sich die dunklen Interferenzstreifen der anderen Hyperbelschar (senkrecht zur optischen Achse) mit Erhöhung der Spannung vom Zentrum weg. Bei einer Spannung U_1 sind die beiden Hyperbeln mit Gangunterschied Δ_{+1} in das Zentrum gewandert, das somit dunkel erscheint. Bei einer weiteren Erhöhung der Spannung wechseln die beiden Hyperbeln von der einen zur anderen Hyperbelschar und entfernen sich wieder vom Zentrum. Bei einer Spannung U_2 geschieht dasselbe mit den beiden Hyperbeln mit Gangunterschied Δ_{+2}. Die Differenz der beiden Spannungen, $U_2 - U_1$, entspricht gerade dem doppelten Wert der so genannten Halbwellenspannung U_π:

$$U_2 - U_1 = 2 \cdot U_\pi$$

Bei der Halbwellenspannung ändert sich also der Gangunterschied Δ um eine halbe Wellenlänge,

$$\Delta(U_\pi) = \frac{\lambda}{2},$$

d.h. im Interferenzmuster wird die Lage der dunklen und der hellen Interferenzstreifen vertauscht.

3. Technische Daten

Maximale Spannung:	2000 V
Halbwellenspannung:	ca. 380 V
Kristall:	$LiNbO_3$
Kristallabmessungen:	2 x 2 x 20 mm³
Plattenkondensator:	2 x 20 mm²
Axialer Winkelbereich:	± 95°
Kontaktierung:	4-mm-Buchsen
Einbauhöhe des Kristalls über dem Stielende:	150 mm

4. Experiment

Zusätzlich empfohlen:

1 Optische Präzisionsbank D	1002628
3 Optikreiter D, 90/50	1002635
2 Optikreiter D, 90/36	1012401
1 Polarisationsfilter auf Stiel	1008668
1 Projektionsschirm	1000608
1 He-Ne-Laser	1003165
1 Achromatisches Objektiv 10x /0,25	1005408
1 Sammellinse auf Stiel, f = 50 mm	1003022
1 Hochspannungsnetzgerät E @230V	1013412
oder	
1 Hochspannungsnetzgerät E @115V	1017725
1 Paar Sicherheitsexperimentierkabel	1002849

- Aufbau nach Fig. 4. Strahlengang durch Verschieben von Laser und Sammellinse justieren, bis der Fokus im Kristall der Pockels-Zelle liegt.
- Kristalllage mittels Drehscheibe der Polarisationsebene anpassen.

Hinweis:
Die Polarisationsebene des He-Ne-Lasers kann sich im Versuchsverlauf verändern.

Auf dem Schirm zeigen sich hyperbelförmige Strukturen, die ein Nachweis für die Doppelbrechung des Lichts im Kristall sind.

- Polarisationsfilter auf optimalen Kontrast einstellen.
- Für die Bestimmung der Halbwellenspannung ans Buchsenpaar der Pockels-Zelle eine Gleichspannung anlegen. Bei 0 V beginnen und langsam erhöhen bis eine Spannung erreicht ist, bei der der Strom max. 2 mA beträgt.

Im Zentrum des Interferenzbildes wechseln Hel-

ligkeitsmaxima mit Helligkeitsminima. Zwischen zwei Helligkeitsextrema liegt der Betrag einer Halbwellenspannung.

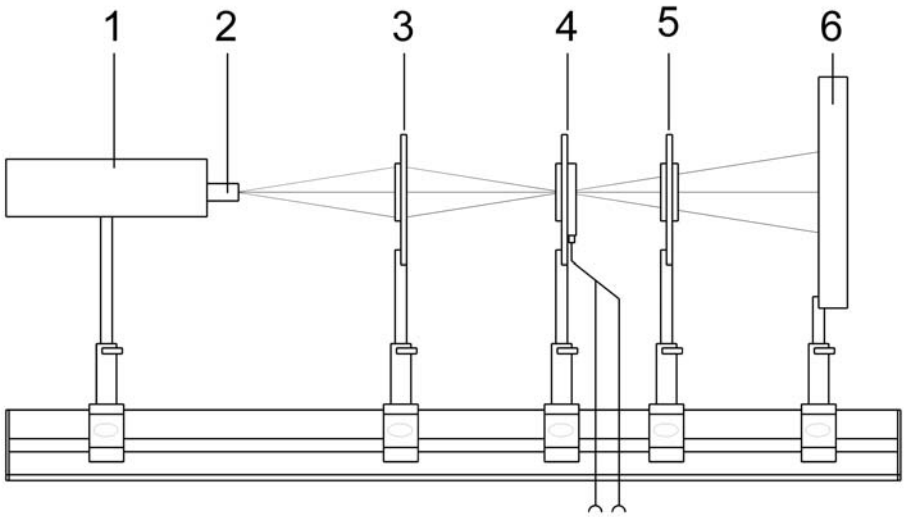


Fig. 4 Aufbau zum Nachweis der Doppelbrechung am $LiNbO_3$ Kristall.

1 Laser
2 Achromatisches Objektiv
3 Sammellinse +50 mm
4 Pockels-Zelle
5 Polarisationsfilter
6 Schirm

© Copyright 2015 3B Scientific GmbH