

34^e Internationale Natuurkunde Olympiade

Taipei, Taiwan

Experimentele toets

Woensdag 6 augustus 2003

Beschikbare tijd: 5 uur

Lees dit eerst!

1. Gebruik uitsluitend de pen die ter beschikking is gesteld.
2. Beschrijf uitsluitend de voorkant van de antwoordbladen en het blanco papier.
3. Gebruik in je antwoorden zo weinig mogelijk tekst; druk jezelf vooral uit in formules, getallen en figuren. Als het benodigde antwoord een numerieke uitkomst heeft, onderstreep het uiteindelijke antwoord dan met een golflijntje.
4. Noteer op de blanco bladen papier de resultaten van je metingen en wat je verder denkt dat nodig is voor de oplossing van de vraag en wat je verder wilt opmerken.
5. Bovenaan elk blad moet je het **land** en je **studentnummer** invullen. Vul verder in: het nummer van de vraag [**Question No.:** bijvoorbeeld **A-(1)**]; het paginanummer (**page no.**) en het totaal aantal blanco bladen (**total no. of pages**) dat je hebt gebruikt voor deze vraag en dat nagekeken moet worden. Noteer ook aan het begin van elk blad het nummer en het onderdeel van de vraag waarmee je bezig bent. Zet een kruis door alle andere beschreven bladen die niet nagekeken hoeven te worden. Neem deze bladen ook niet op in de nummering van de bladen.
6. Leg aan het eind alle bladen in de juiste volgorde.

Optische eigenschappen van de laserdiode en de "Nematische Liquid Crystal"

1. Inleiding

In dit experiment wordt een laserdiode als lichtbron gebruikt, die licht uitzendt met een golflengte van 650 nm. Als de stroomsterkte van de laserdiode (LD) een bepaalde drempelstroomsterkte overschrijdt, gaat de laserdiode monochromatisch, gedeeltelijk gepolariseerd en coherent licht uitzenden. Het gedeeltelijk gepolariseerd licht kan beschouwd worden als een gepolariseerd en een ongepolariseerd deel. De lichtintensiteit van het ongepolariseerde deel noemen we J_o en van het gepolariseerde deel J_p . Als het gedeeltelijk gepolariseerd deel op een polarisator valt, hangt de transmissie van het gepolariseerde deel af van de hoek van de polarisatie en van de polarisatiehoek van de polarisator. Van het ongepolariseerde deel wordt echter een constant deel doorgelaten dat onafhankelijk is van de hoek. Als de stroomsterkte in de laserdiode kleiner is dan de drempelwaarde, is de uitgezonden lichtsterkte erg klein. Boven deze drempelstroomsterkte neemt de lichtintensiteit sterk toe, volgens een lineair verband met de stroomsterkte. Als de stroomsterkte nog verder toeneemt, wordt de toename van de lichtintensiteit als gevolg van een grotere stroomsterkte kleiner door de hogere temperatuur van de laserdiode. Dit gedrag betekent dat het optimale stroomsterktegebied voor een goede werking van de laserdiode het gebied is, waar de lichtintensiteit lineair toeneemt met de stroomsterkte. In het algemeen is de drempelstroomsterkte I_{th} gedefinieerd als het snijpunt van de stroom-as met de geëxtrapoleerde lijn van het lineaire deel in de grafiek.

Pas Op: Kijk niet direct in het laserlicht, je kunt je ogen beschadigen!

2. fotodetector

De fotodetector die in dit experiment wordt gebruikt, bestaat uit een fotodiode en een stroomversterker. Als een externe voorspanning op de fotodiode wordt gezet, wordt de fotostroom opgewekt door het invallende licht op de diode. Uitgaande van een constante temperatuur en monochromatisch opvallend licht is de fotostroomsterkte evenredig met de lichtintensiteit. De stroomversterker wordt gebruikt om de fotostroom om te zetten in een uitgangsspanning.

HIGH _ LOW?

Apparatuur!!

Experiments part A

3. Liquid Crystal

Liquid Crystal is een aggregatietoestand die in ligt tussen kristallijne vaste stof en amorf vloeistof. Nematische LC's zijn organische mengsels die bestaan uit

langgerekte naaldachtige moleculen. De oriëntatie van de moleculen kan eenvoudig gelijkgericht worden en gecontroleerd door een aangelegd elektrisch veld. Gelijke of goed omschreven oriëntatie is nodig in de meeste LC-apparaten. In figuur 1. staat de opbouw van de LC-cel zoals gebruikt in dit experiment. Glasplaatjes zijn eerst voorzien van transparante elektrisch geleidende film indium-tin-oxide (ITO) en daarna gecoat met een dunne polyimide (PI) richtinggevende laag. Deze PI-laag is gewreven met lenspapier om microgoreven te produceren voor het richten van de LC-moleculen tussen de plaatoppervlakken. Met deze wrijfmethode kan men een goed gerichte voorkeursrichting bereiken van de LC-moleculen tussen de glasplaten, waarmee door de moleculaire interactie het gehele LC een gelijke richting kan krijgen. De plaatselijke moleculaire oriëntatie wordt de director van de LC in dat punt genoemd. De LC-cel vertoont de zogenoemde eigenschap dubbelbreking met twee verschillende brekingsindices. Als licht zich in de richting van de director voortplant, hebben alle polarisatierichtingen dezelfde snelheid $v_o = \frac{c}{n_o}$, met n_o de gewone brekingsindex. Deze voortplantingsrichting (de richting van de director) noemen we de optische as van de LC-cel. Als een lichtstraal zich voortplant in een richting loodrecht op de optische as, zijn er normaal gesproken twee verschillende voortplantingssnelheden. Het elektrisch veld van het licht dat gepolariseerd is loodrecht op de optische as (of parallel) plant zich voort met de snelheid $v_o = \frac{c}{n_o}$ (of $v_e = \frac{c}{n_e}$, met n_e de buitengewone brekingsindex). De dubbelbreking (optische anisotropie) wordt gedefinieerd als het verschil tussen de buitengewone en de gewone brekingsindices $\Delta n \equiv n_e - n_o$.

4.

Deel B Elektro-optische schakel-karakteristieken van een 90° TN LC cel

1. Plaats een 90° TN LC cel tussen de twee polarisators met gelijkgerichte doorlaatassen. Draai daarna deze LC-cel in stappen over een hoek van 360° om de transmissie als functie van de draaihoek ? (neem een meetpunt elke 5° tot 10°). Let op: Begin te meten als de hoeveelheid doorgelaten licht een minimum bereikt en neem deze stand als startpunt 0° .

- **Raak het oppervlak van de LC-cel niet aan!**
- Stel de opstelling zo in dat het oppervlak van de LC-cel loodrecht op de draai-as staat.

Vraag B-(1) (1,0 punt)

Meet de intensiteit van het doorgelaten licht (?) als functie van de draaihoek ? van de 90° TN LC-cel. Zet je metingen in een tabel en in een diagram.

Vraag B-(2) (1,0 punt)

Ervan uitgaande dat de LC-cel onder een zodanige hoek ? staat, dat de hoeveelheid doorgelaten licht minimaal is, plaats dubbele pijlen (?) om de trillingsrichting van het elektrische veld aan te geven in het vlak net voordat de lichtstraal de analysator ingaat en noteer of dit elektrisch veld gelijk is aan \vec{E}_o (gewone golf) of \vec{E}_e (buitengewone golf) **Op het antwoordvel in B-(2).**

Let op: Je moet de dubbele pijlen tekenen op de zwarte punten op de gestippelde dubbele pijl en ook de hoek ? invullen tussen de haakjes. De gestippelde dubbele pijlen stellen de doorlaatrichting van polarisator en analysator voor (deze zijn evenwijdig aan elkaar).

2. Plaats een NB 90° TN LC-cel tussen de twee polarisatoren die evenwijdige doorlaatrichtingen hebben en en zet een 100 Hz blokgolf op de I T O delen van twee glassubstraten en varieer de gebruikte spanning (V_{rms}) van 0 tot 7,2 V.

- Doe meer metingen als dat nodig is bij belangrijke keerpunten.

Vraag B-(3) (4,0 punt)

Meet de elektro-optische schakelkarakteristiek (J als functie van V_{rms}) van de NB 90° TN LC-cel, plaats je metingen in een tabel en diagram en bepaal de schakelhelling ?.

Vraag B-(4) (1,5 punt)

Bepaal de kritieke spanning V_c van deze NB 90° TN LC-cel. Laat met een diagram duidelijk zien hoe je de waarde V_c bepaalt.

Hint: Als de extern aangelegde spanning de kritieke spanning overschrijdt, neemt de hoeveelheid uitgezonden licht snel en abrupt toe.

Deel C Elektro-optische schakelkarakteristiek van een evenwijdig gerichte LC-cel

1. Vervang de NB 90° TN LC-cel door een evenwijdig gerichte LC-cel.
2. Maak een meetopstelling met $\theta = 45^\circ$ bij $V = 0$ zoals aangegeven in figuur 8. Zet de doorlaatas van de analysator loodrecht op die van de polarisator, draai dan net zolang aan de evenwijdig gerichte LC-cel tot de hoeveelheid doorgelaten licht een maximum bereikt (T_\perp). Op deze wijze wordt de 45° opstelling goed ingesteld.
Bepaal de waarde van T_\perp , Bepaal daarna de intensiteit van het doorgelaten licht (T_\parallel) van dezelfde LC-cel als de doorlaatas van de analysator evenwijdig aan die van de polarisator staat (ook weer bij $V = 0$).

Vraag C-(1) (2,0 punt)

Neem aan dat de golflengte van het laserlicht 650 nm is, de dikte van de LC-laag $7,7 \mu\text{m}$ en de benaderde waarde van Δn ongeveer 0,25. Bereken, met behulp van de experimenteel verkregen waarden van T_\perp en T_\parallel , de juiste waarde van de fasevertraging δ en de juiste waarde van de dubbelbreking Δn van deze LC-cel bij $V = 0$.

3. Zet, net als in het experiment hierboven (1), in de 45° opstelling een 100 Hz blokgolf met een functiegenerator op de ITO-delen van de glasplaten, varieer de aangelegde spanning (V_{rms}) van 0 tot 7,2 V en meet de elektro-optische schakelkarakteristiek (T_\parallel) als de doorlaatrichting van de analysator evenwijdig aan de doorlaatrichting van de polarisator staat. (Hint: Het opmeten van de schakelcurve van T_\perp helpt om de nauwkeurigheid van de

gegevens van bovenstaande T_{\parallel} metingen te vergroten; de gegevens van T_{\perp} zijn in de volgende vragen niet nodig.)

- Neem in de belangrijke keerpunten meer meetpunten als dat nodig is (vooral in het bereik van 0,5 – 4,0 V).

Vraag C-(2) (2,5 punt)

Meet de elektro-optische schakelkarakteristiek op van T_{\parallel} van de evenwijdig georiënteerde LC-cel in de 45° opstelling. Zet hierbij de metingen in een tabel en teken de grafiek.

Vraag C-(3) (1,5 punt)

Bepaal de uitwendig aangelegde spanning V_p , uitgaande van de elektro-optische schakeldata en / of het diagram verkregen in vraag C-(2).

- V_p is de aangelegde spanning die ervoor zorgt dat de faseverschuiving van deze anisotrope LC-cel π (180°) wordt.
- Bedenk dat Δn afhangt van de aangelegde spanning en dat Δn kleiner wordt als V toeneemt.
- Mogelijk is interpolatie van gegevens nodig om de juiste waarde van V_p te bepalen.

Vraag C-(4) (1,5 punt)