

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za matematiko in fiziko*



Oddelek za fiziko

Elektrooptični pojav

Poročilo vaje pri FP5

Kristofer Čepon Povšič

Asistent: Tilen Knaflič

Contents

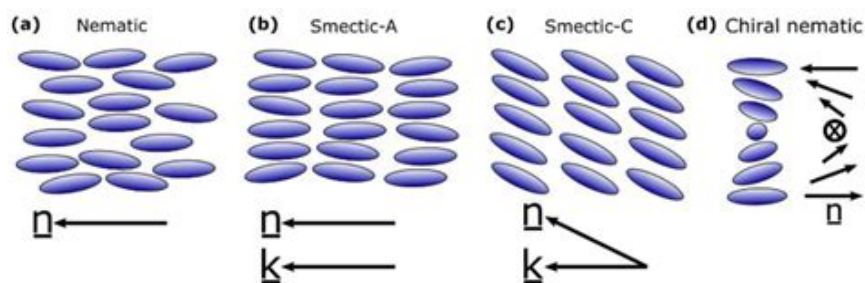
1	Uvod	3
2	Potrebščine	5
3	Naloge	5
4	Izračuni	5
4.1	Sorazmernost odziva z modulacijo	5
4.2	Določanje relaksacijskega časa	6
5	Viri	8

1 Uvod

Tekoče kristale tvorijo podolgovate molekule, ki se pri ne previsokih temperaturah orientacijsko uredijo. Za smektične tekoče kristale je značilno, da se molekule uredijo v plasti.

Smektični kristal je oblika mezofaze (faza med trdnim in tekočim stanjem), ki so usmerijo podolgem v plasti, vendar se molekula lahko znotraj plasti prosto giba. Primer smektičnega tekočega kristala je milo. [1]

Poznamo več vrsti smektičnih kristalov, ki jih prikazuje spodnja slika



Slika 1: Slika prikazuje, kako različne vrste smektičnih kristalov. Vir: [1]

V smektikih A kaže odlikovana smer, ki ji pravimo direktor vzdolž normale plasti, v smektikih C* pa je kot, ki ga oklepa direktor z normalo nekje med 10° in 30° .

Feroelektrične smektične C* tvorijo molekule, ki imajo velik električni dipolni moment prečno na vzdolžno os molekul, zato se v teh snoveh pojavi električna polarizacija, ki leži v ravnini plasti in je pravokotna na direktor. Polarizacija je sorazmerna s kotom nagiba. Tekoči kristali so posebej uporabni zaradi dvolomnosti, ki izhaja iz orientacijske urejenosti molekul, kjer je optična os vzporedna z direktorjem.

V dovolj debelem vzorcu oriše smer nagiba in s tem tudi električna polarizacija poln krog (nekaj sto do tisoč plasti). Polarizacijo plasti lahko uredimo v isto smer bodisi z zunanjim električnim poljem bodisi z ograditvijo vzorca v ploščici, ki predpisujeta orientacijo molekul. Predpisovanje orientacij molekul je doseženo s kemično ali mehansko obdelavo površin.

Če je razmik med ploščicama dovolj majhen (reda v μm), se direktor postavi v predpisani smeri po vsem vzorcu. V takem površinsko stabiliziranem feroelektričnem tekočem kristalu so plasti kristala pravokotne na ploščici, električna polarizacija pa leži v ravnini ploščic.

Če postavimo ta tanko površinko stabiliziran feroelektrični kristal v zunanje električno polje \vec{E} , ki je pravokoten na ploščici, se električna polarizacija vzorca deloma zasuče v smeri polje. Tudi direktor se deloma zasuče na stožcu smeri, ki ga določa nagib direktorja glede na normalo plasti. Zasuk električne polarizacije je sorazmeren z električnim poljem, posledično je sorazmeren tudi zasuk optične osi.

Linearnemu odzivu lomnega količnika na zunanje električno polje pravimo *elektrooptični pojav*. Zasuk polarizacije je v izmeničnem polju odvisen tudi od frekvence. Pri previsoki frekvenci polarizacija ne more več slediti polju. Odvisnost spremembe polarizacije ∂P od frekvence opišemo z Debyejevim relaksacijskim modelom

$$\partial P = \partial P_0 \frac{1}{1 + i\omega\tau} \quad (1)$$

kjer je τ relaksacijski čas odvisen od viskoznosti tekočega kristala in od debeline vzorca.

Kot zasuka optične osi, ki je sorazmeren s spremembo polarizacije, ima enako frekvenčno odvisnost.

Spremembo smeri optične osi zaznamo tako, da opazujemo, kako se spremeni polarizacija svetlobe pri prehodu skozi vzorec. Na vzorec posvetimo s polarizirano svetlobo in merimo svetlobno moč, ki jo prepušča analizator za vzorcem.

Vpadno polarizacijo razstavimo na izredno komponento, ki je vzporedna z optično osjo in na redno komponento, pravokotno na optično os. Prepuščeno svetlobno moč merimo s pomočjo fotodiode. Odziv nekega sistema na majhne periodične zunanje motnje najlažje izmerimo s faznim občutljivim ojačevalnikom (FOO, angl. *lock-in amplifier*).

FOO deluje po principu tega, da vhodni izmenični signal iz fotodiode pomnoži z referenčnim izmeničnim signalom s frekvenco modulacije (v našem primeru zunanje električnega polja, priklopljenega na tekočokristalni vzorec).

V tekočem kristalu je zasuk optične osi ψ zaradi viskoznosti snovi zakasnjjen glede na zunanje električno polje. Del, ki je v fazi dobimo kot realni del enačbe 1, del zasukan za $\frac{\pi}{2}$ pa kot imaginarni del

$$\psi_r = \frac{\psi_0}{1 + (\omega\tau)^2} \quad (2)$$

$$\psi_i = -\frac{\psi_0\omega}{1 + (\omega\tau)^2} \quad (3)$$

2 Potrebščine

- laser
- FOO z multimetrom
- fotodioda
- analizator
- vzorec
- osciloskop

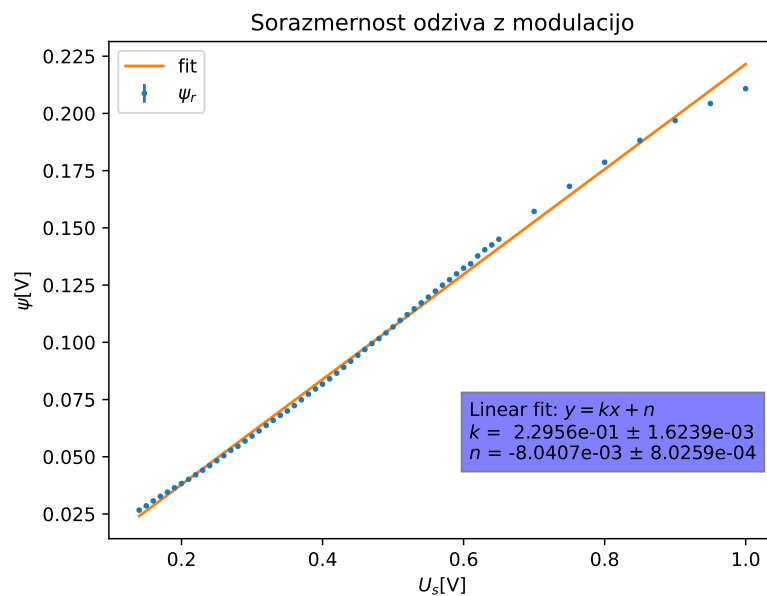
3 Naloge

- prepričaj se, da je elektrooptični odziv sorazmeren z modulacijo do neke napetosti
- nariši obe komponentni signala kot funkciji frekvence in določi relaksacijski čas

4 Izračuni

4.1 Sorazmernost odziva z modulacijo

Pri fiksni frekvenci $\nu = 20\text{Hz}$ sem preveril, če sta je realna komponenta signala odziva res sorazmerna. S prilagajanjem premice se vidi, da je odziv res linearen na 2.



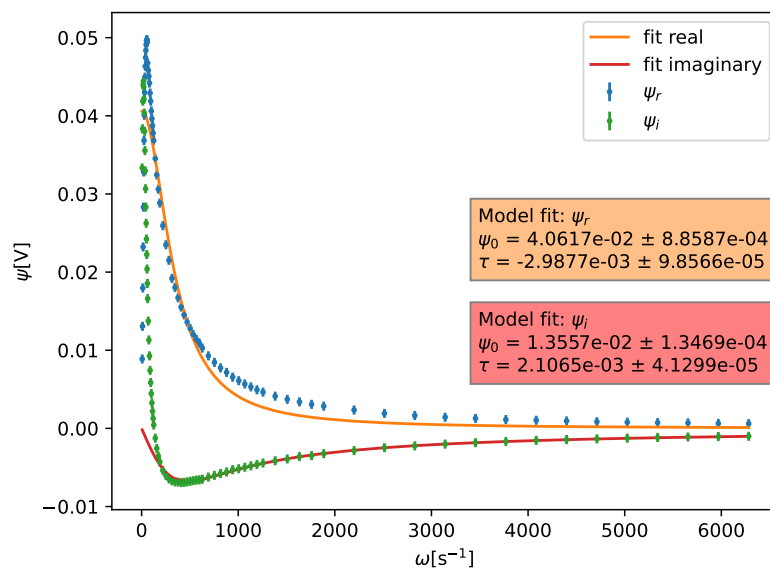
Slika 2: Linearen odziv pri modulaciji je opazen.

4.2 Določanje relaksacijskega časa

Sedaj sem pri fiksni napetosti $U = 0.2\text{V}$ spreminjal frekvenco.

S prilagajanjem funkcij 2 sem določil relaksacijski čas za vzorec

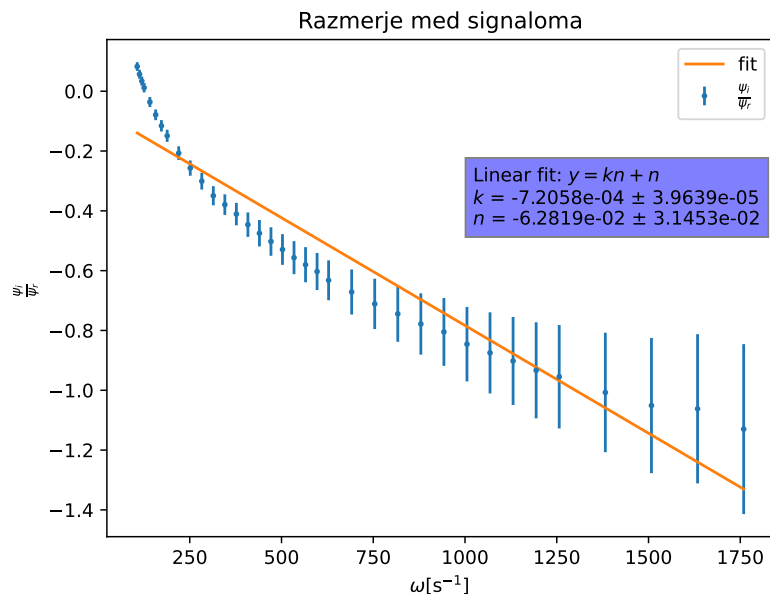
$$\tau_1 = 2.98 \cdot 10^{-3} \pm 0.0910^{-3}\text{s} \quad \tau_2 = 2.10 \cdot 10^{-3} \pm 0.0410^{-3}\text{s}$$



Slika 3: Regresija modelov za 2

Za konec sem pa izračunal τ še tako, da sem izračunal kvocient realne in imaginarne komponente. Z deljenjem 2 dobimo

$$\frac{\psi_i}{\psi_r} = -\tau\omega$$



Slika 4: Zdeljena oblika, ki naj bi bila premica po krožni frekvenci ω z naklonom τ . Napake hitro rastejo, saj je relativna napaka imaginarne komponente x velika.

Tako sem dobil še čas

$$\tau = (0.72 \cdot 10^{-3} \pm 0.04 \cdot 10^{-3})\text{s}$$

Kar pa se zelo slabo ujema s prej dobljenima časoma fittanja premic. Možno je, da je do napake prišlo zaradi nepoznavanja FOO in sem tekom merjenj nevede spremenil koeficient, s katerim je bil pomnožena izmerjena realna in imaginarna komponenta signala.

5 Viri

- [1] Daken. Smectic Liquid Crystal: The Full Introduction From Dakenchem, December 2022.