

Ciekłe Kryształy

Adam Cieślik pod opieką dr Teresy Jaworskiej-Gołąb
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ



Motywacja

Ciekłe kryształy są piękne i tajemnicze. Fascynują mnie z obu tych powodów,

Pierre-Gilles de Gennes (ur. 24 X 1932, zm. 18 V 2007; laureat Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki "for discovering that methods developed for studying order phenomena in simple systems can be generalized to more complex forms of matter, in particular to liquid crystals and polymers")

Ciekłe kryształy - krótka historia

- 1888 - Friedrich Reinitzer odkrywa naturę ciekłokrystaliczną cholesterolu otrzymanego z marchewek
- 1904 - Otto Lehmann publikuje pracę „Ciekłe kryształy”
- 1911 - Charles Mauguin dokonał pierwszego eksperymentu z ciekłym kryształem znajdującym się między dwoma oplatyzatorami
- 1922 - Georges Friedel opisał ciekłe kryształy i sklasyfikował je w 3 podstawowe grupy
- 1936 - firma Marconi Wireless Telegraph opatentowała pierwszą aplikację wykorzystującą ciekłe kryształy ("The Liquid Crystal Light Valve")
- 1962 - Dr. George W. Gray opublikował pierwszą angielskojęzyczną pracę na temat ciekłych kryształów ("Molecular Structure and Properties of Liquid Crystals")
- 1962 - Richard Williams w laboratoriach RCA odkrył, że ciekły kryształ ma ciekawe właściwości optyczno-elektryczne
- 1964 - George H. Heilmeyer pracując nad odkryciami Williams'a stworzył pierwszy wyświetlacz LCD
- Lata 60-te XX wieku - odkryto nowe typy kryształów mające dobrą stabilność i właściwości termiczne przy zastosowaniu w wyświetlaczach LCD
- 4 grudzień 1970 - Hoffmann-LaRoche, Wolfgang Helfrichi, Martin Schadt opatentowali w Szwajcarii efekt skręconego nematyka (twistednematic field effect) w ciekłym kryształach (identyczny patent wniesiono w USA 4 kwietnia 1971)
- 1972 - T. Peter Brody stworzył pierwszy wyświetlacz LCD z matrycą aktywną
- 2007 - sprzedaż monitorów LCD przewyższyła sprzedaż monitorów CRT

Opis eksperymentu

W wykonywanym ćwiczeniu wykorzystano trzy próbki ciekłych kryształów: 7CB, 5os5, 11os5. Pierwszą użyto do badania anizotropii dielektrycznej nematycznych ciekłych kryształów a drugą i trzecią do badania przejść fazowych w ciekłych kryształach termotropowych metodą mikroskopii polaryzacyjnej.

1. Badanie anizotropii dielektrycznej

Próbkę 7CB umieszczono pomiędzy okładkami kondensatora płasko-równoległego. Kondensator znajdował się w środku elektromagnesu przedstawionego poniżej na rysunku 1 z resztą elementów układu pomiarowego. Jako pierwszą badano prostopadłą składową przenikalności dielektrycznej. W tym celu próbkę umieszczono prostopadle do linii pola magnetycznego. Następnie zbadano zależność pojemności kondensatora od przyłożonego prądu w temperaturze pokojowej. Po zbadaniu pojemności w zakresie napięć 0-80[A] wywnioskowano, że ustali się napięcie 60[A] ponieważ powyżej 40 [A] następuje ustabilizowanie objętości. Przy taki napięciu rozpoczęto ogrzewanie próbki i badanie pojemności kondensatora w zależności od temperatury. Pomiar powtórzono również dla próbki ustawionej równolegle do linii pola magnetycznego.

2. Badanie przejść fazowych metodą mikroskopii polaryzacyjnej

Próbkę 5os5 umieszczono w mikroskopie polaryzacyjnym. Obraz z mikroskopu obserwowano na monitorze komputera. Zaczęto ogrzewanie próbki od 22 do 81 stopni Celsjusza, następnie rozpoczęto chłodzenie do 24.9 stopni Celsjusza. Podczas ogrzewania jak i chłodzenia wykonywano zdjęcia próbki średnio co 2 stopnie Celsjusza.

Tą samą procedurę powtórzono dla próbki 11os5.



Rysunek 1. Zdjęcie układu doświadczenia użytego do badania anizotropii dielektrycznej, źródło [5]



Rysunek 2. Zdjęcie układu doświadczenia użytego do badania przejść fazowych metodą mikroskopii polaryzacyjnej, źródło [5]

Analiza danych

1. Badanie anizotropii dielektrycznej

W celu zamiany pojemności kondensatora na przenikalność dielektryczną skorzystano z danych odzwierciedlających zależność obu wielkości które znajdowały się już na komputerze z którego korzystano. Ich poprawność została potwierdzona przez prowadzącą ćwiczenie.

Następnie wyznaczono zależności składowych prostopadłej i równoległej przenikalności dielektrycznej, anizotropii dielektrycznej oraz średniej wartości przenikalności dielektrycznej od temperatury.

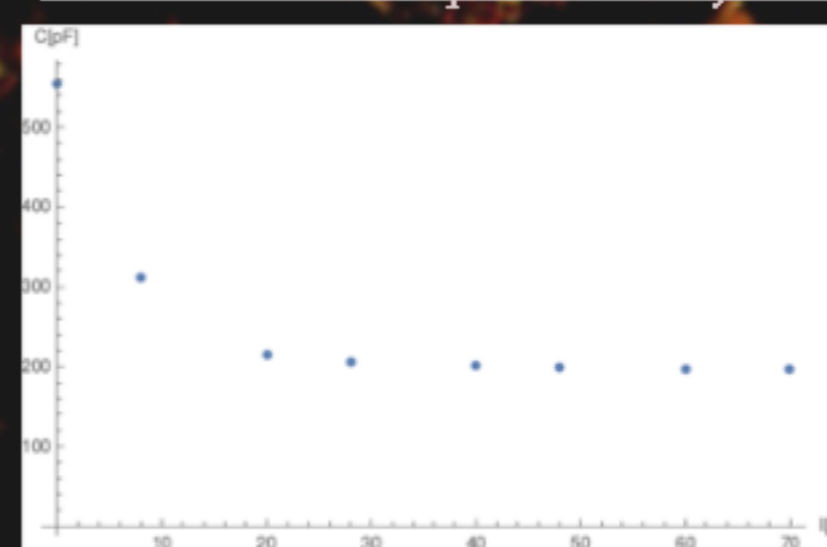
2. Badanie przejść fazowych metodą mikroskopii polaryzacyjnej

Na podstawie zrobionych zdjęć spróbowano rozpoznać na których następowały przejścia fazowe i na tej podstawie określić temperaturę w której one następowały. Tabele z wynikami oraz zdjęcia wybranych zdjęć przedstawiam poniżej.

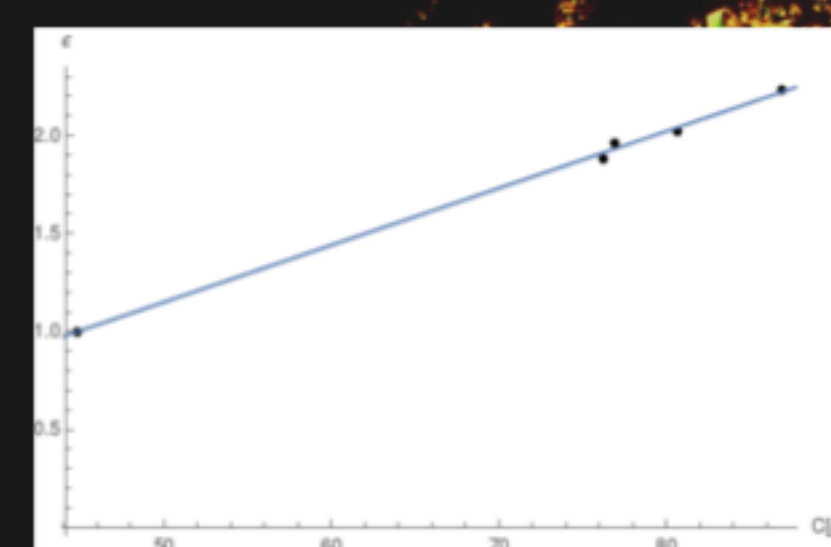
Wyniki pomiarów

*Wszystkie poniżej przedstawione wyniki na wykresach i rysunkach są dla danych zbieranych przy ochładzaniu próbek

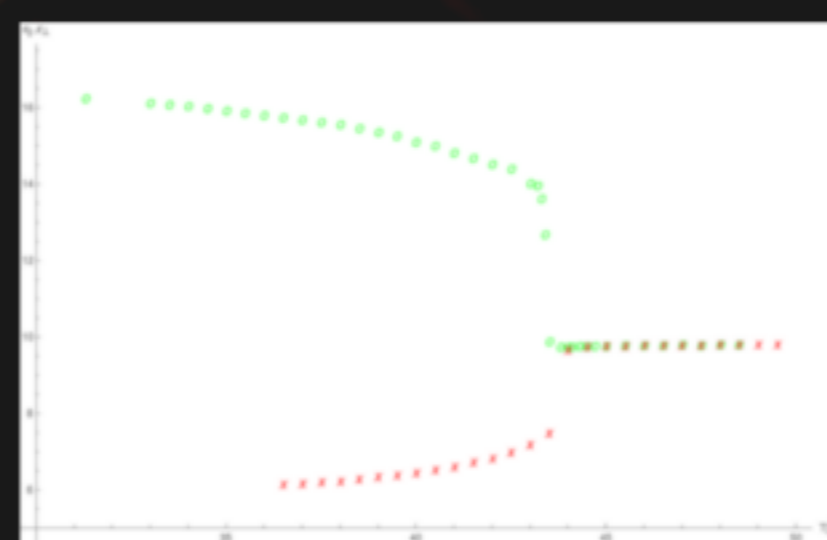
1. Badanie anizotropii dielektrycznej



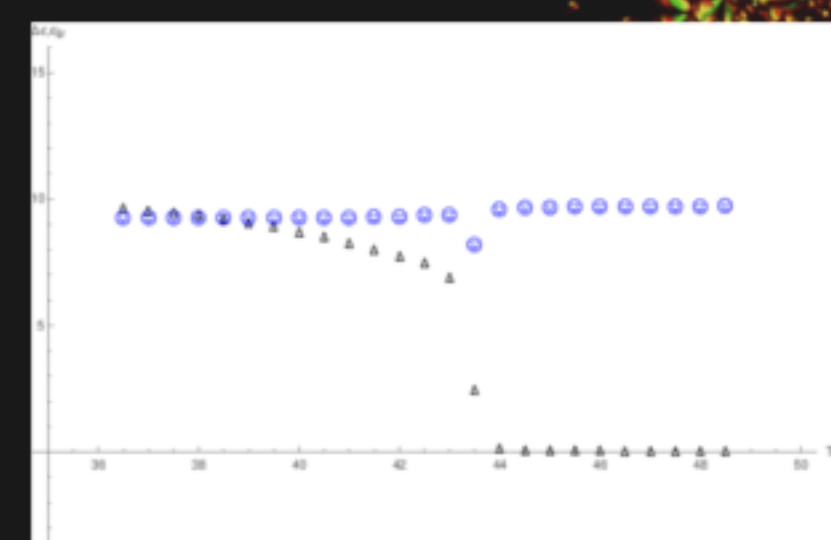
Wykres 1. Zależność pojemności kondensatora od przyłożonego prądu



Wykres 2. Zależność przenikalności dielektrycznej pojemności kondensatora



Wykres 3. Zależność prostopadłej składowej przenikalności dielektrycznej (czerwone krzyżyki) oraz równoległej składowej (zielone kółka) od temperatury



Wykres 4. Zależność anizotropii dielektrycznej (czarne trójkąty) oraz średniej przenikalności dielektrycznej (niebieskie uśmiechy) od temperatury

2. Badanie przejść fazowych metodą mikroskopii polaryzacyjnej

Przejście	5os5	11os5
Kr → SmE/SmJ	64.2°C	62°C
SmJ → SmC	-	63.2°C
SmC → SmA	-	83.2°C
SmA → N	65°C	85°C
N → Iz	81°C	85.3°C
Iz → N	76.2°C	85.1°C
N → SmA	48.8°C	83.3°C
SmA → SmC	-	62°C
SmC → SmJ	-	35°C
SmE/SmJ → Kr	28°C	27°C

Tabela 1. Wartości temperatur w których następowały przejścia fazowe rozpoznane przezemnie na podstawie zebranych danych



Rysunek 3. Zdjęcia przejść fazowych wykonane dla próbki 5os5. Zdjęcia wykonane dla próbki 11os5 użyte jako tło plakatu.

Podsumowanie

W wyniku pomiarów wykonanych dla próbki 7CB udało wyznaczyć się z dokładnością do 0.5 stopnia celsjusza temperaturę klarowania. Wykonując dodatkowe pomiary w celu zmierzenia zależności takich parametrów jak gęstość czy parametr porządku od temperatury jesteśmy w stanie na podstawie modelu Miera-Meiera dopasować zależność anizotropii od temperatury i odczytać parametry makroskopowe próbki. Dla próbek 5os5 i 11os5 udało mi się uchwycić piękne przejścia fazowe oraz na podstawie wykonanych zdjęć scharakteryzować fazy w których ciekłe kryształy się znajdowały.

Bibliografia

- [1] Stanisław Urban: Statystyczna przenikalność dielektryczna nematyków
- [2] Stanisław Urban: Podstawowe informacje o ciekłych kryształach
- [3] Joanna Janik: Ciekłe kryształy, Foton 94, Jesień 2006
- [4] Michał Janowicz, Piotr Wojtowicz: Wyświetlacze ciekłokrystaliczne (LCD)
- [5] Instrukcja do ćwiczeń Z1 i Z2