

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SIVI KRİSTALLERİN ELEKTRO-OPTİK VE FAZ GEÇİŞİ
ÖZELLİKLERİ

Burhan COŞKUN

Tez Yöneticisi:
Doç.Dr.Fahrettin YAKUPHANOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2007

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SIVI KRİSTALLERİN ELEKTRO-OPTİK VE FAZ GEÇİŞİ
ÖZELLİKLERİ

Burhan COŞKUN

Yüksek Lisans Tezi
Fizik Anabilim Dalı

Bu teztarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile başarılı/başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Doç.Dr. Fahrettin YAKUPHANOĞLU

Üye:

Üye:

Üye:

Üye:

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .../.../.....tarih vesayılı kararı ile onaylanmıştır.

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans tezimin hazırlanmasında, yürütölmesinde maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen çok saygı değer hocam Doç.Dr. Fahrettin YAKUPHANOĞLU ve Yrd. Doç.Dr. Faruk YILMAZ'a; teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİLLER LİSTESİ	II
TABLolar LİSTESİ	III
SİMGELER LİSTESİ	IV
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
1.GİRİŞ	1
2. SIVI KRİSTALLER	2
2.1. Sıvı Kristallerin Sınıflandırılması	3
2.1.1. Liyotropik sıvı kristaller	3
2.1.2. Termotropik sıvı kristaller	3
2.1.2.a. Nematik sıvı kristaller	4
2.1.2.b. Simektik sıvı kristaller	5
2.1.2.c. Kolesterik sıvı kristaller	6
3. SIVI KRİSTALLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	9
3.1. Sıvı Kristallerin Optik Özellikleri.....	10
3.2. Sıvı Kristallerin Dielektrik Özelliklerinin Dielektrik Spektroskopisi ile Analizi....	11
4. DENEYSEL İŞLEMLER.....	13
4.1. Sıvı Kristal Hücrelerin Hazırlanması.....	13
4.2. Dielektrik Anizotropi Özellikleri.....	14
4.3. Sıvı Kristalin Dielektrik Özellikleri.....	18
4.4. Sıvı Kristallerin Elektriksel İletkenlik özellikleri	23
4.5. Faz Geçiş ve Optik Özellikleri	25
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	29
KAYNAKLAR	30
ÖZGEÇMİŞ	31

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Katı kristal ile sıvı faz arasındaki geçişin sıcaklığa bağlı değişimi.....	2
Şekil 2.2 Sıvı kristallerin sınıflandırılması	3
Şekil 2.3 Termotropik sıvı kristallerin molekül yapıları.....	4
Şekil.2.4 Nematik fazda moleküllerin aynı doğrultuda yönelimi	4
Şekil 2.7 Kollesterik sıvı kristallerde molekülerdeki yönelim değişiminin helisel burulması	6
Şekil 3.1 Dielektrik sabiti uygulanan alan ile sıvı kristal madde arasındaki etkileşim ..	10
Şekil 4.1. Kimyasal malzemelerin yapısı.....	13
Şekil 4.2. Elektriksel ölçümler için deney düzeneği.....	14
Şekil 4.3. 5CB sıvı kristalinin farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri.....	15
Şekil 4.4 5CBF sıvı kristalinin farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri.....	15
Şekil 4.5 5CBM sıvı kristalinin farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri	16
Şekil 4.6 5CBM2 sıvı kristalinin farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri	16
Şekil 4.7. 5CBM2 numunesi için $\Delta\epsilon$ 'nin frekansla değişimi.....	17
Şekil 4.8. 5CB için $\Delta\epsilon$ 'nin frekansla değişimi	18
Şekil 4.9 5CBM için dielektrik sabitinin reel kısmının frekansa göre değişim grafiği ..	20
Şekil 4.10. 5CBM2 için dielektrik sabitinin reel kısmının frekansa karşı değişimi	20
Şekil 4.11. 5CBM için dielektrik sabitinin sanal kısmının frekansa karşı değişim grafiği	21
Şekil 4.12 5CBM2 için dielektrik sabitinin sanal kısmının frekansa karşı değişim grafiği	21
Şekil 4.13. 5CBM2 için dielektrik sabitlerinin sanal kısmının reel kısmına karşı değişimi ($\epsilon'' - \epsilon'$) grafiği.....	22
Şekil 4.14. 5CBM için dielektrik sabitlerinin sanal kısmının reel kısmına karşı değişimi ($\epsilon'' - \epsilon'$) grafiği.....	22
Şekil 4.15. 5CBM için $\sigma_{\perp}$ ve $\sigma_{//}$ 'in frekansla değişimi.....	23
Şekil 4.16. 5CBM2 için $\sigma_{\perp}$ ve $\sigma_{//}$ 'in frekansla değişimi.....	24
Şekil 4.17. 5CB-5CBF ve 5CBM için dielektrik sabitinin sıcaklığa karşı değişimi	25
Şekil 4.18 Sıvı kristallerin absorpsiyon , geçirgenlik ve yansımaya spektrumları	27
Şekil 4.19 Sıvı kristallerin kırılma indisinin dalga boyu ile değişimi	28

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1. Termotropik sıvı kristallerin sergiledikleri karakteristik desenler ve fazların moleköl yapıları.....	7
Tablo 2. Termotropik sıvı kristallerde sıcaklık değışimine bağı olarak gerçekleşebilen sıvı kristal faz geçişleri.....	8

SİMGELER LİSTESİ

α :Dielektrik relaksasyon dağılım parametresi

$\Delta\epsilon$:Dielektrik anizotropi

ϵ_0 :Boş uzayın dielektrik geçirgenliği

$\epsilon_{||}$:Paralel dielektrik sabiti

$\epsilon_{\perp}$:Dik dielektrik sabiti

ϵ' :Dielektrik sabitinin reel kısmı

ϵ'' :Dielektrik sabitinin sanal kısmı

ϵ^* :Kompleks dielektrik fonksiyonu

ϵ_{∞} :Yüksek frekans limitindeki dielektrik sabiti

σ :Öziletkenlik

$\tan \delta$:Dielektrik kayıp tanjantı açısı

τ :Relaksasyon zamanı

ω :Açısal frekans

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SIVI KRİSTALLERİN ELEKTRO-OPTİK VE FAZ GEÇİŞİ ÖZELLİKLERİ

Burhan COŞKUN

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı

2007, Sayfa: 40

Bu çalışmada, farklı polimerler katkılanmış 4-siyano-4'-n-pentilbifenil sıvı kristalinin elektro-optik ve faz geçişi özellikleri araştırıldı. Sıvı kristallerin dielektrik anizotropi ve dielektrik relaksasyon özellikleri dielektrik spektroskopi metodu ile analiz edildi. Dielektrik anizotropi özellikleri polimer katkılanmasıyla değişti. Sıvı kristallerin dielektrik relaksasyon mekanizması Debye tipi relaksasyon mekanizmasıdır. Faz geçiş sıcaklıkları dielektrik-sıcaklık metodu ile belirlendi.

Sıvı kristallerin elektro-optik ve faz geçişi özelliklerinin polimer katkılanmasıyla değiştiği gözlemlendi.

Anahtar Kelimeler: Sıvı kristal, dielektrik anizotropi, polimer, faz geçişi

ABSTRACT

Thesis of Master

THE ELECTRO-OPTICAL AND PHASE TRANSITION PROPERTIES OF LIQUID CRYSTALS

Burhan COŞKUN

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Physics

2007, Page: 40

In this study, the electro-optical and phase transition properties of 4-cyano-4'-n-pentylbiphenyl liquid crystal doped by various polymers have been investigated. The dielectrical anizotropy and dielectrical relxation properties of the liquid crystals have been analyzed by dielectrical spectroscopy method. The dielectrical anisotropy values were changed with doping of polymer. The dielectrical relaxation mechansim of the liquid crystals is Debye type relation mechanism. The phase transition temperatures were determined by dielectric-temperature method.

It was observed that the electro-optical and phase transition properties of the liquid crystals were changed with doping of polymer.

Keywords: Liquid crystal, dielectrical anisotropy, polymer, phase transition

1.GİRİŞ

Madde genel olarak katı, sıvı ve gaz olarak üç fazda bulunmaktadır. Katı yapıda atom veya moleküller belirli konumlarda örgü titreşimlerini yaparak dururlarken dönme hareketi yapamazlar. Sıvı fazda ise moleküller ötelenme hareketi ile birlikte dönme hareketini de yapabilmektedirler [1]. Katıların erimesi sonucu düzenli molekül yapısı bozulur ve moleküllerin dönüş serbestliği kazandığı sıvı faza geçilir. Katı, sıvı faza geçerken oradaki faz değerleri halen daha düzenli molekül dizilişine sahip sıvı haller gösterdiğinden dolayı bu tip maddelere sıvı kristaller denilmiştir. Sıvı kristaller bağli olarak çok düşük optiksel alanlar altında bile hassas etkin özelliklerden dolayı yüksek lineer olmayan optiksel malzemelerdir [1].

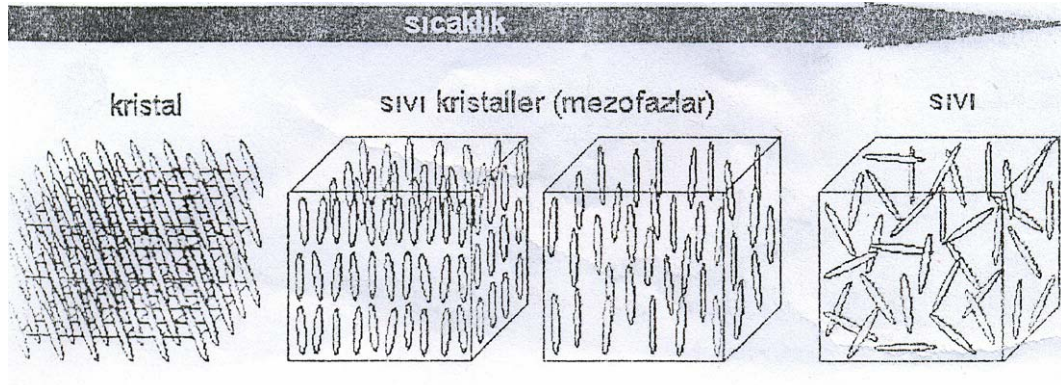
Sıvı kristaller moleküllerinin moleküler yönelimi sistemin elektro-optiksel davranışlarıyla belirlenir ve dış etkiler, moleküler etkileşmelerle moleküllerin tekrar yönelimine neden olabilir [1]. Kırılma indisi, empedans ve dielektrik spektroskopisi gibi ölçüm metotları sıvı kristallerin elektro-optik özelliklerini belirlemek için kullanılan önemli metotlardır. Bu tip ölçümler ilk olarak boya ve polimer katkılanmış sıvı kristallerde yapılmıştır. Sıvı kristallerinin elektro-optiksel özellikleri üzerinde farklı çalışmalar yapılmıştır. Dielektrik spektroskopisi tekniğı (DST) sıvı kristallerin moleküler yönelimlerini detaylı anlamak için kullanılan kullanışli bir tekniktir. Farklı frekanslarla dielektrik anizotropisinin değişimi, sıvı kristallerinin moleküler yöneliminin düşük frekanslarda p-tipi özeliğıne sahip olduğunu ve frekans artırıldığında dielektrik anizotropi özelliğinin n-tipine değiştiğini açıklar. Farklı frekanslarda dielektrik relaksasyon ölçümü moleküler hareket ve polar grupların dinamikleri hakkında bilgi elde etmek için, farklı başlangıç yönelimine sahip boya katkılanmış nematik sıvı kristallerin moleküler yönelim özellikleri dielektrik spektroskopisi ölçümleriyle araştırılmıştır [1].

Bu çalışmada amacımız, farklı polimer malzemeleri katkılanmış nematik sıvı kristallerin elektro-optik ve faz geçişi özelliklerinin araştırılmasıdır

2. SIVI KRİSTALLER

Sıvı kristallerin varlığı ilk olarak 1888 yılında Avusturyalı botanikçi Friedrich Reinitzer tarafından ortaya çıkarılmıştır [1]. Reinitzer çalışmaları sonucu sentezlediği kollesteril benzoatta iki erime noktası olduğunu saptamıştır. Katı madde 145 °C de eriyerek bulanık bir sıvı oluşturuyor ve bu bulanık sıvı 179 °C de berrak bir sıvıya dönüşüyordu.

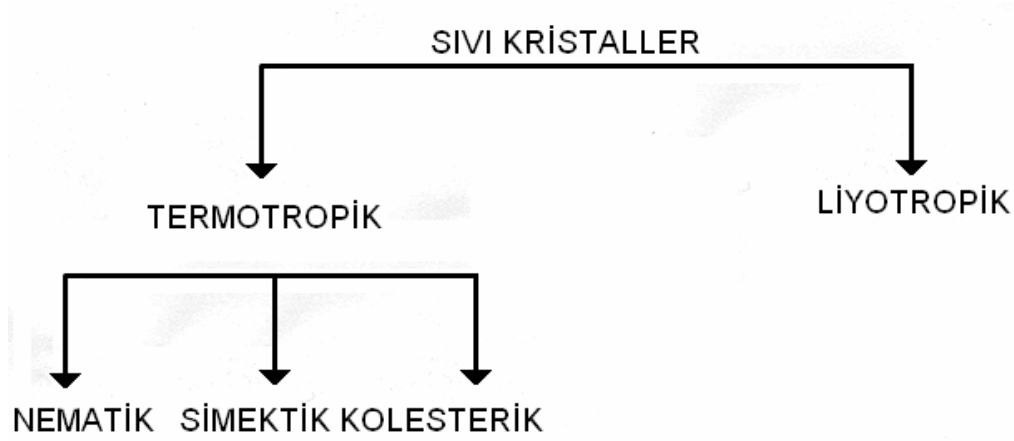
Lehmann polarizasyon mikroskobu ile inceleme yaparak bu maddenin anizotropik olduğunu görmüş ve onu sıvı kristal diye tanımlamıştır [2]. Sıvı kristal hali maddenin katı ve sıvı hal özelliklerinin birleştiği ve özelliklerinin çoğu bu iki hal arasında olan özel bir durumu ifade etmektedir. Şekil 2.1 de katı kristal ile sıvı faz arasındaki bu geçişin sıcaklığa bağlı değişimi göstermektedir. Sıcaklık arttıkça katı kristal yapıda moleküllerin üç boyutlu örgü düzenliliği iki boyuta indirgenir. Belirli bir sıcaklık değerinde yapıdaki düzenli örgü, moleküllerin arasındaki bağların kopması ile kaybolmaktadır ve yapı izotropik sıvı faza geçmektedir. Katı ile sıvı arasındaki bu ara fazlarda madde sıvı kristal halinde bulunmaktadır. Bu fazda moleküller arası düzenlilik ve yönelim en belirgin özellik olup yapı anizotropiktir [3].



Şekil 2.1. Katı kristal ile sıvı faz arasındaki geçişin sıcaklığa bağlı değişimi

2.1. Sıvı Kristallerin Sınıflandırılması

Sıvı kristaller oluşum sebeplerine bağlı olarak termotropik ve liyotropik olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar (Şekil. 2.2) [2].



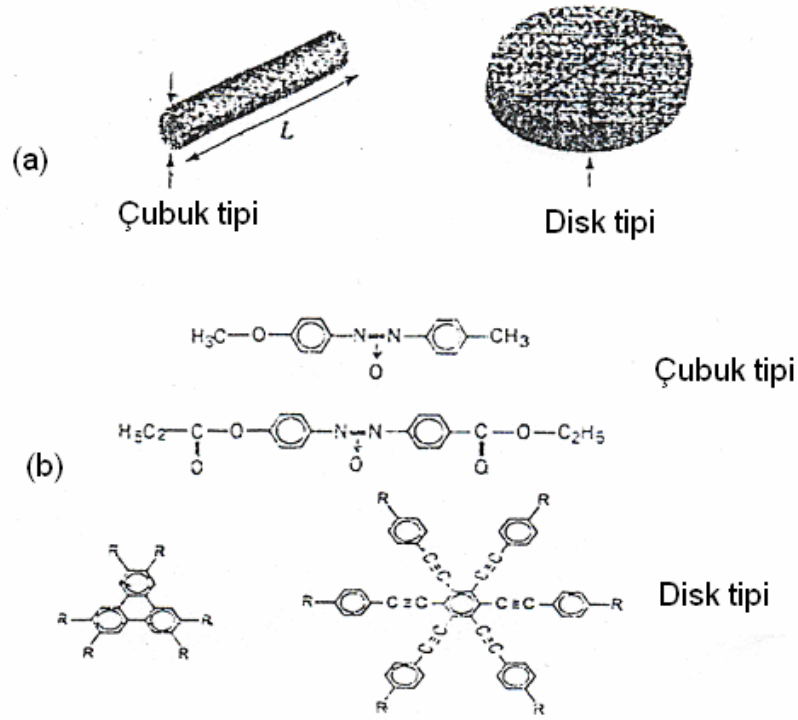
Şekil 2.2 Sıvı kristallerin sınıflandırılması

2.1.1. Liyotropik sıvı kristaller

Liyotropik sıvı kristaller iki veya çok bileşenli sistemlerdir ve bu grupta faz değişimine sebebiyet veren etken konsantrasyondur. Sıcaklık bu tip için fazla önemli bir parametre değildir. Bu sistemler belirli konsantrasyon ve sıcaklık aralıklarında izotropik ve anizotropik fazların çeşitlerini gösterirler. Liyotropik sıvı kristaller doğada özellikle canlı sistemlerde bolca bulunmaktadır (örneğin hemoglobin, lipidler, sperm polipeptitler, albumin v.b). Liyotropik sıvı kristaller deterjanlar, gıda endüstrisi, petrol çıkarma endüstrisi, tıp teknolojisi potansiyel uygulamalarında kullanılmaktadırlar [2].

2.1.2. Termotropik sıvı kristaller

Kristal yapı ısıtıldığında izotropik sıvıya doğru olan geçişte tek basamaklı bir geçiş yerine birkaç arafaz oluşuyorsa bu tip sıvı kristallere “termotropik sıvı kristaller” denir. Termotropik sıvı kristallerde bu ara fazların oluşumunun ana sebebi sıcaklıktır. Bu tip sıvı

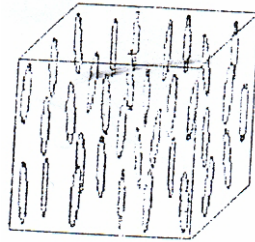


Şekil 2.3 Termotropik sıvı kristallerin molekül yapıları

kristallerin molekül yapılarına bakıldığında moleküllerin ince çubuksu veya disk şeklinde olduğu görülür [1, 2]. Termotropik sıvı kristallerin farklı tipleri Şekil 2.3 te gösterilmiştir. Termotropik sıvı kristaller sıcaklıkla ara değişim fazlarına göre üç gruba ayrılırlar. Bunlar nematik, smektik ve kolestik tipteki sıvı kristallerdir.

2.1.2.a. Nematik sıvı kristaller

Smektik yapıdaki molekül demeti katmanlarının bozulup tüm moleküllerin farklı aralıklar ve farklı yönlerde fakat aynı doğrultuda yönelmesiyle nematik yapı oluşur (Şekil 2.4). Bu fazda moleküllerin ortalama yönelim doğrultusunda yöneldiği görülür. Yapıdaki moleküller üç yönde hareketlidir ve bir eksen etrafında dönebilirler.

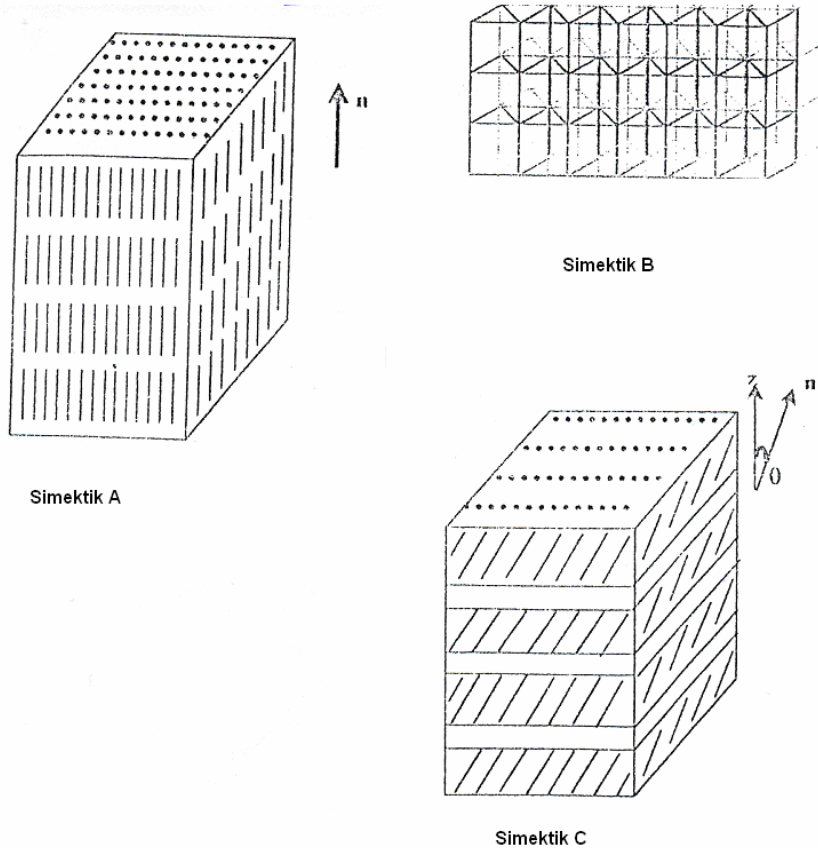


Şekil.2.4 Nematik fazda moleküllerin aynı doğrultuda yönelimi.

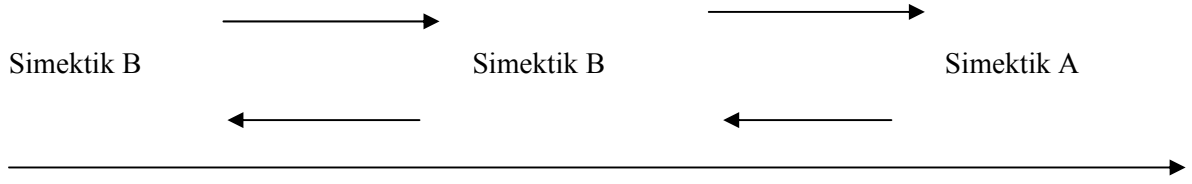
Sıvı kristal fazlar içersinde en düzensiz yapı nematik fazlardadır. Nematik sıvı kristallerin elektrik alana cevap sürelerinin milisaniye mertebelerinde olması bu tip elektro-optik cihazlarda yaygın olarak kullanılır hale getirmiştir [3].

2.1.2.b. Simektik sıvı kristaller

Bu fazdaki moleküller için yönelim düzenine ek olarak konumsal düzen de söz konusudur. Ortam içinde moleküllerin tabakalı bir yerleşim sergiledikleri gözlenmektedir. Dolayısıyla moleküllerin kendi etraflarında dönmeleri serbest olmakla birlikte tabakalar arasındaki geçişleri yoktur. Bu fazda tabaka düzlemlerinin birbiri üzerinden serbestçe hareket edebildikleri varsayılmaktadır. A,B,C....ile simgelenen 9 farklı tipteki simektik alt sınıf kategorize edilmiştir. Bu kategorizasyon X-ışını kırınım deneyleri ve polarize mikroskop gözlemleri ile gerçekleştirilmiştir. Simektik A'da moleküller tabaka düzlemine dik olacak şekilde yönelmişlerdir. Simektik C'de ise moleküllerin yönelimi tabaka düzlemiyle açı yapmaktadır. Simektik B fazı ise hegzogonal bir paketlenme düzeni göstermektedir ve bu fazın bazı özellikleri sıvı kristalden çok katı kristale benzemektedir [2].



Şekil 2.5 Simektik sıvı kristaller



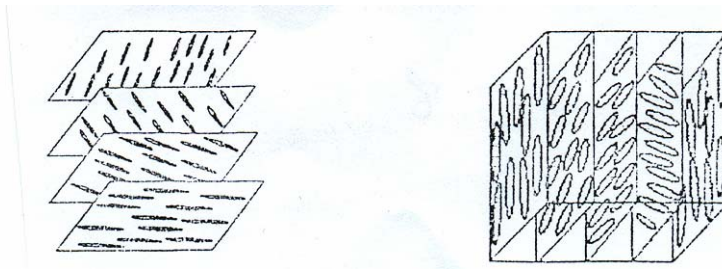
Sıcaklığın Artış Yönü

Şekil 2.6 Simektik kristallerde ara fazların sıcaklığa göre değişimi

Şayet bir sıvı kristal her üç simektik fazda da bulunabiliyorsa ara fazların sıcaklığa göre değişimi şekil 2.6 daki gibi olur.

2.1.2.c. Kolesterik sıvı kristaller

Bu tür sıvı kristaller genel olarak kolesterol türevlerinde gözlendiğinden bu adı almıştır. Kolesterik sıvı kristal bir ortamda moleküllerin doğrultu boyunca yönelimleri söz konusu olmakla beraber doğrultu, ortam içerisinde sabit kalmayarak helisel bir dönüş sergilemektedir (Şekil 2.7). Kolesterik fazda, madde her biri nematik benzeri yapıya sahip tabakalardan oluşmaktadır. Fakat her bir tabakadaki moleküller normale göre yönelim değişimi göstermektedir. Moleküllerin tabakalar arası geçişi mümkündür ve moleküllerdeki yönelim değişimi madde boyunca helisel burulma göstermektedir. Aynı yönelim turunu tamamlayan tabakalar arasındaki mesafe, helis adımı olarak adlandırılır. Helis adımı görünür bölgedeki ışığın dalga boyu ile karşılaştırılabilir büyüklüktedir. Yapıdaki güçlü bragg yansımaları periyodikliğin bir sonucudur. Bu aralık sıcaklık değişimlerine karşı son derece duyarlıdır. Kolesterik fazda yansıyan ışığın görünür bölgede olmasından yararlanılarak 0,01 °C duyarlılıkta sıcaklık değişimini algılayan sıvı kristal cihazlar yapılmıştır.



Şekil 2.7 Kolesterik sıvı kristallerde moleküllerdeki yönelim değişiminin helisel burulması

Bu cihazlar elektronik devrelerin veya mikro yapıların kusurlarının belirlenmesinde, şok dalgalarının uçakların yüzeylerindeki etkilerinin incelenmesinde ve hastalıklı dokuların teşhisinde kullanılmaktadırlar [4]. Termotropik sıvı kristaller polarize mikroskopla incelendiklerinde, sıcaklık değişimlerine bağlı olarak faz geçişleri gözlenebilmektedir. Sergiledikleri karakteristik desenler ve bu fazların molekül yapıları Tablo 1 de gösterilmiştir. Termotropik sıvı kristal göstermekte olan bir madde kristal haldeyken ısıtılmaya başlanınca erime noktasında bulanık bir sıvıya dönüşür. Isıtma işlemine devam edilince izotropik sıvı özelliği göstereceği başka bir geçiş noktasından geçmektedir. Termotropik sıvı kristaller hal değişimleri sırasında tek basamaklı geçiş yerine ara fazlar içeren kademeli geçişler sergilemektedirler. Sıcaklığın artması sırasında geçirilen faz kademeleri sıcaklığın azaltılması durumunda aynı sırayla geri yönde işlemektedir. Termotropik sıvı kristallerde sıcaklık değişimine bağlı olarak gerçekleşebilen sıvı kristal faz geçişleri Tablo 2 de gösterilmiştir.

Tablo 1. Termotropik sıvı kristallerin sergiledikleri karakteristik desenler ve fazların molekül yapıları [3].

I	II	III	IV	↑ T
İzotropik	İzotropik	İzotropik	İzotropik	
	Nematik		Kolesterik	
Nematik	Smektik A	Kolesterik	Smektik A	
	Smektik C			
Kıatı	Smektik B	Kıatı	Kıatı	
	Kıatı			

Tablo 2. Termotropik sıvı kristallerde sıcaklık değişimine bağlı olarak gerçekleşebilen sıvı kristal faz geçişleri [3].

Sınıf	Optik Özellikler	Karakteristik Desen	Molekül Yapısı
Nematik	Tek Eksenli	Düzlem ipliksi Mermerimsi	Moleküllerin uzun eksenleri birbirine paralel
Kolesterik	Tek Eksenli Optik Aktif	Fokal Konik	Düzlemlerde Nematik Paketleme
Smektik A	Tek Eksenli	Fokal Konik Kırık Fokal Konik, Fan Yapı	Tabakalı Yapı, Moleküler tabaka düzlemine dik
Smektik B	Tek Eksenli	Mozaik, Basamaklı Damlacıklar, Düzlem	Tabakalı Yapı, Moleküler tabakalarda hegzagonal paketi
Smektik C	Çift Eksenli	Kırık fokal konik Düzlem	Tabakalı yapı, moleküler tabaka normali ile açı yapmakta

3. SIVI KRİSTALLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

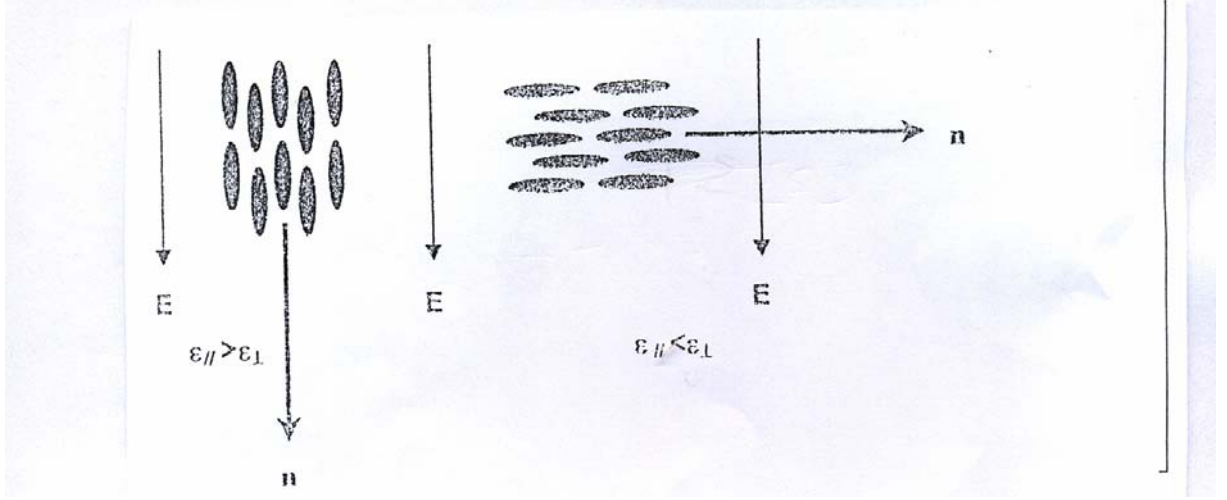
Lazer teknolojisindeki ilerlemeler sonrasında malzemelerin optik özellikleri kolaylıkla incelenebilmektedir. Sıvı kristaller sıradan olmayan özellikleriyle optik yönden ilginç malzemelerdir. Bu malzemelerde, moleküler yönelim mertebesi ve ortalama moleküler yönelim, dış etkilerle değişebilir. Bu etkiler mekanik gerginlik, manyetik veya elektrik alan gibi parametrelerdir. Sıvı kristaller ileri seviyede çift kırıcı maddelerdir ve yüksek elektro-optik ve magneto-optik katsayılara sahiptirler [5].

3.1. Sıvı Kristallerin Optik Özellikleri

Nematik sıvı kristaller ortam çift kırıcı özellikte olup, doğrultu ve buna dik yönde ölçülen kırılma indisleri arasında belirgin bir fark ortaya çıkmaktadır. Böyle bir madde sıvılara ait akışkanlık özelliklerine sahip olmakla ancak elektrik, manyetik ve optik özellikleriyle anizotropi göstermektedir. Nematik sıvı kristallerin optik özellikleri elektrik ve manyetik alan gibi dış etkilere karşı son derece hassastır ve sahip olunan moleküler yönelim uygulanan bir elektrik alanla değişebilmektedir. Nematik sıvı kristaller üzerine bir dış elektrik alan uygulandığında, ortamdaki esneklik kuvvetleri molekülleri önceki konumları muhafaza etmeye zorlar. Normal olarak kalıcı veya indüklenmeli elektriksel dipole sahip olan moleküller hangi fazda olursa olsunlar uygulanan bir alan boyunca düzensiz hareketleri alan boyunca yönelmek eğilimindedirler. Sıvılarda moleküllerin düzensiz hareketleri alan boyunca yönelme şansını ortadan kaldırırken, katılarda moleküller arası bağ kuvvetli olduğundan yönelimin gerçekleşmesi zordur. Sıvı kristal ortamdaki moleküller ise uygulanan dış alana karşı tepki göstermektedirler. Dielektrik sabiti; uygulanan alan ile sıvı kristal madde arasındaki etkileşimin ölçüsüdür. Böylelikle, ortamın dielektrik anizotropisi

$$\Delta\epsilon = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp} \quad (3.1)$$

şeklinde tanımlanır. Denklem 3.1 de, $\epsilon_{\parallel}$ ve $\epsilon_{\perp}$ ise sırasıyla elektrik alana paralel ve dik yönde ölçülen dielektrik sabitlerdir. Dielektrik anizotropinin iki tipi vardır. İlki pozitif dielektrik anizotropi olarak isimlendirilir (p-tipi) ve yönelim eksen boyunca dielektrik sabiti doğrultu eksene dik alan boyunca daha büyüktür. $\Delta\epsilon$ bu durumda sıfırdan büyüktür. Yönelim doğrultu eksenini boyunca olan pozitif dielektrik sabiti, doğrultuya dik eksen boyunca olandan daha büyüktür ve bu durumda $\Delta\epsilon > 0$ şeklindedir. Öteki tipi ise, negatif dielektrik anizotropidir ve $\Delta\epsilon < 0$ şeklindedir [6, 7]. $\Delta\epsilon > 0$ büyük sıfır ise doğrultu elektrik alana paralel, toplam $\Delta\epsilon$ küçük sıfır ise alana dik olarak yönelir.



Şekil 3.1 Dielektrik sabiti uygulanan alan ile sıvı kristal madde arasındaki etkileşim

Şekil 3.1’de açıklanan durumun çift kırıcılık olayının başka bir yansıması olduğunu anlamak için kırılma indisiyle dielektrik sabiti arasındaki ilişkiyi hatırlamak yeterlidir. Polarize bir ışık demeti sıvı kristale girdiği zaman iki demete ayrılır, bu demetlerde düzlem polarizedir. Elektrik alan vektörleri dik yönelimlerde ve sıvı kristal ortamda farklı hızlarda yayılmaktadırlar, dolayısıyla da iki farklı kırılma indisi olmaktadır.

Optik anizotropi ($\Delta n = n_2 - n_1$) olarak adlandırılan çifte kırınım sıvı kristallerin karakterizasyonunda önemli rol oynamaktadır. Şayet optik eksene paralel yayılan demetin kırılma indisi diğer bileşenlerden daha büyükse optik anizotropi pozitifdir. Aksi taktide negatiftir [7].

Sıvı kristallerin optik özellikleri anizotropiktir, bu yüzden dielektrik özellikler; uygulanan elektrik alanının yönüne bağlı olarak polarizasyona neden olur. Bu anizotropi, dielektrik serbest tensorunda ϵ ile ifade edilir.

$$D = \epsilon E \quad \begin{pmatrix} D_x \\ D_y \\ D_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \epsilon_{xx} & \epsilon_{xy} & \epsilon_{xz} \\ \epsilon_{yx} & \epsilon_{yy} & \epsilon_{yz} \\ \epsilon_{zx} & \epsilon_{zy} & \epsilon_{zz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \\ E_z \end{pmatrix} \quad (3.2)$$

3.2. Sıvı Kristallerin Dielektrik Özelliklerinin Dielektrik Spektroskopisi ile Analizi

Dielektriklerin, dışarıdan uygulanan elektrik alana duyarlı olması onların elektriksel özelliklerini araştırmada önemli bir faktör olarak görülür. Bu nedenle bir dielektrik malzeme, bir elektriksel devre ile özdeşleştirilir. Dielektrik malzeme ile doldurulmuş bir paralel plakalı kondansatör yapısı, admittans ile karakterize edilebilir [8]. Admittans,

$$Y = G_{dc} + j\omega C^* \quad (3.3)$$

şeklinde ifade edilir. G_{dc} , iletkenlik, ω uygulanan gerilimin açısal frekansı, C^* ise toplam sığadır. Bu ifade,

$$Y = G_{dc} + j\omega(C_0 \varepsilon_r^*) \quad (3.4)$$

olarak da yazılabilir. C_0 kondansatörün dielektrik malzeme yok iken sahip olduğu sığa, ε_r^* ise dielektrik malzemenin boşluğa göre sahip olduğu bağıl dielektrik geçirgenlik sabitidir. Bağıl dielektrik geçirgenlik, denklem (3.5) ile ifade edilir ve admittansı

$$\begin{aligned} Y &= G_{dc} + j\omega C_0 (\varepsilon_r' - j\varepsilon_r'') \\ Y &= (G_{dc} + \omega \varepsilon_r'' C_0) + j\omega C_0 \varepsilon_r' \end{aligned} \quad (3.5)$$

şeklinde bulunur [8].

Dielektrik bir madde alternatif alan içerisine konulduğunda yerdeğiştirme vektörü,

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} + \vec{P} = \varepsilon \varepsilon_0 \vec{E} \quad (3.6)$$

ile verilir. Denklemde $\vec{P}$ polarizasyondur. $\vec{D}$ ve $\vec{P}$ vektörleri elektrik alanı bir faz gecikmesi ile izlediklerinden ortamın dielektrik sabiti kompleks bir fonksiyon ile ifade edilir. ε' kompleks dielektrik sabitinin reel kısmı, ε'' ortamın elektriksel alandaki polarizasyonu ile ilgilidir. Alan etkisi altında bulunan ortama ait atom ve moleküler polarize olurlar veya ortamda polar moleküler varsa alan doğrultusunda yönelime uğrarlar. Bu olaylar alanın frekansa bağlılığını gösterirler [9].

Alan frekansı artınca ortamda bulunan polar moleküler alanı izleyemezler. Dipolar polarizasyonun toplam polarizasyona katkısı ortamdaki dielektrik sabiti küçülür [9].

Debye tipi elektrik dispersiyon gevşeme (bozunma) sıcaklığı ile karakterize edilir [10, 11]. Kompleks alternatif akım iletkenliği.

$$\sigma^* = \sigma' + i\sigma'' \quad (3.7)$$

ifadesi ile verilir ve burada σ' AC iletkenliğin reel kısmı olup;

$$\sigma'(\omega) = \omega\epsilon_0(\epsilon' - \epsilon_\infty) \quad (3.8)$$

şeklinde tanımlanır. σ'' ise iletkenliğin sanal kısmıdır;

$$\sigma''(\omega) = \omega\epsilon_0(\epsilon'' - \epsilon_\infty) \quad (3.9)$$

olarak tanımlanır. Burada ϵ_∞ yüksek frekanslarda, ϵ_0 statik dielektrik sabitidir. ϵ^* dielektriği Debye tipi gevşeme yöntemiyle ifade edilir ve kompleks dielektrik sabiti;

$$\epsilon^* = \epsilon_\infty + (\epsilon_0 - \epsilon_\infty)/(1 + j\omega\tau) \quad (3.10)$$

ifadesi ile verilir ve Debye tipinde f_0 gevşeme frekansı;

$$f_0 = 1/2\pi\tau \quad (3.11)$$

ifadesi ile verilir. Alternatif akım iletkenliklerinin frekansa bağımlılığı;

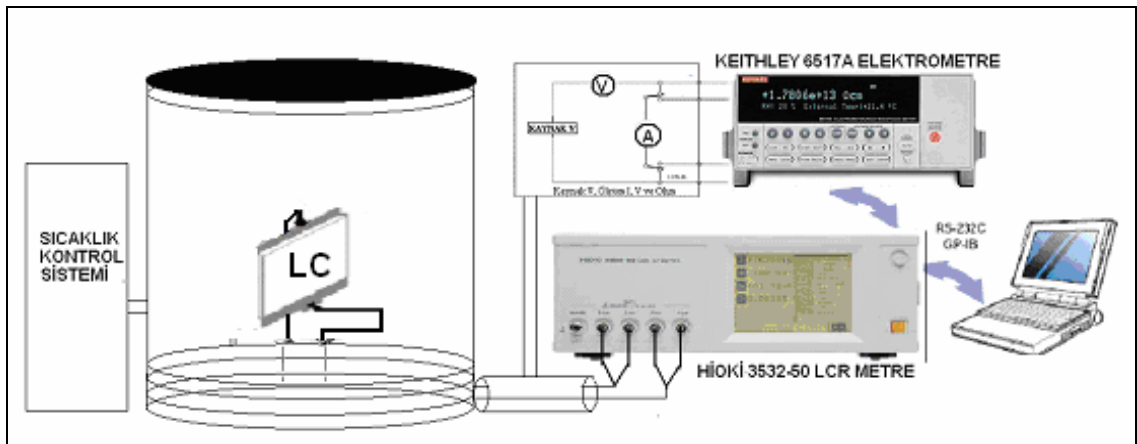
$$\sigma_{AC} = A\omega^s \quad (3.12)$$

ifadesi ile verilir.

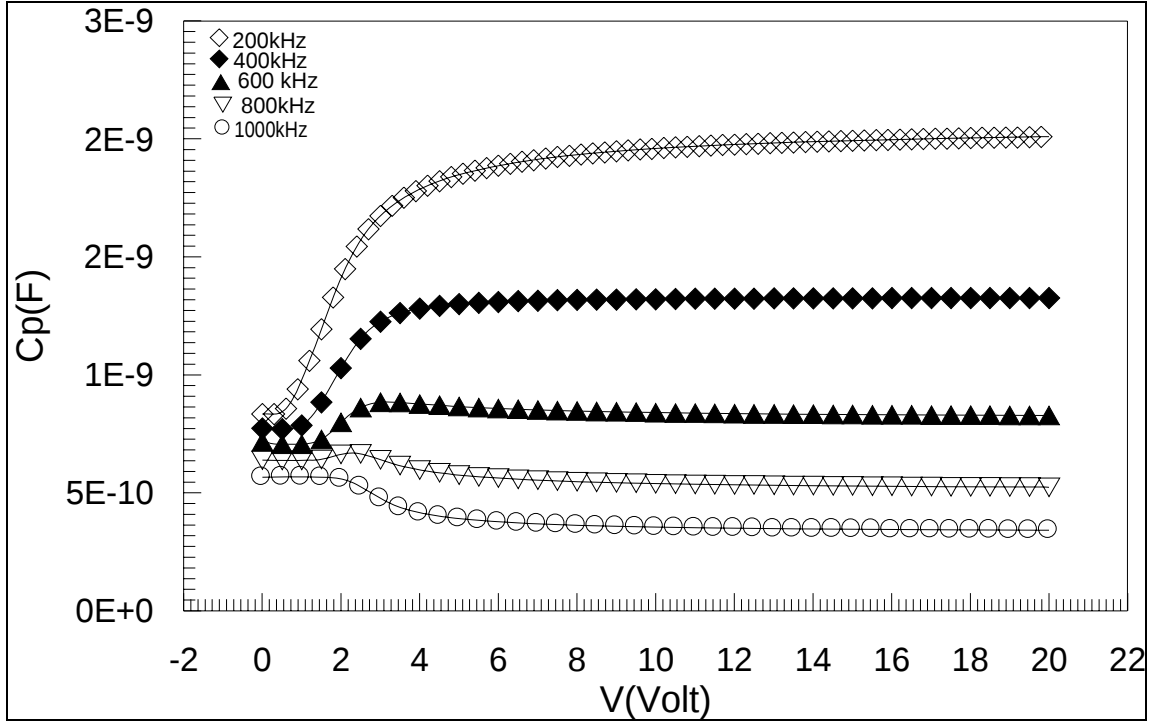
Hazırlanan 4-siyano-4'-n-pentilbifenil, 4-siyano-4'-n-pentilbifenil:poli[2-metoksi-5-(20-etilhekziloksi)-1,4-fenilenvinil] (%1), 4-siyano-4'-n-pentilbifenil:poli[2-metoksi-5-(20-etilhekziloksi)-1,4-fenilenvinil] (%2), 4-siyano-4'-n-pentilbifenil:3-tiyenilmetil metakrilat:6-(4-sinobifenil-4-oksi) heksilakrilat sıvı kristal numuneleri, sırasıyla 5CB, 5CBM, 5CBM2 ve 5CBF olarak adlandırıldılar. Hazırlanan sıvı kristal hücrelerin kalınlığı, 5CB için 5,5 μm ; 5CBF için 5,7 μm ; 5CBM için 5,3 μm ve 5CBM2 için 5,4 μm 'dir. Kompozisyonları hazırlanan numuneler deney tüplerine dolduruldu, sırasıyla vorteks ve ultrasonik karıştırıcılarda karıştırıldılar. Hazırlanan 5CB, 5CBM, 5CBM2 ve 5CBF numuneleri indiyum tin oksit (ITO) kaplı sıvı kristal hücrelere dolduruldu. Sıvı kristallerin elektriksel özellikleri Şekil 4.2'de gösterilen düzenek yardımıyla yapıldı.

4.2. Dielektrik Anizotropi Özellikleri

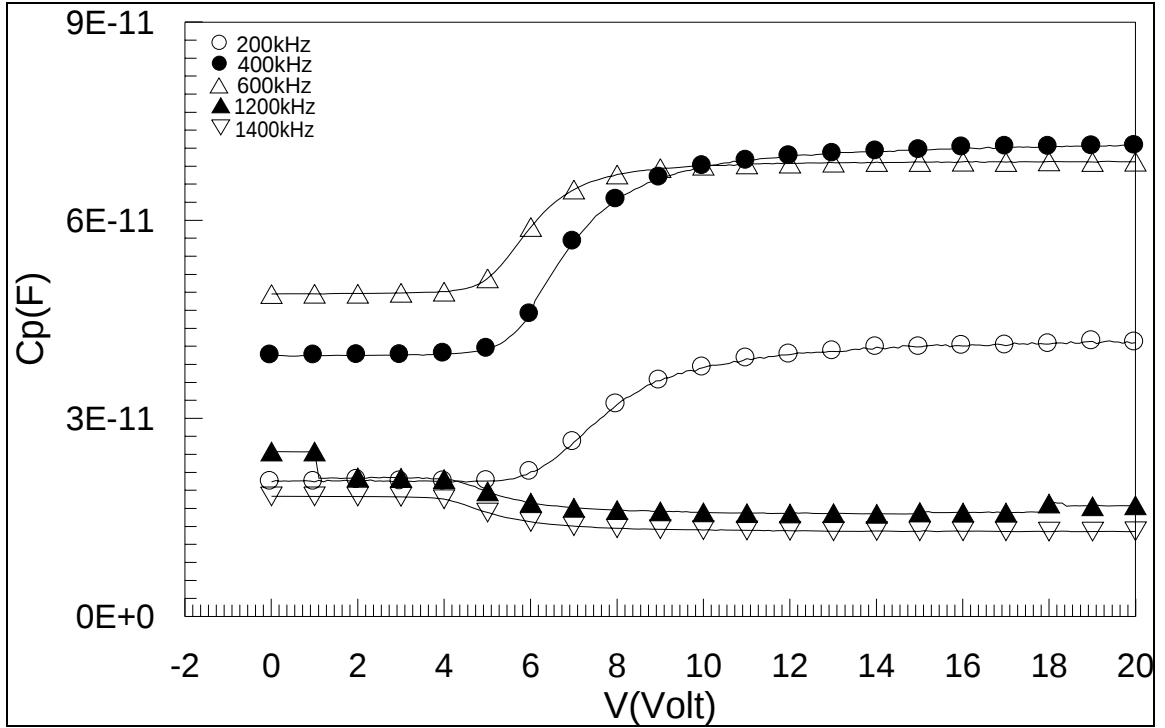
Hazırlanan sıvı kristallerin dielektrik anizotropi ölçümleri, kapasite-voltaj (C-V) metoduyla yapıldı. Sıvı kristallerin C-V eğrileri şekil 4.3-4.6'da verildi. Numunelerin C-V eğrilerine bakıldığında, düşük voltajlarda kapasite hemen hemen sabit kalmakta ve belli bir voltaj değerinden sonra, kapasite değeri hızlı bir şekilde artmakta ve sabit bir değere ulaşmaktadır. Kapasitenin minimum değerleri sıvı kristal moleküllerin ilk konumlarına karşılık gelmektedir. Uygulanan voltajla kapasite değerindeki artış ise moleküllerin yöneliminlerinin değişmesinden kaynaklanmaktadır. Bu artış, sıvı kristalin dielektrik anizotropi özelliği yüzündendir. Polimerlerin sıvı kristallerin dielektrik anizotropisi üzerindeki etkileri araştırıldı. 5CB sıvı kristalin dielektrik anizotropi özellikleri katkı maddesi ile değişmektedir.



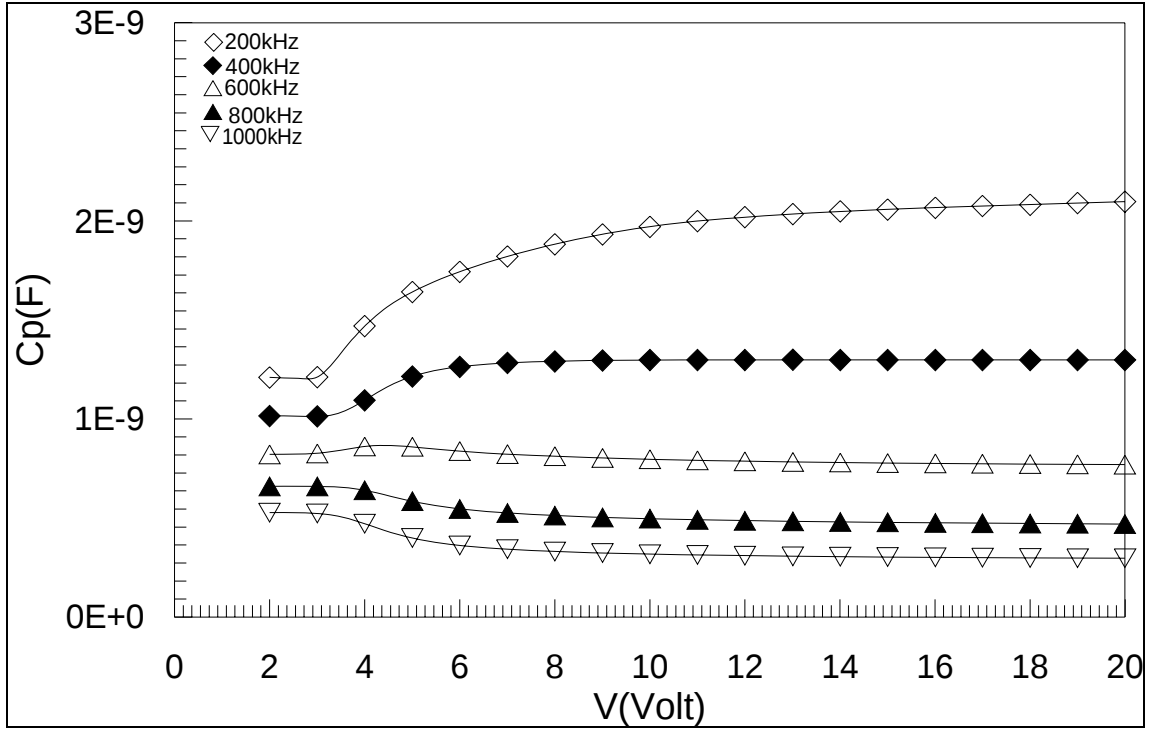
Şekil 4.2. Elektriksel ölçümler için deney düzeneği.



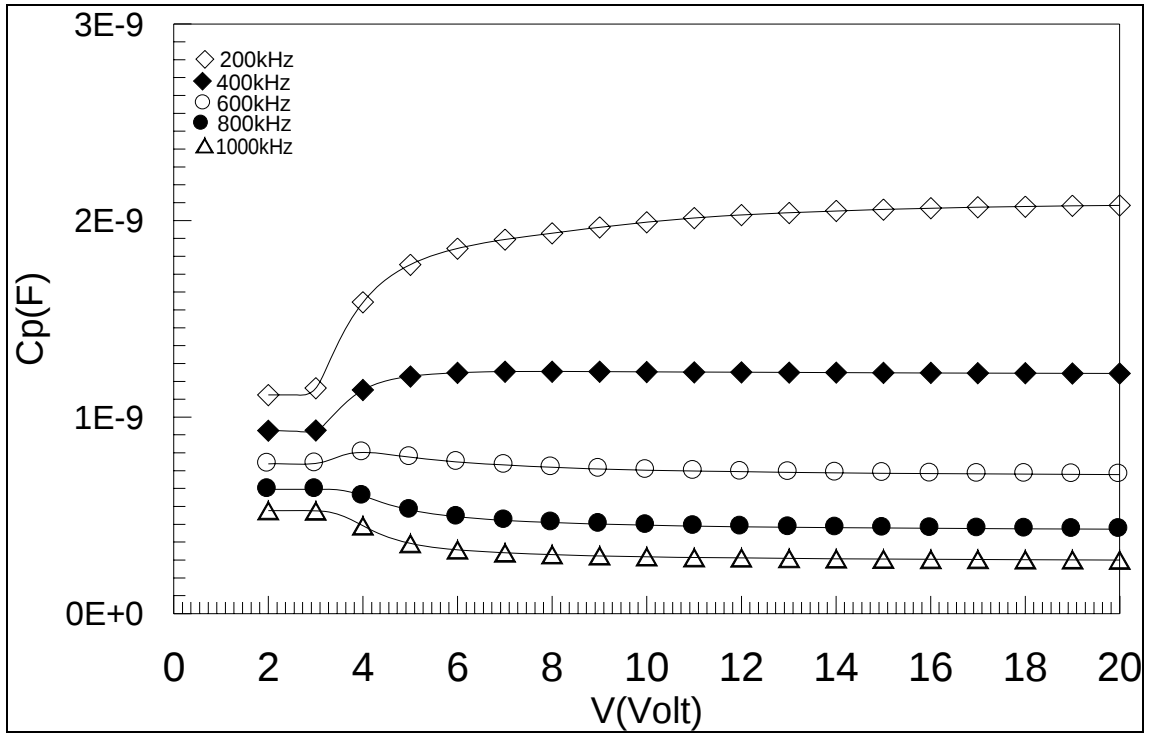
Şekil 4.3. 5CB sıvı kristalinin farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri



Şekil 4.4 5CBF sıvı kristalinin farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri

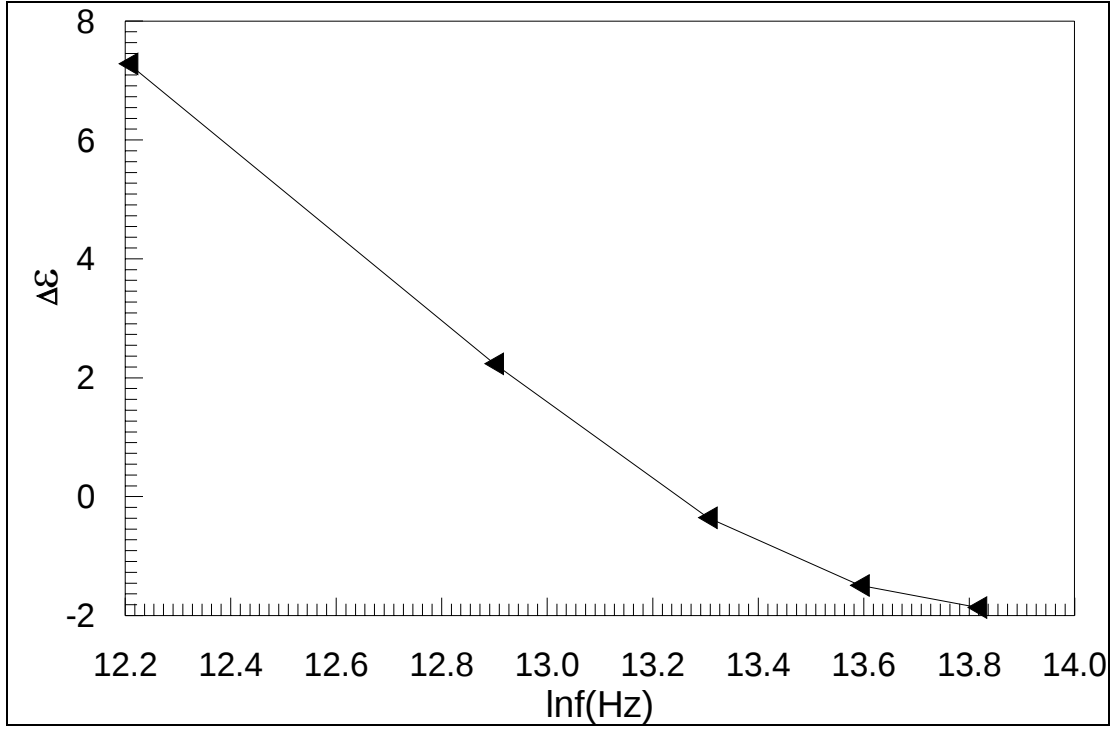


Şekil 4.5 5CBM sıvı kristalinin farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri

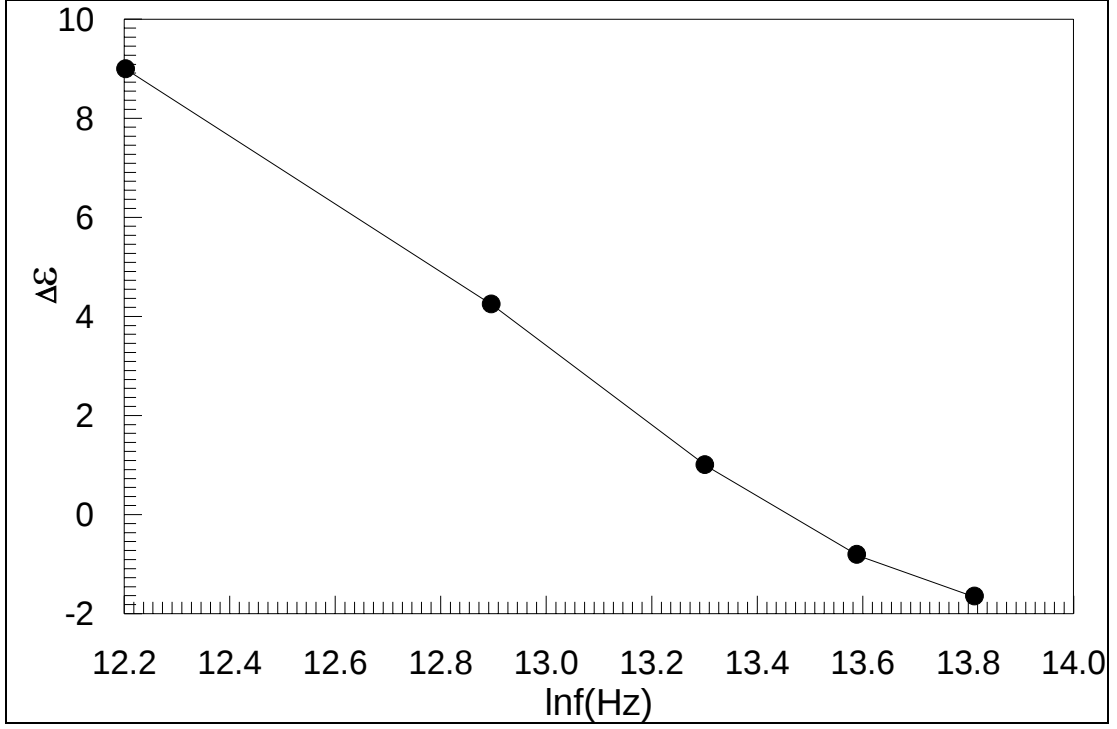


Şekil 4.6 5CBM2 sıvı kristalinin farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri

Numunelere uygulanan elektrik alanının frekansı artırıldığında, numunelerin C-V eğrileri değişmektedir, yani hazırlanan sıvı kristaller, pozitif dielektrik anizotropiden negatif dielektriğe geçiş özelliği göstermektedirler. Hazırlanan sıvı kristallerin dielektrik anizotropi eğrileri 5CBM ve 5CBM2 numuneleri için Şekil 4.7-4.8 de verildi. Eğrilerden görüldüğü gibi, dielektrik anizotropi değerleri katkı malzemeleri ile değişmektedir.



Şekil 4.7. 5CBM2 numunesi için $\Delta\epsilon$ 'nin frekansla değişimi



Şekil 4.8. 5CB için $\Delta\epsilon$ 'nin frekansla değişimi

4.3. Sıvı Kristalin Dielektrik Özellikleri

Sıvı kristal malzemeler için dielektrik fonksiyonu [12, 13];

$$\epsilon^*(\omega) = \epsilon'(\omega) + i\epsilon''(\omega) \quad (4.1)$$

ifadesi ile tanımlanır. İfade de ϵ' gerçel ve ϵ'' ise

$$\epsilon'' = \epsilon' \tan \delta \quad (4.2)$$

eşitliği ile verilen dielektrik sabitinin sanal kısmıdır ve denklemdeki $\tan \delta$ dielektrik kayıp olarak tanımlanır ve ϵ'' dielektrik kayıp olarak da adlandırılır. δ terimi, malzeme üzerinde AC gerilim etkisi nedeniyle, dielektrik bir malzemenin davranışında ifade edilmiş olan periodik elektrik alan ile onunla aynı fazda olmayan elektrik yerdeğiştirme arasındaki faz kayması olarak tanımlanır. $\tan \delta$ ise, sığasal olarak malzemede depolanan enerjinin bir period kayıp miktarı biçiminde dielektrik kayıp ya da kayıp faktörü olarak ifade edilir.

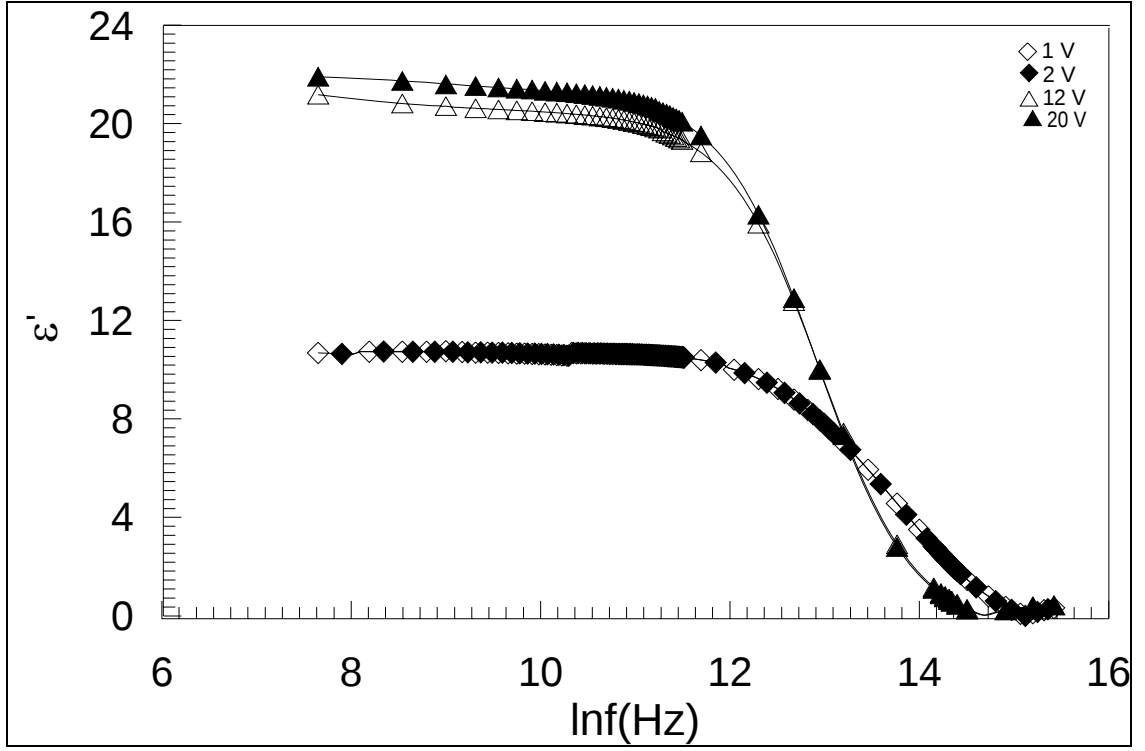
Sıvı kristaller moleküllerin uygulanan elektrik alana dik ve paralel olmaları durumunda, dielektrik sabitlerindeki değişimleri göstermek amacıyla, 5CBM ve 5CBM2 sıvı kristal numuneleri için dielektrik dispersiyon eğrileri Şekil 4.9–4.10’da verildi. Şekillerden görüldüğü gibi, sıvı kristal moleküllerin elektrik alana dik oldukları durumdaki dielektrik sabiti değerleri paralel durumdakinden düşüktür.

Sıvı kristallerin dielektrik sabitinin sanal kısmının frekansa bağıllığı şekil 4.11-4.12 de verildi. Dielektrik sabitinin sanal kısımlarının eğrileri, bir relaksasyon piki göstermektedirler. Relaksasyon pikin pozisyonu uygulanan gerilimle düşük frekanslara kaymaktadır. Bu sıvı kristal moleküllerinin yönelimlerinden kaynaklanmaktadır, yani uygulanan gerilim moleküllerinin hareketini kolaylaştırmakta, bundan dolayı yönelim alternatif akımın düşük frekanslarında meydana gelmektedir. Meydana gelen relaksasyon olayı da gerilime bağlı bir relaksasyon olayıdır.

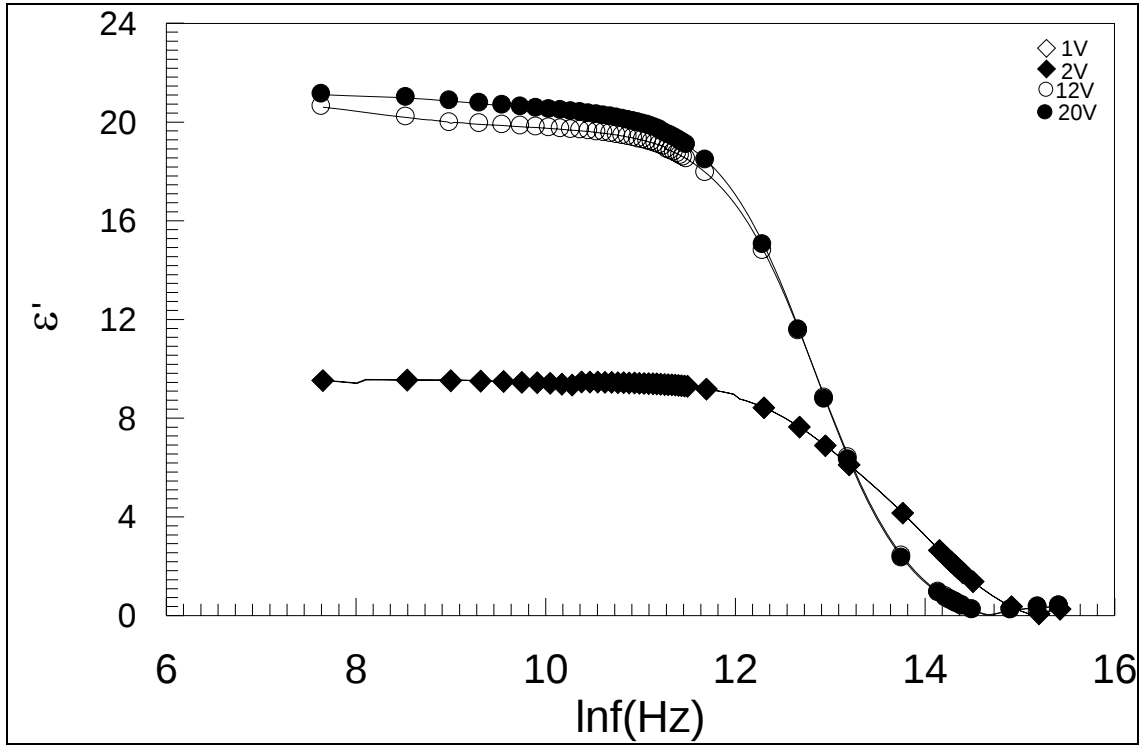
Sıvı kristallerin dielektrik relaksasyon mekanizması Cole-Cole eğrileriyle analiz edildi ve numunelerin Cole-Cole eğrileri Şekil 4.13-4.14’te verildi. Sıvı kristallerin Cole-Cole eğrileri yarım bir daire göstermektedirler. Elde edilen Cole-Cole eğrileri numunelerde dielektrik relaksasyonun Debye tipi bir relaksasyon olduğunu göstermektedirler. Sıvı kristallere uygulanan voltajla dairenin yarıçapı artmaktadır. Bu artış, moleküllerin elektrik alana dik durumdan paralel duruma geçtiğini gösterir. Sıvı kristallerin dielektrik relaksasyon mekanizması [8]

$$\varepsilon^*(\omega) = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty}{1 + (i\omega\tau)^\alpha} \quad (4.3)$$

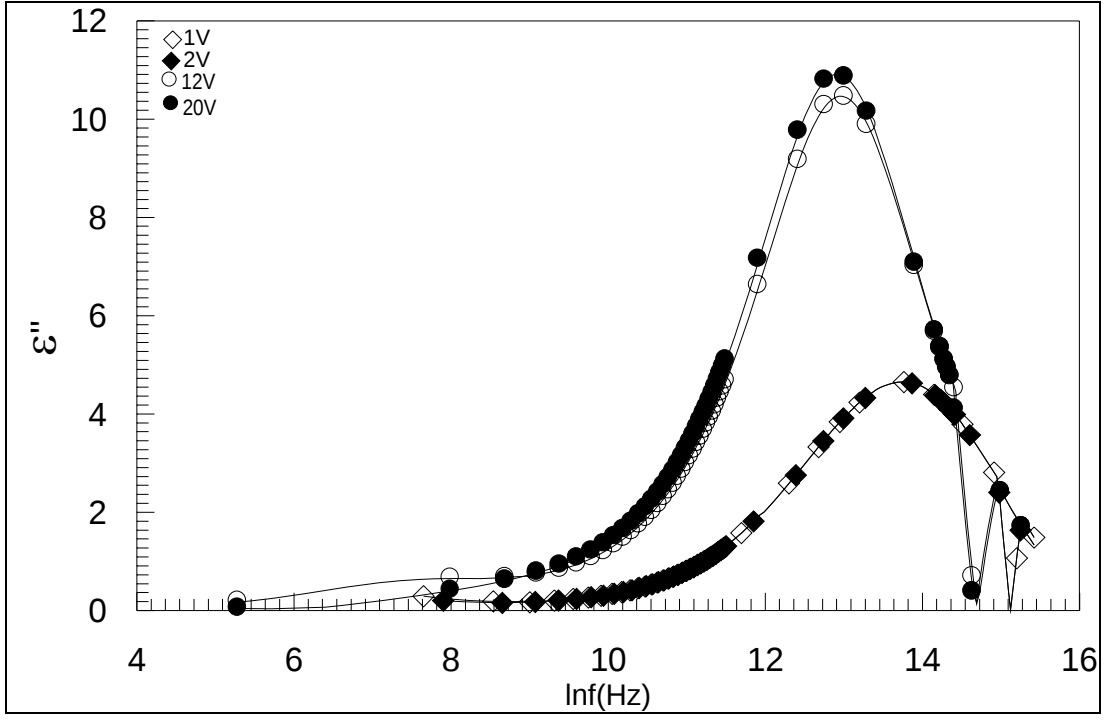
bağıntısına uymaktadır. Burada ε^* kompleks dielektrik sabiti ε_0 düşük frekans limitindeki dielektrik sabiti, ε_∞ yüksek frekans limitindeki dielektrik sabiti, τ relaksasyon zamanı, ω açısal frekans, α dağılım parametresidir [8]. $\alpha = 1$ için Debye tipi relaksasyon olayı meydana gelir.



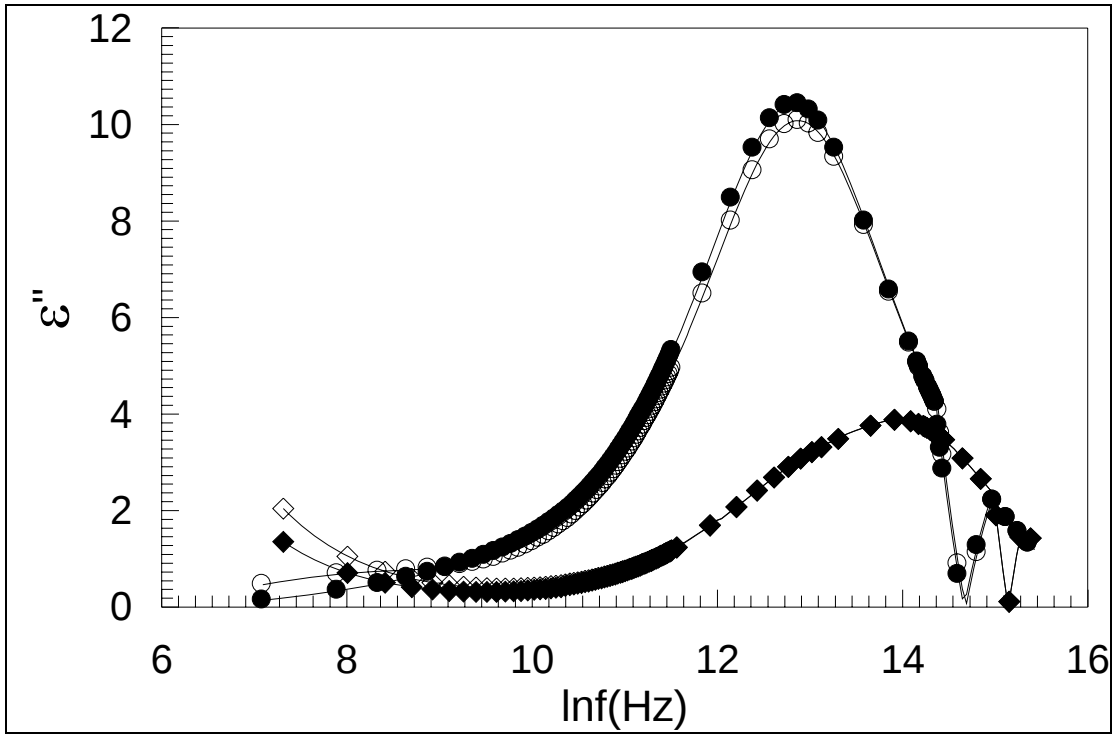
Şekil 4.9 5CBM için dielektrik sabitinin reel kısmının frekansa göre değişim grafiği



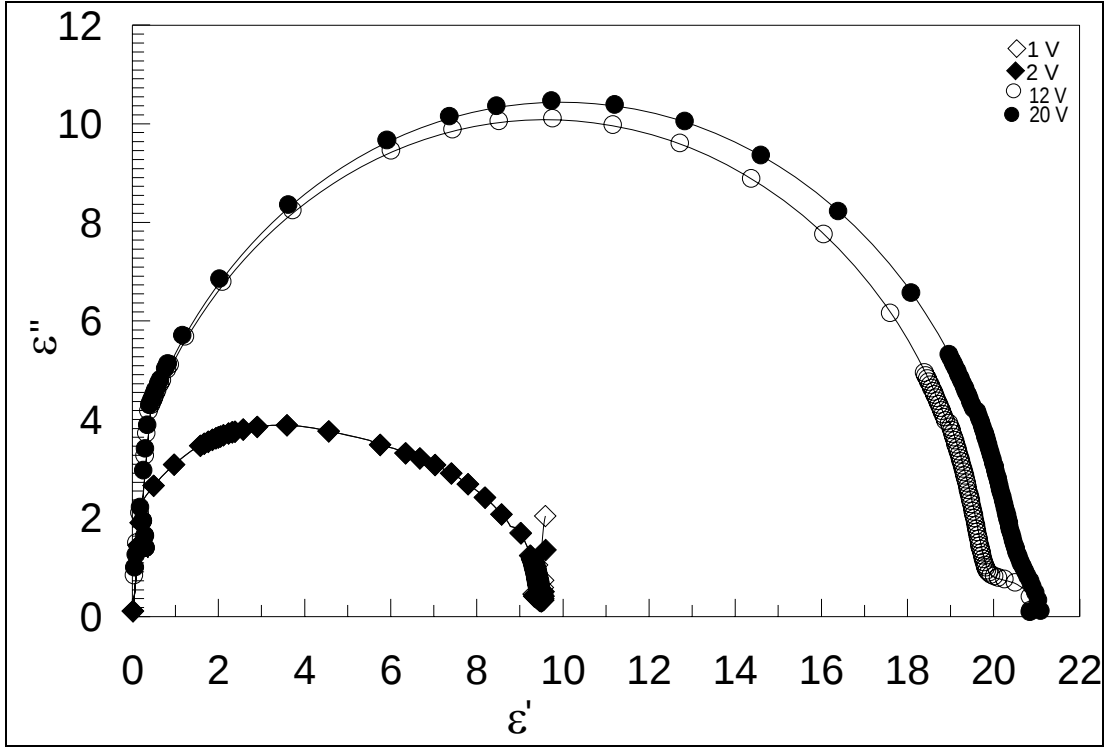
Şekil 4.10. 5CBM2 için dielektrik sabitinin reel kısmının frekansa karşı değişimi



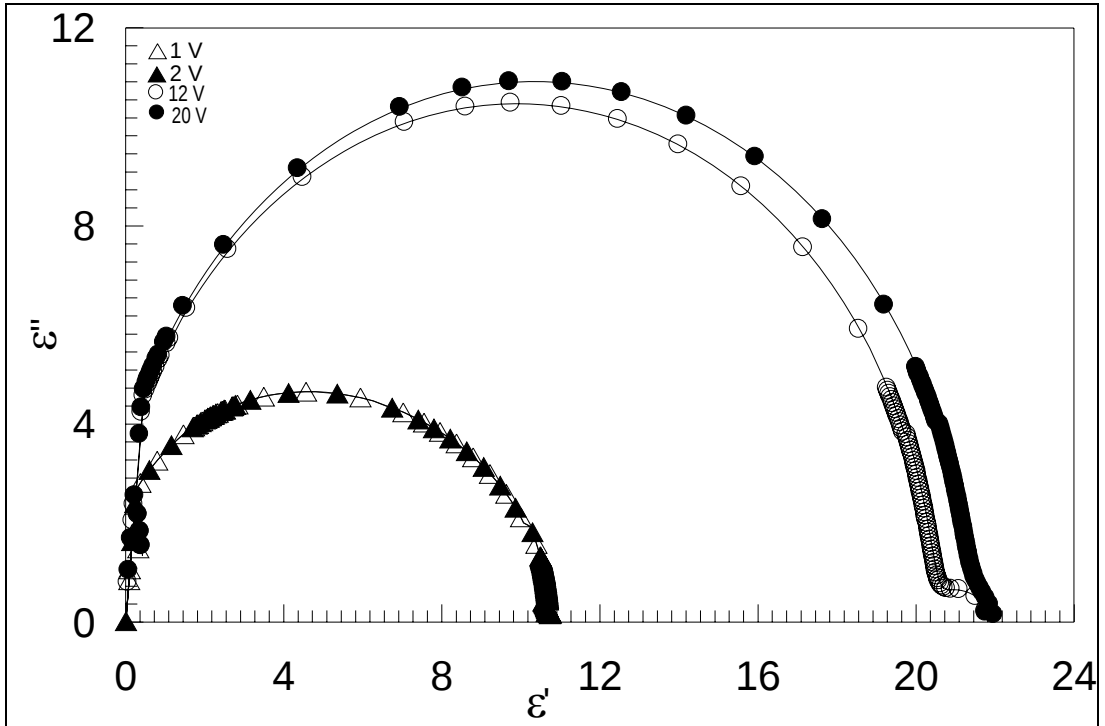
Şekil 4.11. 5CBM için dielektrik sabitinin sanal kısmının frekansa karşı değişim grafiği



Şekil 4.12 5CBM2 için dielektrik sabitinin sanal kısmının frekansa karşı değişim grafiği



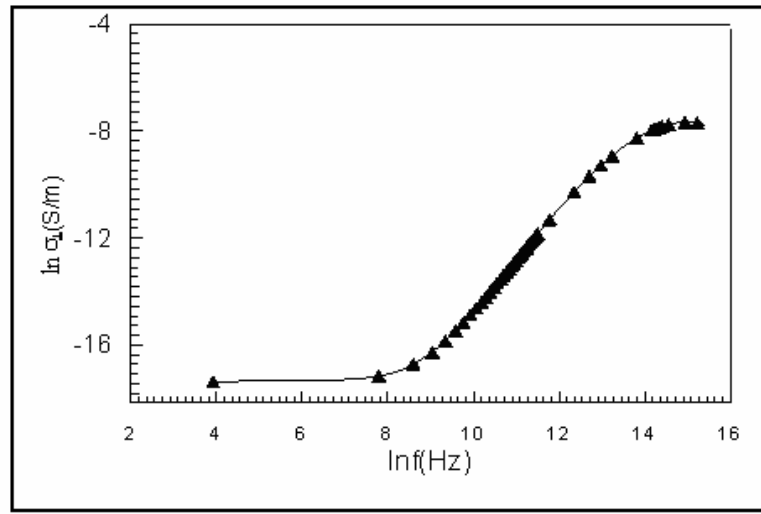
Şekil 4.13. 5CBM2 için dielektrik sabitlerinin sanal kısmının reel kısmına karşı değişimi (ϵ'' - ϵ') grafiği.



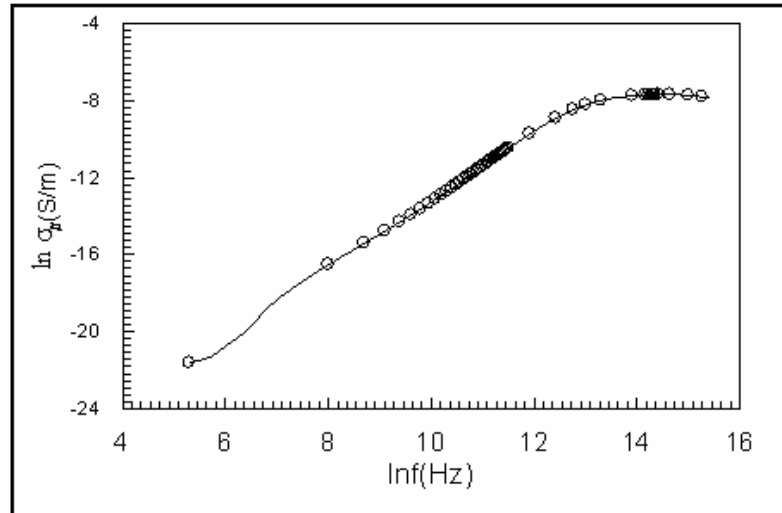
Şekil 4.14. 5CBM için dielektrik sabitlerinin sanal kısmının reel kısmına karşı değişimi (ϵ'' - ϵ') grafiği

4.4. Sıvı Kristallerin Elektriksel İletkenlik özellikleri

Sıvı kristallerin paralel ve dik elektriksel iletkenliklerinin frekansa bağıllığı Şekil 4.15-4.16 da verilmektedir. Sıvı kristallerin iletkenlik değerleri düşük ve yüksek frekans bölgesi olarak iki bölge göstermektedir. Birinci bölgede iletkenlik frekansla değişmemekte ve doğru akım elektriksel iletkenliğine karşı gelmektedir. Fakat ikinci bölgede ise elektriksel iletkenlik frekansla artmaktadır. Sıvı kristallerin dik ve paralel iletkenlikleri frekansa bağlı olarak değişmektedirler.

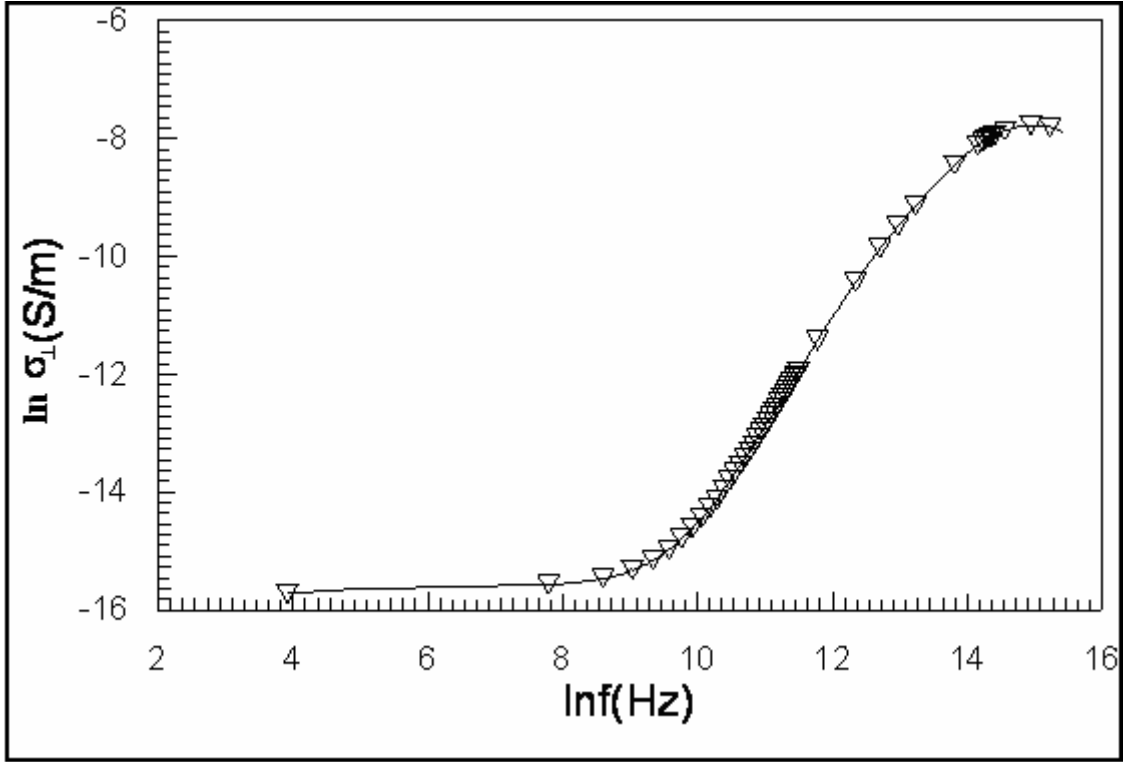


(a)

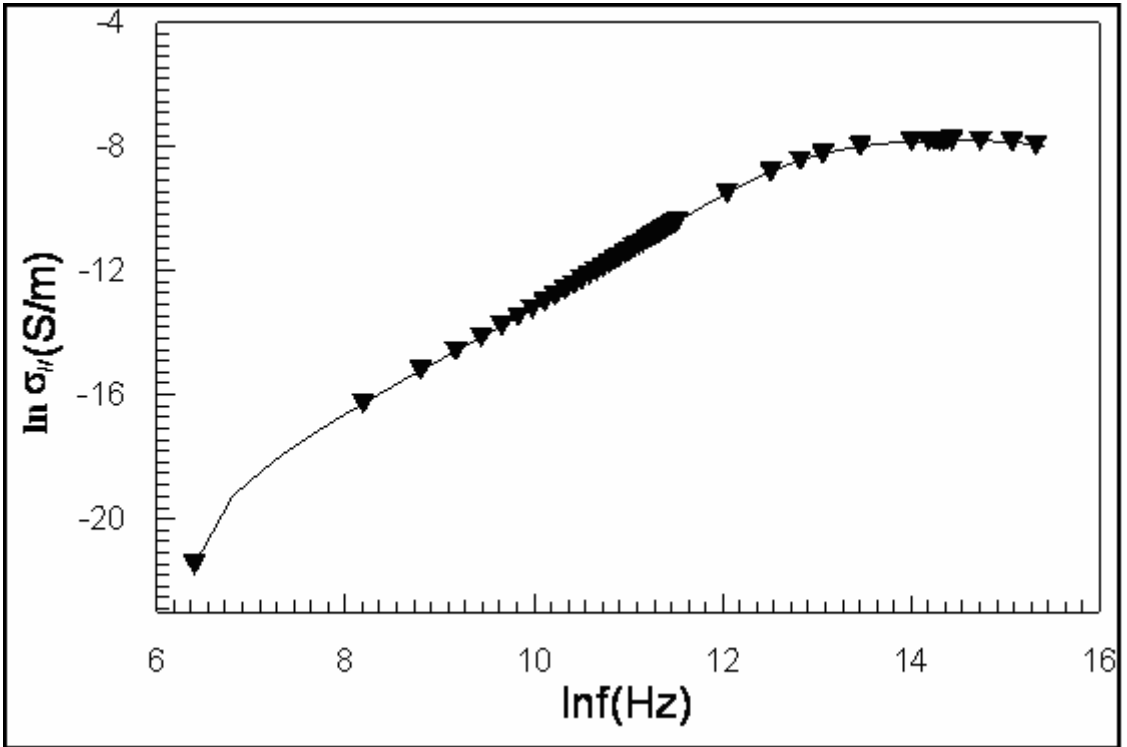


(b)

Şekil 4.15. 5CBM için $\sigma_{\perp}$ ve $\sigma_{\parallel}$ 'in frekansla değişimi



(a)

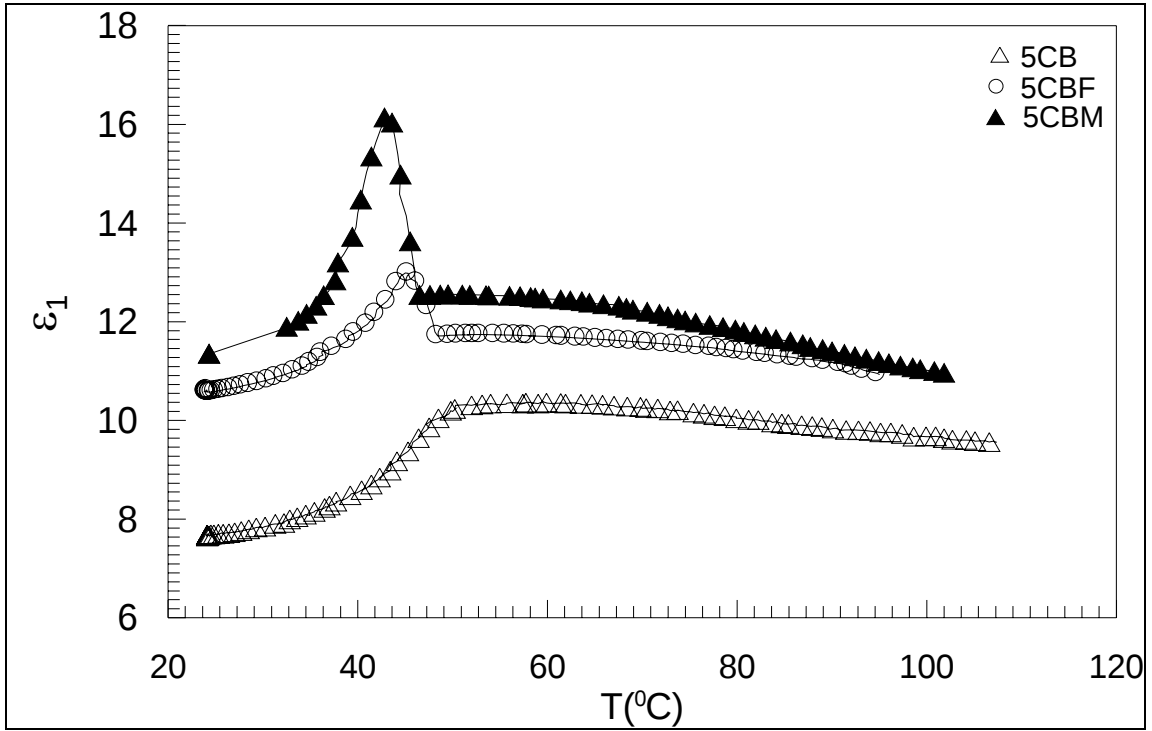


(b)

Şekil 4.16. 5CBM2 için $\sigma_{\perp}$ ve $\sigma_{\parallel}$ 'in frekansla değişimi

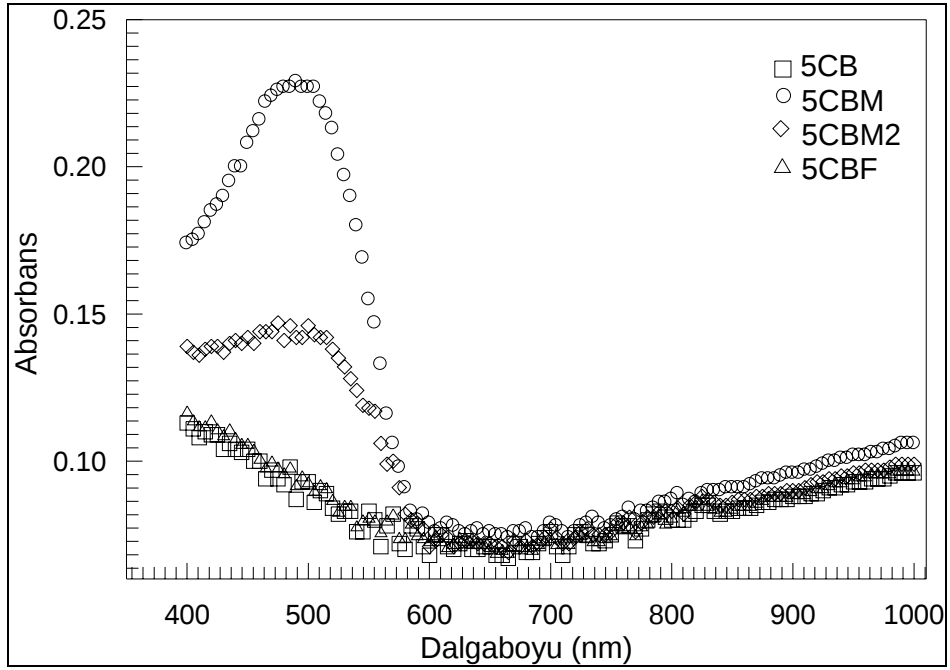
4.5. Faz Geçişi ve Optik Özellikleri

Sıvı kristallerin faz geçişi özellikleri belirlemek amacıyla, dielektrik sabiti-sıcaklık ölçümleri yapıldı. Numuneler için elde edilen dielektrik sabiti –sıcaklık eğrileri Şekil 4.17 verildi. Şekil 4.17 den görüldüğü gibi, dielektrik sabiti sıcaklıkla artmakta ve belli bir sıcaklık değerinde bir pik göstermektedir. Pik sıcaklığı sıvı kristalde meydana gelen faz geçişi sıcaklığına karşılık gelmektedir. 5CB, 5CBF ve 5CBM sıvı kristalleri için sırasıyla pik sıcaklık değerleri 55.3 °C, 45.12 °C ve 43.01 °C olarak bulundu. Bu sıcaklık değerlerinde sıvı kristal numuneler nematik fazdan izotropik faza geçmektedirler. 5CB sıvı kristali için izotropik faz sıcaklığı 55.3 olarak bulundu ve bu değer katkı maddesiyle daha düşük sıcaklıklara kaymaktadır.

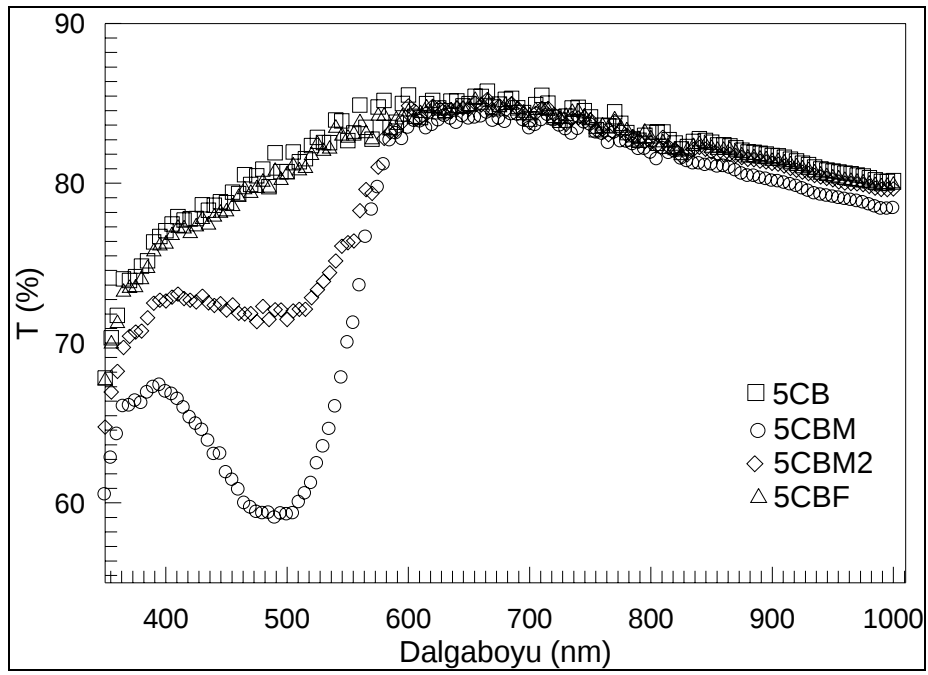


Şekil 4.17. 5CB-5CBF ve 5CBM için dielektrik sabitinin sıcaklığa karşı değişimi

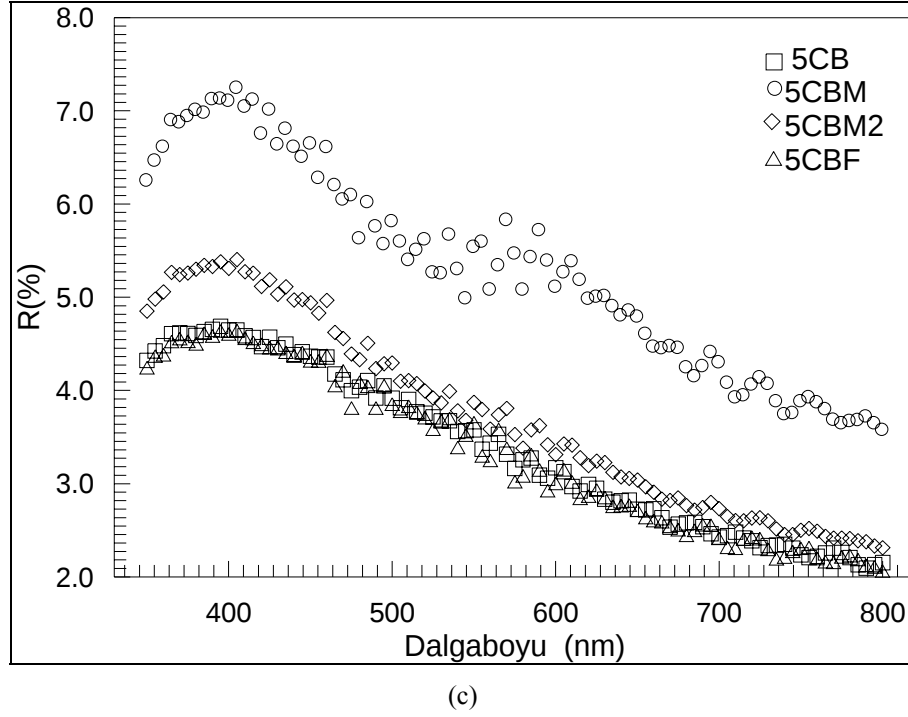
Hazırlanan sıvı kristallerin optik özellikleri, numunelerin absorbans (A), geçirgenlik (T) ve yansıma (R) spektrumları alınarak araştırıldı. Numunelerin optik spektrumları Shimadzu UV-VIS-NIR 3600 spektrometresiyle alındı. Sıvı kristallerin optik spektrumları Şekil 4.18 (a-c) de verilmiştir.



(a)

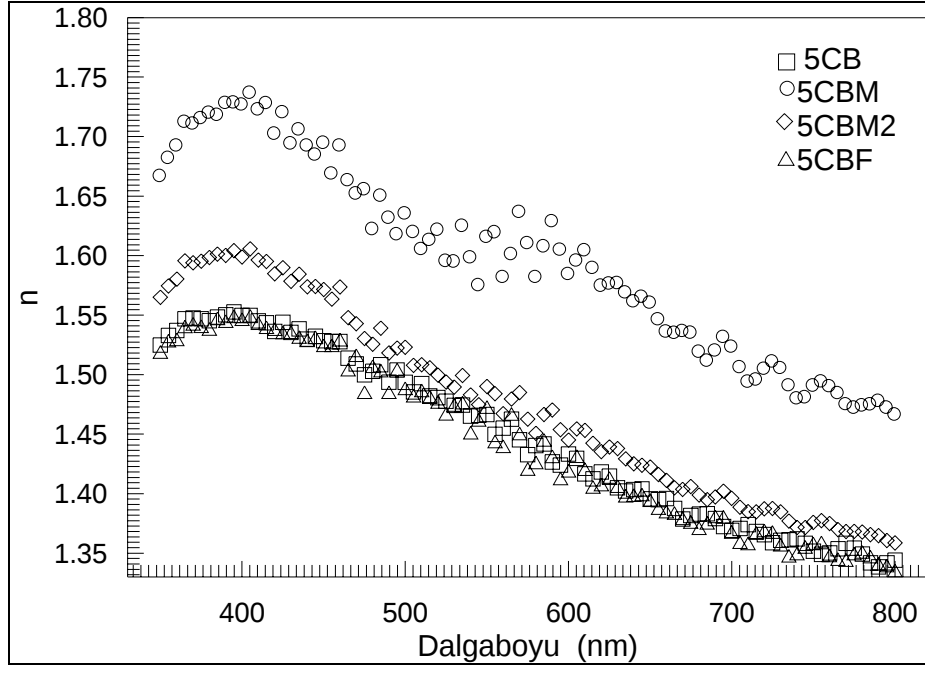


(b)



Şekil 4.18 Sıvı kristallerin absorbans , geçirgenlik ve yansıma spektrumları

Şekil 4.18 ten görüldüğü gibi, sıvı kristallerin A, R ve T spektrumları 5CB ye katkılanan katkı malzemeleri ile değişmektedir. 5CB sıvı kristalin geçirgenlik spektrumu MEH-PPV polimeri ile önemli ölçüde değişmektedir. Numunelerin yansıma spektrumları katkılanan organik malzemelerle değişmektedir. Elde edilen bu sonuçlara göre hazırlanan sıvı kristaller optik uygulamaları için farklı katkı malzemeleriyle modifiye edilebilirler. Sıvı kristal malzemelerin önemli parametrelerinden biri de kırılma indisidir. Hazırlanan sıvı kristallerin kırılma indisi numunelerin yansıma spektrumlarından hesaplandı ve kırılma indisinin dalgaboyu ile değişimi Şekil 4.19 da verilmektedir. Kırılma indisi spektrumlarından görüldüğü gibi, kırılma indisi katkı malzemesi ile değişmektedir. Kırılma indisi MEH-PPV katkısıyla en büyük değeri almaktadır. Sıvı kristallerin kırılma indisi eğrileri normal dispersiyon özelliği göstermektedirler.



Şekil 4.19 Sıvı kristallerin kırılma indisinin dalgaboyu ile değişimi

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada hazırlanan sıvı kristallerin elektro-optik ve faz geçişi özellikleri araştırıldı. 5CB sıvı kristal malzemesi farklı katkı maddeleri ile katkılanarak yeni sıvı kristal malzemeler hazırlandı. Sıvı kristallerin dielektrik anizotropi özellikleri kapasite voltaj ölçümleri yapılarak belirlendi. Numuneler pozitif dielektrik anizotropiden (p-tipi) negatif dielektrik anizotropiye (n-tipi) olan bir geçiş göstermektedirler. Dielektrik anizotropi değerleri katkı malzemesi ile değişmektedir. Sıvı kristallerin dielektrik relaksasyon özellikleri dielektrik sabitinin reel ve sanal kısımlarının değişimi ile belirlendi. Dielektrik relaksasyon olayı, Cole-Cole eğrileri ile analiz edildi ve dielektrik relaksasyon mekanizmasının Debye tipi relaksasyon olduğu görüldü. Sıvı kristallerin dik ve paralel elektriksel iletkenliğinin frekansa bağlılığı araştırıldı. Numunelerin faz geçişi özellikleri dielektrik sabiti-sıcaklık metoduyla araştırıldı. Dielektrik sabiti sıcaklıkla artmakta ve faz geçiş piki göstermektedir. Faz geçiş pikin pozisyonu sıvı kristallere yapılan katkı maddesiyle değişmektedir. Bu da sıvı kristal geçiş sıcaklığının katkı maddesiyle değiştiğini göstermektedir. Elde edilen faz geçişi sıcaklık değerlerine göre, sıvı kristal numuneler nematik fazdan izotropik faza geçmektedirler.

Sıvı kristallerin absorbans, geçirgenlik ve yansıma spektrumları katkılanan organik malzemelerle değişmektedir. Bu sonuçlara göre hazırlanan sıvı kristaller optik uygulamaları için farklı katkı malzemeleriyle modifiye edilebilirler. Sıvı kristallerin kırılma indisi spektrumlarından görüldüğü gibi, kırılma indisi katkı malzemesi ile değişmektedir ve sıvı kristallerin kırılma indisi eğrileri normal dispersiyon özelliği göstermektedirler.

Sonuçta elde edilen verilere göre, hazırlanan sıvı kristalin elektro-optik ve faz geçişi özellikleri sıvı kristallerin optoelektronik uygulamaları hakkında yeni bilgiler vermektedirler. Ayrıca elde edilen sonuçlar sıvı kristallerin elektro-optik ve faz geçişi özelliklerinin sıvı kristallere farklı polimerlerin katkılanmasıyla mümkün olduğunu göstermektedirler.

KAYNAKLAR

- [1] Reinitzer, F., Monatsh. Chem, Beitrage zur Kenntniss des cholesterins, 9, 1888, 421.
- [2] O. Lehmann, Uber fliessende Krystalle, Zeitchriff für physikalische Chemie, 4, 1889, 462.
- [3] Gennes, P.G.De. and Prost, J. 1998, The Physics of Liquid Crytals, Oxford Universty Pres.
- [4] Karapınar, R., Gündüz, E.,1996, Light Scattaring Measurements in Nematic Liquid Crystals II, Trj. Phys. 20.
- [5] Blinov, L.M., Chigrinov, V.G., 1994, Electrooptic Effects in Liquid Crystal Materials, Springer- Verlog, Newyork Inc.
- [6] Bahadır, B., 1995, Liquid Crystals Applications and uses, World Scientitic Publishing Co. Pte. Ltd.
- [7] San, S.E., 2002, Boya Katkılı Nematik Sıvı Kristallerde Optik Nonlinearitenin Kırınım Ağı Difraksiyonu Yöntemi ile İncelenmesi.Gebze İleri teknoloji Enstitüsü, Doktora Tezi.
- [8] Johscher, A.K., 1983, Dielectric Relaxation in Solids, Chelsea Dielectrics Press, London.
- [9] Özşin, S. 1988, Dielektrik Sistemlerin Alternatif Alanlardaki Davranışları, Gazi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- [10] Klingshirn, C.F. 1995, Semiconductor Optics, Springger-Verlag, Berlin.
- [11] Capizzi, M., Frova, A. and Dunn, D. 1972, Solid State Commun., 10, 1165.
- [12] A. Chelkowski, Dielectric Physics, Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, Warsawa, 1980.
- [13] Yakuphanoglu, F., Okutan, M., Zhuang, Q., Zhewen Han, 2005, The dielectric spectroscopy and surface morphology studies in a new conjugated polymer poly (benzobisoxazole-2, 6-diylvinylene), Physica B, 365, 13–19.

ÖZGEÇMİŞ

Burhan COŞKUN 21.02.1977 doğumludur. İlköğretimi Malatya’da ve lise eğitimini Kayseri’de tamamladıktan sonra 1995 tarihinde İnönü Üniversitesi. Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü programına girdi. 2001 de Fizikçi ünvanı ile mezun olmuştur.

2004 yılında F.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü’nde Fizik Anabilim Dalı’nın Katıhal Fiziği Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans yapmaya hak kazanmıştır.