



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**CDSes/ZNS KUANTUM NOKTA KATKILI 5CB NEMATİK SIVI
KRİSTALİNİN ELEKTRO-OPTİK VE DİELEKTRİK
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

GÜLSÜM KOCAKÜLAH

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. OĞUZ KÖYSAL**

DÜZCE, 2018

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CDSSES/ZNS KUANTUM NOKTA KATKILI 5CB NEMATİK SIVI
KRİSTALİNİN ELEKTRO-OPTİK VE DİELEKTRİK
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Gülsüm KOCAKÜLAH tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Oğuz KÖYSAL

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Oğuz KÖYSAL

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Yusuf ATALAY
Sakarya Üniversitesi

Doç. Dr. Kadir GÖKŞEN
Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 12/07/2018

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

12 Temmuz 2018



Gülsüm KOCAKÜLAH

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Prof. Dr. Oğuz KÖYSAL'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP-2017.05.02.655 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

12 Temmuz 2018

Gülsüm KOCAKÜLAH

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL LİSTESİ	VII
ÇİZELGE LİSTESİ	IX
KISALTMALAR.....	X
SİMGELER	XI
ÖZET	XIII
ABSTRACT	XIV
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. SIVI KRİSTAL TANIMI VE ÖZELLİKLERİ	3
2.2. SIVI KRİSTALLERİN SINIFLANDIRILMASI	4
2.2.1. Termotropik Sıvı Kristaller	5
2.2.1.1. <i>Nematik Sıvı Kristaller.....</i>	<i>6</i>
2.2.1.2. <i>Simektik Sıvı Kristaller</i>	<i>7</i>
2.2.1.3. <i>Kolesterik Sıvı Kristaller</i>	<i>7</i>
2.2.2. Liyotropik Sıvı Kristaller	8
2.3. SIVI KRİSTALLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	9
2.3.1. Optik Özellikler.....	9
2.3.1.1. <i>Optik Anizotropi.....</i>	<i>9</i>
2.3.1.2. <i>Optik Bant Aralığı Değerleri</i>	<i>10</i>
2.3.2. Elektrik ve Dielektrik Özellikler	11
2.3.2.1. <i>Kompleks Dielektrik Sabiti</i>	<i>13</i>
2.3.2.2. <i>Kayıp Tanjant Faktörü.....</i>	<i>15</i>
2.3.2.3. <i>Dielektrik Anizotropi.....</i>	<i>15</i>
2.3.2.4. <i>Cole-Cole Yaklaşımı</i>	<i>16</i>
2.3.2.5. <i>Kompleks Elektriksel Modülüs.....</i>	<i>18</i>
2.3.2.6. <i>AC ve DC Elektriksel İletkenlik</i>	<i>18</i>
2.3.3. Elektro-Optik Özellikler	19

2.3.3.1. Elastik Sabitleri.....	19
2.3.3.2. Eşik (Threshold) Voltajı.....	19
2.4. SIVI KRİSTALLERİN KATKILANMASI	20
2.4.1. Yarıiletken Kuantum Noktalar	20
2.4.2. Sıvı Kristal-Kuantum Nokta Kompozit Yapıları.....	24
3. DENEYSEL YÖNTEM	26
3.1. ÖLÇÜMDE KULLANILAN NUMUNELERİN HAZIRLANMASI.....	26
3.2. HAZIRLANAN NUMUNELERİN SIVI KRİSTAL HÜCRELERE DOLDURULMASI	27
3.3. ÖLÇÜMLER.....	29
3.3.1. Optik Ölçümler	29
3.3.2. Elektrik ve Dielektrik Ölçümler	29
3.3.3. Elektro-Optik Ölçümler	30
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	32
4.1. CDSES/ZNS KUANTUM NOKTA KATKILI 5CB NEMATİK SIVI KRİSTAL KOMPOZİT YAPILARIN OPTİK KARAKTERİZASYONU	32
4.2. CDSES/ZNS KUANTUM NOKTA KATKILI 5CB NEMATİK SIVI KRİSTAL KOMPOZİT YAPILARIN ELEKTRİK VE DIELEKTRİK KARAKTERİZASYONU	35
4.3. CDSES/ZNS KUANTUM NOKTA KATKILI 5CB NEMATİK SIVI KRİSTAL KOMPOZİT YAPILARIN ELEKTRO-OPTİK KARAKTERİZASYONU	45
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	48
6. KAYNAKLAR.....	50
ÖZGEÇMİŞ.....	56

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Katı kristal ile sıvı faz arasındaki sıcaklığa bağlı geçişin şematik gösterimi.....	4
Şekil 2.2. Sıvı kristallerin sınıflandırılması.....	5
Şekil 2.3. Termotropik sıvı kristallerin sembolik gösterimi.....	6
Şekil 2.4. Nematik sıvı kristal yapıda moleküllerin aynı doğrultuda yönelimi.....	6
Şekil 2.5. Simektik sıvı kristal yapılarda moleküllerin yönelimi.....	7
Şekil 2.6. Kolesterik sıvı kristal yapılarda moleküllerin yönelimi.....	8
Şekil 2.7. Liyotropik sıvı kristalin şekli ve açık formülü (Sabun molekülü).....	9
Şekil 2.8. Paralel plakaları arasında boşluk ve dielektrik malzeme bulunan kondansatörler.....	12
Şekil 2.9. Kompleks dielektrik sabitinin frekansa bağlı değişim grafiği.....	14
Şekil 2.10. Kayıp tanjant vektör diyagramı.....	15
Şekil 2.11. Sıvı kristallerde dielektrik anizotropi.....	16
Şekil 2.12. Tek relaksasyon zamanına sahip sistemler için Cole-Cole diyagramı.....	17
Şekil 2.13. Elementlerin periyodik tablosu.....	21
Şekil 2.14. Kuantum noktaların boyutlarının değişimiyle yasak enerji bant aralıklarının değişimi.....	22
Şekil 2.15. Yarıiletken kuantum noktaların boyutlarına bağlı fotoluminesans değerleri.....	23
Şekil 2.16. Çekirdek-Kabuk kuantum nokta yapısının şematik gösterimi.....	24
Şekil 3.1. 5CB nematik sıvı kristalin moleküler formülü.....	26
Şekil 3.2. Boş sıvı kristal hücrenin yapısı.....	27
Şekil 3.3. Sıvı kristal doldurulmuş planar yönelimli hücrenin temsili kesit görüntüsü..	28
Şekil 3.4. Kuantum nokta katkılı sıvı kristal kompozit yapı doldurulmuş planar yönelimli hücrenin temsili kesit görüntüsü.....	28
Şekil 3.5. Optik ölçümler için kullanılan deney düzeneği.....	29
Şekil 3.6. Elektrik ve dielektrik ölçümler için kullanılan deney düzeneği.....	30
Şekil 3.7. Elektro-optik ölçümler için kullanılan deney düzeneği.....	31
Şekil 4.1. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların Soğurum-Dalgaboyu değişim grafiği.....	32
Şekil 4.2. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların $(\alpha h\nu)^2$ 'nin $h\nu$ 'ye bağlı değişim grafikleri.....	33
Şekil 4.3. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların konsantrasyona bağlı optik bant aralığı değişim grafiği ve buna uydurulan teorik eğri.....	34
Şekil 4.4. (a) Saf 5CB nematik sıvı kristal ve (b) % 0,05, (c) % 0,10, (d) % 0,15 kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların ϵ' -V değişim grafiği.....	36
Şekil 4.5. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların ϵ' -log f değişim grafiği.....	37
Şekil 4.6. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların ϵ'' -log f değişim grafiği.....	38

Şekil 4.7. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların $\Delta\epsilon'$ -log f değişim grafiği.....	39
Şekil 4.8. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların $\tan \delta$ -log f değişim grafiği.....	40
Şekil 4.9. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların Cole-Cole grafiği.....	41
Şekil 4.10. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların $\log M''$ -log f değişim grafiği.....	43
Şekil 4.11. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların $\log \sigma_{ac}$ -log f değişim grafiği.....	44
Şekil 4.12. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların I-V grafiği.....	45
Şekil 4.13. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların Geçirgenlik (%)-V grafiği.....	46
Şekil 4.14. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların V_{th} -CdSeS/ZnS Kuantum Nokta Konsantrasyonu (%) değişim grafiği.....	46
Şekil 4.15. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların K_{11} -CdSeS/ZnS Kuantum Nokta Konsantrasyonu (%) değişim grafiği.....	47

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 4.1. Bazı CdSeS/ZnS % Konsantrasyon değerlerinde elde edilen kompozit yapıların sahip olacağı E_g değerleri.....	35
Çizelge 4.2. 5CB nematik sıvı kristal ve CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların f_R ve f_c değerleri.....	39
Çizelge 4.3. 5CB nematik sıvı kristal ve CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların τ_h , τ_l , σ_{dc} ve α değerleri.....	42



KISALTMALAR

5CB	4-pentyl-4'-cyanobiphenyl
AC	Alternatif akım
CdSe	Kadmiyum selenid
CdSe/ZnS	Kadmiyum selenid/Çinko sülfür
CdSeS/ZnS	Kadmiyum selenid sülfür/Çinko sülfür
CdTe	Kadmiyum tellür
DC	Doğru akım
InAs	İndiyum arsenik
InP	İndiyum fosfor
ITO	İndiyum kalay oksit
LCD	Sıvı kristal ekran
n-tipi	Negatif-tipi
PbS	Kurşun sülfür
p-tipi	Pozitif-tipi
QD	Kuantum nokta
SmA	Simektik A
SmB	Simektik B
SmC	Simektik C
UV/VIS	Ultraviyole/Görünür bölge
ZnO	Çinko oksit

SİMGELER

A	Soğurum miktarı
C	Kondansatörün sığası
cm	Santimetre
D	Elektriksel yer değiştirme
d	Kalınlık
E	Elektrik alan
e	Elektronun temel yükü
eV	Elektronvolt
E_g	Bant aralığı enerjisi
E_t	Freedericksz eşik alanı
f_c	Geçiş frekansı
f_R	Relaksasyon zamanı
G	İletkenlik
h	Planck sabiti
I-V	Akım-Gerilim
K_{11}	Eğilme elastik sabiti
K_{22}	Burulma elastik sabiti
K_{33}	Bükülme elastik sabiti
kHz	Kilohertz
MHz	Megahertz
ms	Milisaniye
m_e	Elektronun etkin kütlesi
m_h	Boşluğun etkin kütlesi
M^*	Kompleks elektriksel modülüs
M'	Kompleks elektriksel modülüsün reel kısmı
M''	Kompleks elektriksel modülüsün sanal kısmı
nA	Nanoamper
nm	Nanometre
n_o	Sıradan kırılma indisi
n_e	Sıradan olmayan kırılma indisi
\hat{n}	Yönelim vektörü
R	Yarıçap
S	Siemens
$\tan \delta$	Kayıp tanjant faktörü
V	Potansiyel farkı
V	Volt
V_{th}	Eşik voltajı
ω	Açısal frekans
Z	Empedans
α	Soğurma katsayısı
Δn	Optik anizotropi
$\Delta \epsilon$	Dielektrik anizotropi
ϵ	Dielektrik sabiti

ϵ_0	Boşluğun dielektrik sabiti
ϵ_s	Dielektrik sabitinin düşük frekans limiti
ϵ_∞	Dielektrik sabitinin yüksek frekans limiti
$\epsilon_{ }$	Dielektrik sabitinin paralel bileşeni
ϵ_{\perp}	Dielektrik sabitinin dik bileşeni
ϵ	Kompleks dielektrik sabiti
ϵ'	Kompleks dielektrik sabitinin reel kısmı
ϵ''	Kompleks dielektrik sabitinin sanal kısmı
μm	Mikrometre
μs	Mikrosaniye
ν	Frekans
π	Pi sayısı
σ	Yüzey yük yoğunluğu
σ_{ac}	AC iletkenlik
σ_{dc}	DC iletkenlik
τ	Relaksasyon zamanı
τ_h	Yüksek frekans bölgesi relaksasyon zamanı
τ_l	Düşük frekans bölgesi relaksasyon zamanı
%	Yüzde

ÖZET

CdSeS/ZnS KUANTUM NOKTA KATKILI 5CB NEMATİK SIVI KRİSTALİNİN ELEKTRO-OPTİK VE DİELEKTRİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Gülsüm KOCAKÜLAH

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Oğuz KÖYSAL

Temmuz 2018, 55 sayfa

Bu çalışmada, CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB (4-pentyl-4'-cyanobiphenyl) nematik sıvı kristal yapının elektro-optik ve dielektrik özellikleri incelenmiştir. CdSeS/ZnS kuantum nokta, 5CB nematik sıvı kristal içerisine ağırlıkça % 0,05, % 0,10 ve % 0,15 oranlarında katılanmış ve sıvı kristal-kuantum nokta kompozit yapıları oluşturulmuştur. 5CB nematik sıvı kristal ve CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların elektrik ve dielektrik özellikleri 1 kHz-10 MHz frekans aralığında ve 0 V-20 V gerilim değerleri kullanılarak dielektrik spektroskopi tekniği ile incelenmiştir. Numunelerin optik özellikleri ise 300 nm-800 nm dalga boyu aralığında optiksel geçirgenlik spektroskopi yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Ölçüm sonuçlarından, 5CB nematik sıvı kristal ve CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapılara ait optik bant aralığı, kompleks dielektrik sabitinin reel ve sanal kısımları, dielektrik anizotropi, relaksasyon frekansı, geçiş frekansı, eşik voltajı, eğilme elastik sabiti ve relaksasyon zamanı parametreleri elde edilmiştir. Optik bant aralığı, eşik voltajı ve eğilme elastik sabiti parametrelerinin değerlerinin CdSeS/ZnS kuantum nokta katılanması ile önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca incelenen yapıların gerilime bağlı akım değerleri elde edilmiştir. Kuantum noktaların neden olduğu yük yoğunluğundaki artışa bağlı olarak, ortamdaki geçen akım değerinin arttığı görülmüştür. Sonuçlar, CdSeS/ZnS kuantum noktaların 5CB nematik sıvı kristale katılanması ile elde edilen kompozit yapılarda elektro-optik ve dielektrik özelliklerde önemli değişimlere neden olduğunu ve ortamın iletkenliğini arttırdığını göstermiştir.

Anahtar sözcükler: Elektro-optik ve dielektrik özellikler, Kuantum nokta, Nematik sıvı kristal.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF ELECTRO-OPTIC AND DIELECTRIC PROPERTIES OF CDSES/ZNS QUANTUM DOT-DOPED 5CB NEMATIC LIQUID CRYSTALS

Gülsüm KOCAKÜLAH

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Physics

Master's Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Oğuz KÖYSAL

July 2018, 55 pages

In this study, the electro-optic and dielectric properties of CdSeS/ZnS quantum dot doped 5CB (4-pentyl-4'-cyanobiphenyl) nematic liquid crystal structure were investigated. The CdSeS/ZnS quantum dot was doped into the 5CB nematic liquid crystal at a ratio of 0.05 %, 0.10 % and 0.15 % wt and liquid crystal-quantum dot composite structures were formed. Electric and dielectric properties of 5CB nematic liquid crystal and CdSeS/ZnS quantum dot doped 5CB nematic liquid crystal composite structures were investigated in the frequency range of 1 kHz-10 MHz and 0 V-20 V voltages with using dielectric spectroscopy method. The optical properties of the samples were investigated by optical transmission spectroscopy at a wavelength range of 300 nm-800 nm. The optical band gap, real and imaginary part of complex dielectric constant, dielectric anisotropy, the relaxation frequency, crossover frequency, threshold voltage, splay elastic constant and relaxation time parameters of 5CB nematic liquid crystal and CdSeS/ZnS quantum dot doped 5CB nematic liquid crystal composite structures were obtained using experimental data. The values of the optical band gap, threshold voltage and splay elastic constant parameters were found to decrease significantly with CdSeS/ZnS quantum dot doping. The voltage dependent current values of the investigated structures were also obtained. Depending on the increase in charge density caused by the quantum dots, the value of the current passing through the medium is increased. Results show that CdSeS/ZnS quantum dots cause significant changes in the electro-optic and dielectric properties of 5CB nematic liquid crystal composite structures and increase the conductivity of the mediums.

Keywords: Electro-optic and dielectric properties, Nematic liquid crystal, Quantum dot.

1. GİRİŞ

Madde katı, sıvı, gaz ve plazma olmak üzere dört temel fazda bulunmaktadır. Her bir fazda atomların serbestlik dereceleri, dağılımları ve simetrisi farklıdır. Örneğin katılar, sıvılar ve gazlar ile karşılaştırıldığında daha düzgün bir moleküler düzene ve daha yüksek yoğunluğa sahiptir [1]. Katı fazda atomlar periyodik bir örgü içinde titreşim hareketi yaparken dönme hareketi yapamazlar. Sıvı fazda ise moleküler bir düzen yoktur ancak atomlar öteleme hareketi ile birlikte dönme hareketi yapabilmektedir [2].

Moleküler düzen esas alındığında maddenin katı, sıvı, gaz ve plazma halleri ile sınırlı kalmadığı görülmektedir. Bazı maddeler ısıtıldığında doğrudan katı halden sıvı hale geçmek yerine moleküler düzeni katı ile sıvı arasında olan ara fazlar gösterir. Bu ara fazlara sahip yapılar, katılar gibi tek ya da iki boyutta yönelimsel ve konumsal düzene sahiptir ancak sıvıların sahip olduğu akışkanlık özelliklerini korur. Bu özelliklerinden dolayı bu malzemeler sıvı kristal olarak adlandırılmaktadır [3].

Sıvı kristal fazı, katıların sahip olduğu anizotropik ve sıvıların sahip olduğu izotropik özellikleri yapısında bulunduran maddenin yeni bir fazı olarak tanımlanmaktadır. Sıvı kristal yapıların anizotropik özellik göstermesinden dolayı farklı yönelim doğrultularında ölçümler yapıldığında bazı fiziksel özelliklerinde farklılık gözlemlenebilir [2], [4].

Moleküller arası zayıf kuvvetlere sahip olan sıvı kristal yapılar, üzerlerine uygulanan elektrik alan, manyetik alan, sıcaklık, basınç gibi dış etkilerle kolay bir şekilde yönlendirilebilmekte ve bu özellikleri ile günümüzde bilim ve teknoloji alanında çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır [2], [5], [6].

Son yıllarda ekran teknolojisindeki uygulamaları ile yaygın bir çalışma alanına sahip sıvı kristal yapılar termotropik ve liyotropik olmak üzere iki farklı grupta incelenmektedir. Termotropik sıvı kristaller ara fazların sıcaklık ile oluştuğu, kendi içinde nematik, smektik ve kolesterik olmak üzere üç farklı gruba ayrılan yapılar olarak bilinmektedir. Liyotropik sıvı kristaller ise farklı organik bileşiklerin belirli konsantrasyonlarda bir araya gelmesiyle oluşmaktadır [3].

Sıvı kristaller arasında bilimsel araştırmalarda en çok kullanılan yapılar nematik sıvı kristallerdir. Nematik sıvı kristal yapıların moleküler yönlenimi dış kuvvetlerin (elektrik, manyetik, vb.) etkisi ile kolay bir şekilde değiştirilebilmektedir. Bu zellikleri nematik sıvı kristal yapıların pek çok opto-elektronik cihaz uygulamasında kullanılmasına olanak sağlamaktadır [7], [8].

Sıvı kristal yapılara farklı nanoparçacıkların katkılanmasıyla sıvı kristal-nanoparçacık kompozit yapılar oluşturulmaktadır. Bu yapıların oluşturulmasında sıvı kristal moleküllerin ve katkılanan nanoparçacığın fiziksel özellikleri son derece önemlidir. Kompozit yapının oluşturulmasında kullanılan sıvı kristal ve nanoparçacık arasında meydana gelen moleküler etkileşim mekanizmaları sonucu, elektrik, optik ve dielektrik özelliklerinde istenilen düzeyde değişiklikler elde edilebilmektedir [9]. Literatürde; altın nanoparçacıklar [10], gümüş nanoparçacıklar [11], yarıiletken kuantum noktalar [12]-[14], boyalar [15], [16], polimerler [17]-[19] gibi pek çok katkı maddesi sıvı kristal yapı ile bir araya getirilmiş ve farklı kompozit yapıların oluşumu sağlanmıştır.

Özellikle yarıiletken kuantum noktaların sıvı kristal yapılara katkılanmasıyla oluşturulan sıvı kristal-kuantum nokta kompozit yapıları son yıllarda araştırmacıların yoğun ilgisini kazanmıştır. Yarıiletken kuantum noktalar yüzlerce veya binlerce atomdan oluşan, sıfır boyutlu malzemelerdir. Eşsiz elektrik, manyetik ve optik özelliklere sahip olan yarıiletken kuantum noktalar, güneş hücrelerinde [20], [21], ışık yayan diyot ve lazerlerde [22], [23], biyogörüntüleme ve kanser tedavisinde [24]-[28] ve daha pek çok alanda ilgi odağı haline gelmiştir.

Bu tez çalışmasında CdSeS/ZnS (Kadmiyum Selenid Sülfür/inko Sülfür) kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristalinin elektro-optik ve dielektrik özelliklerindeki değişim incelenmiştir. Farklı katkı oranlarında CdSeS/ZnS kuantum nokta ve 5CB nematik sıvı kristal yapı kullanılarak sıvı kristal-kuantum nokta kompozit yapısı oluşturulmuştur. Bu kompozit yapılarda kuantum noktalar ve sıvı kristaller arasında meydana gelen farklı moleküler etkileşim mekanizmaları sonucu elektro-optik ve dielektrik özelliklerde önemli değişimler gözlemlenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

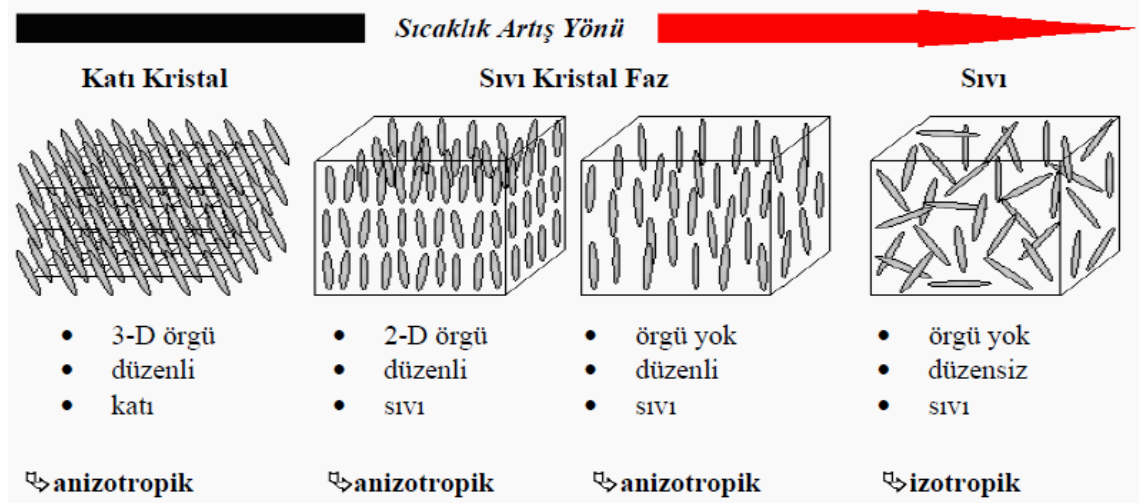
2.1. SIVI KRİSTAL TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

Sıvı kristal fazı ilk olarak 1888 yılında Avusturyalı botanikçi Friedrich Reinitzer tarafından bulunmuştur. Reinitzer havuçtan elde edilen kolesterol (kolesteril asetat ve kolesteril benzoat) örneklerini araştırırken, kolesteril benzoatta iki farklı sıcaklıkta faz değişikliği olduğunu gözlemlemiştir. Kolesterol benzoatın oda koşullarında katı, 145 °C'de berrak olmayan bir sıvı ve 179 °C'de tam olarak sıvı olduğunu gözlemleyen Reinitzer, berrak olmayan bu sıvının varlığını açıklayamadığından örnekleri incelemesi için Alman fizikçi Otto Lehmann'a göndermiştir. Lehmann, örnekleri polarize mikroskopta incelemiş ve berrak olmayan sıvı halinin optik anizotropiye sahip olduğunu fark etmiştir. Berrak olmayan bu sıvının sahip olduğu anizotropinin, uzun eksene paralel olarak yönelmiş moleküller nedeniyle meydana geldiğini ifade etmiştir. 'Sıvı kristal' terimi ilk defa Lehmann tarafından kullanılmaya başlanmıştır [29].

Sıvı kristal hali, moleküler düzenliliğe sahip olmayan ve izotropik özellik gösteren sıvı fazı ile uzun erişimli periyodik düzenliliğe sahip ve anizotropik özellik gösteren katı fazı arasında bulunan maddenin özel bir hali olarak tanımlanmaktadır. Yapı olarak katı özelliklerine sahip olan sıvı kristal yapılar akışkan halde bulunmaktadır [30]-[32].

Katı fazda moleküller veya atomlar belirgin bir düzen içerisinde küçük titreşimler yaparak hareket etmekte, ancak dönme hareketi yapamamaktadır. Sıvı fazda ise moleküller uzun erişimli bir düzene sahip değildirler ancak öteleme hareketinin yanında dönme hareketi yapabilmektedir. Gaz fazında ise moleküller sıkıştırıldıkları hacim içerisinde serbestçe hareket edebilme özelliğine sahiptir. Katıların erimesi ile sahip oldukları moleküler düzenlilik bozulmakta ve bu da moleküllerin dönüş serbestliği kazanmasına sebep olmaktadır. Şekil 2.1'de katı kristal fazdan sıvı faza geçişin sıcaklığa bağlı değişimi verilmiştir [2]. Sıcaklık artışı ile katı kristal yapıya ait örgü düzenliliği üç boyuttan iki boyuta inmektedir. Belirli bir sıcaklık değerinden sonra katı faza ait moleküler düzenliliğin azaldığı ve izotropik sıvı faza geçişin gerçekleştiği görülmektedir. Katı kristal faz ile sıvı faz arasındaki sıvı kristal yapılar anizotropik

özelliik gösterirler ve bu fazda moleküller arası düzenlilik ve yönelim en önemli özelliiktir [2].



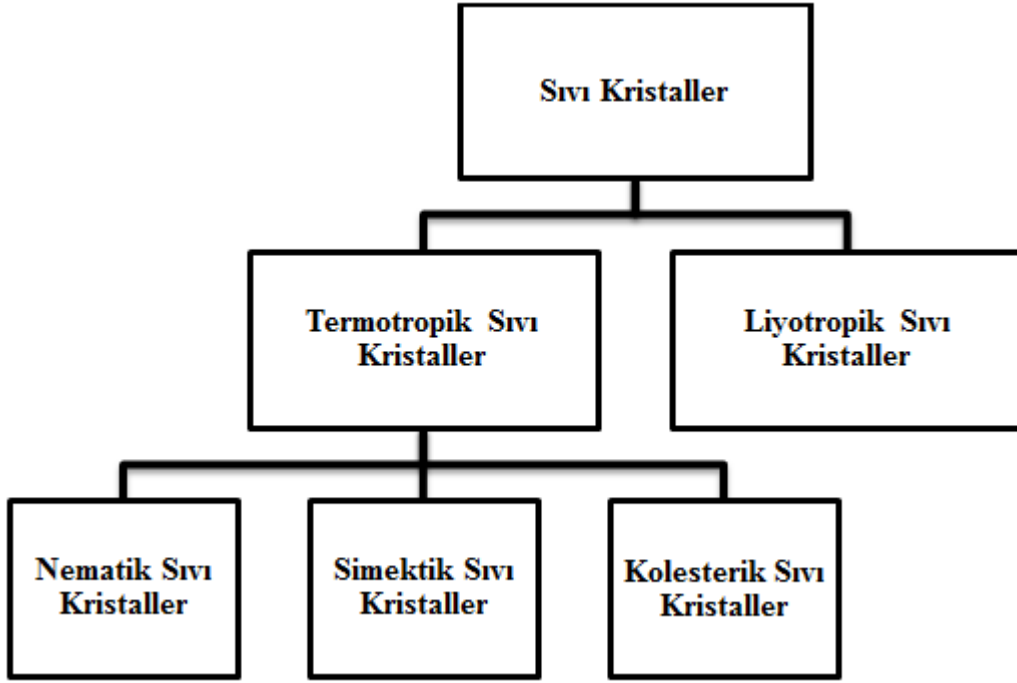
Şekil 2.1. Katı kristal ile sıvı faz arasındaki sıcaklığa bağlı geçişin şematik gösterimi.

Sıvı kristal molekülleri dışarıdan uygulanan elektrik alan, manyetik alan, sıcaklık ve basınç gibi etkilerle yeniden yönlendirilebilmektedir. Moleküler düzende meydana gelen değişimlere bağlı olarak elektrik, manyetik, optik ve dielektrik özellikleri değiştirilebilen sıvı kristal yapılar günümüzde teknolojinin pek çok alanında uygulama sahası bulmuştur. Dijital saatlerde, osilografik göstergelerde, hesap makinelerinde, radyasyon ve basınç sensörlerinde, otomobil ve uçakların gösterge panellerinde, dizüstü ve masaüstü bilgisayarlar ile televizyon ekranları gibi pek çok bilimsel ve teknolojik üründe sıvı kristal yapılar kullanılmaktadır [33]-[35].

2.2. SIVI KRİSTALLERİN SINIFLANDIRILMASI

Sıvı kristaller termotropik ve liyotropik olmak üzere iki temel grupta incelenmektedir (Şekil 2.2).

Termotropik sıvı kristal yapılarda ara fazların oluşma sebebi sıcaklıktır. Termotropik sıvı kristaller çubuksu veya disk şeklindeki moleküllerden oluşmakta, kendi içinde nematik, simektik ve kolesterik olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Liyotropik sıvı kristal yapılar ise birden fazla organik bileşiğin belirli konsantrasyonlarda bir araya getirilmesiyle elde edilmektedir. Bu tip sıvı kristallerde ara fazların gözlemlenmesi yine belirli sıcaklıklarda gerçekleşmektedir [36], [37].

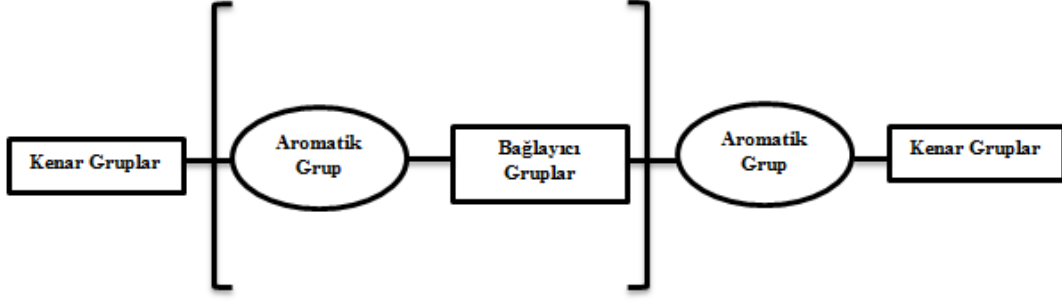


Şekil 2.2. Sıvı kristallerin sınıflandırılması.

2.2.1. Termotropik Sıvı Kristaller

Termotropik sıvı kristaller belirli sıcaklık aralıklarında oluşan, bu sıcaklığın altında anizotropik katı yapıya sahip, üzerinde ise izotropik özellik gösteren ve sıvı halde bulunan yapılar olarak bilinmektedir [38].

Termotropik sıvı kristal yapıyı oluşturan moleküllerin merkezinde ve merkeze yakın olan bölgelerinde elektrik dipol momentinin oldukça güçlü olduğu ancak moleküllerin kenarlarında bu dipol momentinin oldukça zayıf olduğu bilinmektedir. Bu dipoller arasındaki dipol-dipol çekici kuvvetleri moleküllerin birbirine paralel ve yakın olarak düzenlenmesine olanak sağlamaktadır. Sıvı kristal molekülleri arasında dipol-dipol çekici kuvvetlerine ek olarak hidrojen ve zayıf Van Der Waals kuvvetlerinin olduğu da bilinmektedir. Bu kuvvetlerin bir araya gelmesiyle termotropik sıvı kristal yapı oluşmaktadır [2], [38], [39]. Termotropik sıvı kristal yapıların sembolik gösterimi Şekil 2.3'te verilmiştir. Şekilde termotropik sıvı kristal yapıların kenar grupları, aromatik gruplar ve bağlayıcı grupların bir araya gelmesiyle oluştuğu görülmektedir.

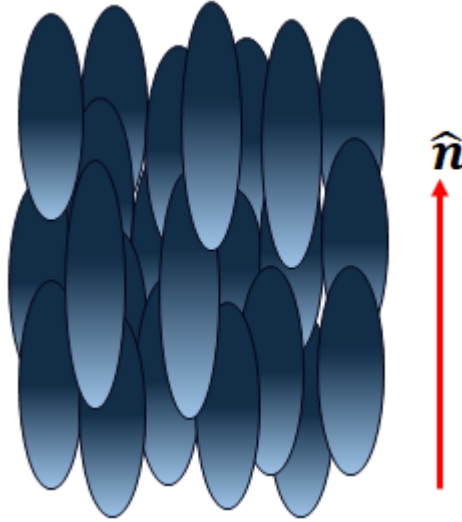


Şekil 2.3. Termotropik sıvı kristallerin sembolik gösterimi.

Termotropik sıvı kristal fazda moleküller çubuk veya disk şeklinde bir yapı göstermektedir. Sıcaklık değişimine bağlı olarak farklı özellikler gösteren termotropik sıvı kristaller, nematik, simektik ve kolesterik olmak üzere üç temel grupta incelenmektedir [2], [32], [39].

2.2.1.1. Nematik Sıvı Kristaller

Bilimsel ve teknolojik araştırmalarda en çok kullanılan yapılar olarak bilinen nematik sıvı kristaller, optiksel olarak tek eksenlidir ve moleküller optiksel eksen \hat{n} yönünde ortalama bir yönelim göstermektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Nematik sıvı kristal yapıda moleküllerin aynı doğrultuda yönelimi.

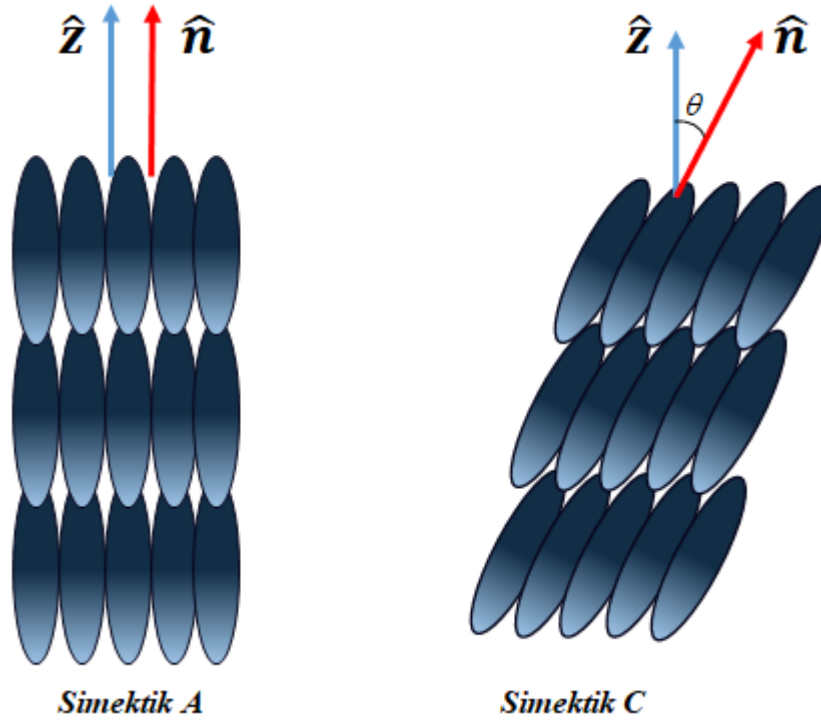
Tabakalı yapı göstermeyen nematik sıvı kristal yapılarda, moleküllerin ağırlık merkezlerinin dizilimi rastgele bir düzen göstermektedir ve bu yapıda moleküllerin birbirine göre hareket serbestliği vardır.

Nematik sıvı kristal moleküllerinin ortalama yönelim doğrultusu \hat{n} , dışarıdan uygulanan herhangi bir elektrik alan, manyetik alan, sıcaklık ve basınç gibi dış etkilerle

değiştirilebilmektedir. Bu özellikleri ile nematik sıvı kristal yapılar ekran teknolojisi alanında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [40].

2.2.1.2. Simektik Sıvı Kristaller

Simektik sıvı kristal yapılar, simektik A, B, C (SmA, SmB, SmC) gibi farklı isimlerle adlandırılmaktadır. Şekil 2.5'te simektik sıvı kristallerin moleküler yönlenimi görülmektedir. Bu yapılarda moleküller, katman düzlemine dik olacak şekilde yerleşmektedir. Simektik fazda moleküller kendi katmanlarında serbest hareket edebilme özelliği göstermektedir, ancak moleküllerin katmanlar arası hareketi yasaklıdır [41].



Şekil 2.5. Simektik sıvı kristal yapılarında moleküllerin yönlenimi.

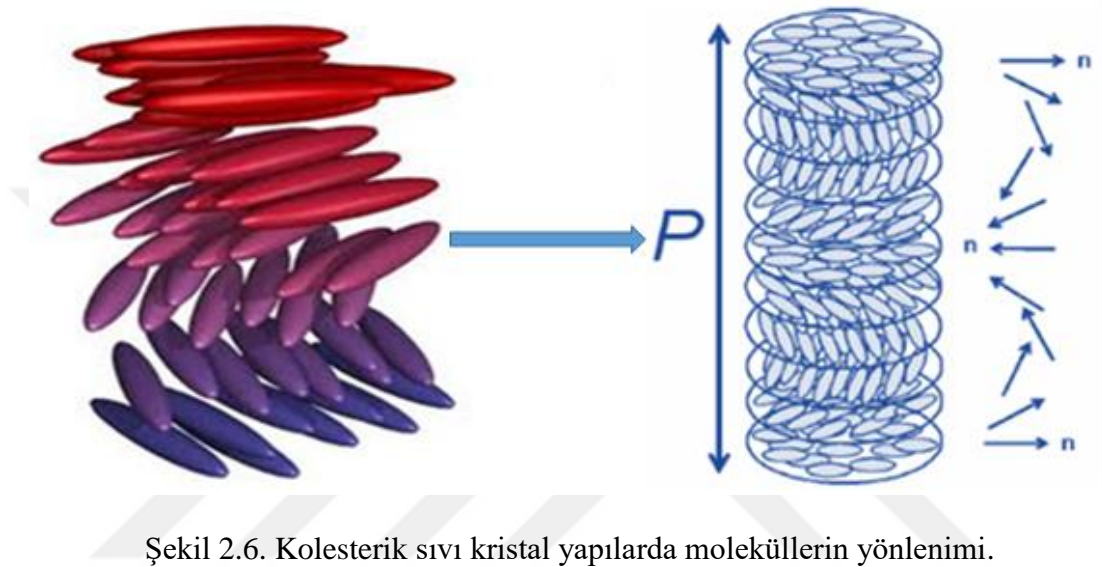
Simektik sıvı kristal yapılar yüksek viskoziteye sahip malzemeler olarak bilinmektedir. Bu nedenle teknolojik uygulamaları yaygın değildir [2].

2.2.1.3. Kolesterik Sıvı Kristaller

Kolesterik sıvı kristal yapıda moleküllerin ağırlık merkezlerini ve yönlerini karakterize eden \hat{n} vektörü belirli bir düzlemde yönlenim göstermektedir. Şekil 2.6'da kolesterik sıvı kristal yapıların moleküler yönlenimi görülmektedir. \hat{n} vektörünün yönelimi katmanlar arası değişime sebep olmaktadır. Bu yönelimin değişimine bağlı olarak sıvı

kristal molekülleri birbirlerine göre küçük bir açı yapacak şekilde spiral bir şekillenim göstermektedir [29].

Kolesterik sıvı kristaller P helis adımı ile karakterize edilirler ve bu P helis adımı hem sağa hem de sola burkulabilen spiral bir yapıya sahiptir. P helis adımı görünür ışığın dalga boyuyla karşılaştırılabilir ölçekte ve sıcaklık veya dış etkilerle değişebilmektedir. Spiral eksenine dik bir manyetik veya elektrik alan uygulayarak kolesterik sıvı kristal yapı nematik sıvı kristal yapıya dönüştürülebilir [42].



Şekil 2.6. Kolesterik sıvı kristal yapılarında moleküllerin yönelimi.

Kolesterik sıvı kristaller sıcaklık sensörü, hastalıklı dokuların teşhisi ve elektronikte mikro yapı kusurlarının belirlenmesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [2], [32].

2.2.2. Liyotropik Sıvı Kristaller

Liyotropik sıvı kristaller iki veya daha fazla organik bileşiğin belirli konsantrasyonlarda bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Bu fazın oluşmasında etkili olan faktörler yapıyı oluşturan bileşiklerin sayısı, türü, konsantrasyonu ve sıcaklıktır. Liyotropik sıvı kristallerin termotropik sıvı kristallerden farkı sadece belirli sıcaklık aralığında değil aynı zamanda belirli konsantrasyon aralığında da ara fazlara sahip olmasıdır [41].

Şekil 2.7’de liyotropik sıvı kristal yapılarına örnek olarak sabun molekülünün yapısı verilmiştir [2]. Bu molekül, polar baş kısmına bir hidrokarbon grubunun eklenmesiyle oluşmuştur.



Şekil 2.7. Liyotropik sıvı kristalin şekli ve açık formülü (Sabun molekülü).

Günümüzde liyotropik sıvı kristaller biyolojik sistemlerin incelenmesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

2.3. SIVI KRİSTALLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Sıvı kristaller anizotropik yapıya sahip moleküller oldukları için önemli fiziksel özellikler göstermektedir. Bu özellikler sıvı kristallerin teknolojik uygulamalarda kullanılması açısından son derece önem arz eder. Bu kısımda sıvı kristallerin bazı fiziksel özellikleri açıklanacaktır.

2.3.1. Optik Özellikler

2.3.1.1. Optik Anizotropi

Sıvı kristaller sahip oldukları anizotropik yapıdan dolayı çift kırılma özelliğine sahip olan malzemeler olarak bilinmektedir. Sıvı kristal malzemenin çift kırılma özelliği, sıradan (ordinary) ve sıradan olmayan (extraordinary) ışınların kırılma indisleri arasındaki farkı gösteren Δn ile ifade edilir ve değeri,

$$\Delta n = n_e - n_o \quad (2.1)$$

bağıntısı kullanılarak bulunmaktadır. Burada, n_e gelen elektromanyetik dalganın elektrik alan vektörünün titreşim doğrultusu, sıvı kristal molekülünün optik eksenine paralel olduğu kırılma indisini ifade etmektedir. n_o ise gelen elektromanyetik dalganın elektrik alan vektörünün titreşim doğrultusu, sıvı kristal molekülünün optik eksenine dik olduğu kırılma indisi olarak tanımlanmaktadır [32].

Δn , sıvı kristal malzemelerin karakterizasyonunda kullanılan önemli bir parametre olarak bilinmektedir. Sıvı kristal yapılarda, optik eksene paralel yayılan demetin kırılma

indisi diğer bileşenden büyük ise, $\Delta n > 0$, pozitif optik anizotropi; küçük ise, $\Delta n < 0$ negatif optik anizotropi değeri elde edilmektedir. Sıvı kristallerin optik anizotropi özelliği, sıvı kristal ekranlarda (LCD), faz geciktiricilerde, holografik bilgi kaydedicilerde ve daha birçok cihazda kullanılmaktadır [32], [39].

2.3.1.2. Optik Bant Aralığı Değerleri

Yarıiletken malzemelerin bant yapısı ve optik bant aralığı değerlerinin belirlenmesinde temel soğurma (absorbsiyon) spektrumu yöntemi kullanılmaktadır. Temel soğurma spektrumu yönteminde, yarıiletken malzeme yapısında bulunan yük taşıyıcılarının üzerlerine düşen elektromanyetik dalgalarla etkileşimleri söz konusudur. Etkileşim sonucu soğurma ile enerji kaybı olmaktadır [43]. Sıvı kristal malzemelerin bant yapısı ve optik bant aralığı değerleri temel soğurma spektrumu yöntemi kullanılarak elde edilmektedir [9].

Temel soğurma spektrumu yönteminde, soğurma katsayısı ile optik bant aralığı değeri arasındaki bağıntı [9],

$$\alpha h\nu = (h\nu - E_g)^n \quad (2.2)$$

denklemleri ile verilmektedir. Denklemlerde $h\nu$ foton enerjisi, E_g optik bant aralığı, n doğrudan ve dolaylı geçişler için farklı değerlere sahip olan birimsiz bir sabiti ifade etmektedir. α soğurma katsayısı olarak tanımlanmaktadır ve değeri;

$$\alpha = \frac{2,303 \times A}{d} \quad (2.3)$$

denklemleri kullanılarak bulunmuştur. Burada A soğurma miktarı, d ise deneyde kullanılan ölçüm hücresinin kalınlığını göstermektedir.

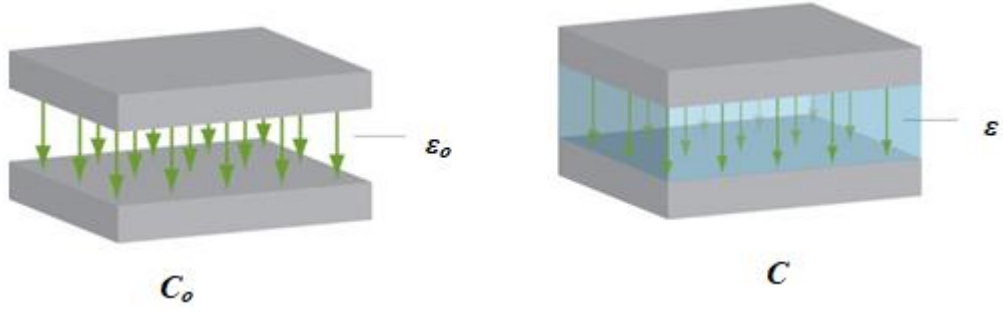
Temel soğurma spektrumu yönteminde kullanılan Denklem 2.2'ye göre $n=1/2, 2, 3/2$ ve 3 değerlerini alabilmektedir. Bu değerler sırasıyla numunenin doğrudan geçişli, dolaylı geçişli, yasaklı doğrudan geçişli ve yasaklı dolaylı geçişli bant aralığına sahip olabileceğini belirtmektedir [9], [44]-[46].

2.3.2. Elektrik ve Dielektrik Özellikler

Elektrik alan etkisi altında elektrik akımını ileten malzemeler iletken olarak adlandırılmaktadır. Yalıtkanlar ise elektrik yükleri elektrik alan içerisinde serbest hareket edebilme yeteneğine sahip olmayan malzemeler olarak tanımlanmaktadır. Katıların bant teorisine göre, iletken bir malzemede yükler serbestçe hareket edebilecekleri elektronik durumlara (değerlik bandından iletkenlik bandına) uyarılabilir ve bu uyarılma sonucunda değerlik ve iletkenlik bantları arasında yasak enerji bant aralıkları oluşmaktadır. Yalıtkan malzemelerde yasak enerji bant aralıkları oldukça büyüktür [47].

Dielektrik malzemeler, üzerine elektrik alan uygulandığında polarize edilebilen yalıtkanlar olarak tanımlanmaktadır. Bu malzemelerin sahip olduğu bütün yükler belirli atom veya moleküllere bağlıdır ve hareketleri molekül içi ile sınırlı kalmaktadır. Dielektrik bir malzeme, elektrik alan içerisine konulduğunda olabilecek tek hareket, pozitif ve negatif yüklerin zıt yönlerde küçük yer değiştirmesi ile oluşmaktadır. Zıt yönlerde kutuplanma yeteneğine sahip dielektrik malzemelerdeki bu yükler elektriksel dipol momentlerini oluşturmaktadır. Küçük yer değiştirmelerinin olduğu dielektrik malzemeler, kutuplanmış dielektrikler olarak adlandırılmaktadır. Dielektrik malzemeler üzerine uygulanan dış elektrik alan ortadan kaldırıldığında, yükler eski konumlarına döner ve net elektriksel dipol moment sıfır olur. Dielektrik malzemeler üzerine uygulanan dış elektrik alan, sürekli bir dipol momente sahip molekülleri alan doğrultusunda yönlendirmeye çalışan bir etkiye sahiptir. Net bir yönelimin olduğu durum denge kutuplanması olarak adlandırılmaktadır. Bazı dielektrik malzemeler elektrik alan içerisine konulmadan yapılarında bir yük ayrışması meydana gelmektedir. Bu malzemelerin net bir dipol momentine sahip oldukları bilinmektedir [48].

Dielektrik malzemelerin elektriksel özellikleri genellikle dielektrik sabitleri cinsinden ifade edilir.



Şekil 2.8. Paralel plakaları arasında boşluk ve dielektrik malzeme bulunan kondansatörler.

Şekil 2.8’de paralel plakaları arasında boşluk bulunan ve paralel plakaları arasında dielektrik malzeme bulunan kondansatörler verilmiştir [47]. Burada ϵ_0 ; boşluğun dielektrik sabiti, ϵ ; dielektrik sabiti, C_0 ; ortamda dielektrik malzeme olmadığında kondansatörün sığası ve C ; ortama dielektrik malzeme konulduğunda kondansatörün sığasını tanımlamaktadır.

İletken paralel plakalar arasında boşluk veya dielektrik malzeme varken levhalar arasında yük geçişi olmaz. Ancak paralel plakalar bir üreticinin uçlarına bağlanırsa bu kondansatör kolayca yüklenebilir. Plakalardan birinin yükü $+Q$, diğerinin yükü $-Q$ olur [48], [49]. Plakalar arasında boşluk olduğunda oluşan elektrik alan şiddeti,

$$E_o = \frac{\sigma}{\epsilon_o} \quad (2.4)$$

denklemleri ile verilir. Burada σ ; her bir plaka üzerinde birim alan başına düşen yüzey yük yoğunluğu olarak tanımlanmaktadır. Plakalar arasında boşluk olması durumunda oluşan potansiyel farkı,

$$V_o = E_o \cdot d \quad (2.5)$$

bağıntısı ile tanımlanmaktadır. Burada d paralel plakalar arasındaki uzaklığı belirtmektedir. Buna göre her plakanın sahip olduğu toplam yük σA olmak üzere paralel plakalı kondansatörün sığası,

$$C_o = \frac{Q_o}{V_o} = \epsilon_o \frac{A}{d} \quad (2.6)$$

olarak ifade edilmektedir. Burada A; paralel plakaların sahip olduğu yüzey alanını göstermektedir.

Ayrıca σ yüzey yük yoğunluğu, plakalar arasındaki bölgede elektriksel yer değiştirme kaynağı olarak düşünülebilir. Buna göre elektriksel yer değiştirme;

$$D = \sigma = \varepsilon_0 E_0 \quad (2.7)$$

denklemleri ile ifade edilmektedir.

Kondansatörün plakaları arasında dielektrik bir malzeme konulduğunda kondansatörün potansiyeli ve elektrik alanı,

$$V = \frac{V_0}{\varepsilon} \quad (2.8)$$

$$E = \frac{E_0}{\varepsilon} \quad (2.9)$$

eşitlikleri ile verilmektedir. Kondansatör üzerindeki Q yükü değişmediğinden sığası;

$$C = \frac{Q_0}{V} = \varepsilon \frac{Q_0}{V_0} = \varepsilon C_0 = \varepsilon \varepsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.10)$$

ile ifade edilmektedir.

2.3.2.1. Kompleks Dielektrik Sabiti

Dielektrik malzemelerin dış elektrik alana duyarlı olması onların elektriksel özelliklerinin araştırılmasında önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle dielektrik bir malzeme, elektriksel bir devre ile tanımlanabilir. Dielektrik malzeme ile doldurulmuş paralel plakalı bir kondansatör yapısı, admitans ile karakterize edilebilir [48]. Admitans,

$$Y = G + i\omega C \quad (2.11)$$

denklemleri ile ifade edilmektedir. Burada, G; iletkenlik, ω ; açısal frekans, C; toplam sığayı tanımlamaktadır. Bu ifade aynı zamanda,

$$Y = G + i\omega(C_0\varepsilon^*) \quad (2.12)$$

şeklinde de yazılabilmektedir.

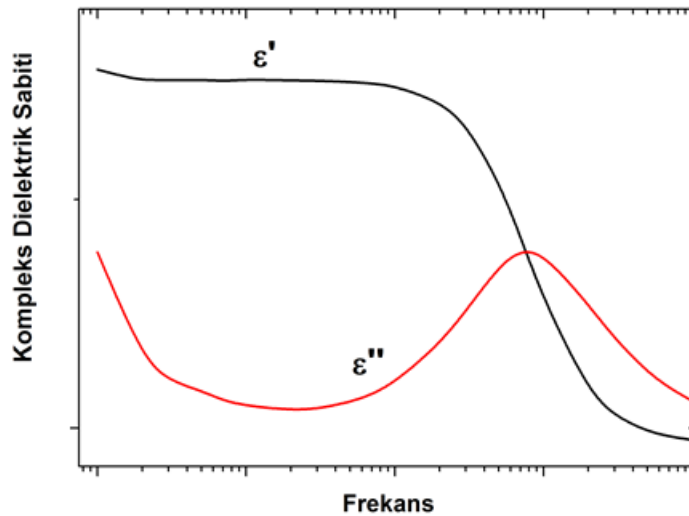
Empedans ise admitansın tersidir ve $Z=1/Y$ ile tanımlanmaktadır;

$$Z = \frac{1}{G + i\omega C} = \frac{1}{G + i\omega C_0\varepsilon^*} \quad (2.13)$$

eşitliği ile verilmektedir. Burada ε^* dielektrik malzemenin sahip olduğu kompleks dielektrik sabiti olarak tanımlanmaktadır. Kompleks dielektrik sabiti reel ve sanal iki kısımdan oluşmaktadır,

$$\varepsilon^* = \varepsilon' - i\varepsilon'' \quad (2.14)$$

eşitliği ile ifade edilmektedir. Burada ε' kompleks dielektrik sabitinin reel kısmını oluşturmaktadır. ε' değeri, malzemede ne kadar enerji depolandığının bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. ε'' ise kompleks dielektrik sabitinin sanal kısmını oluşturmaktadır ve malzemede oluşan enerji kayıplarını ifade etmektedir [50]. Şekil 2.9'da dielektrik bir malzemeye ait kompleks dielektrik sabitinin reel ve sanal kısımlarının frekansa bağlı değişim grafiği verilmiştir.



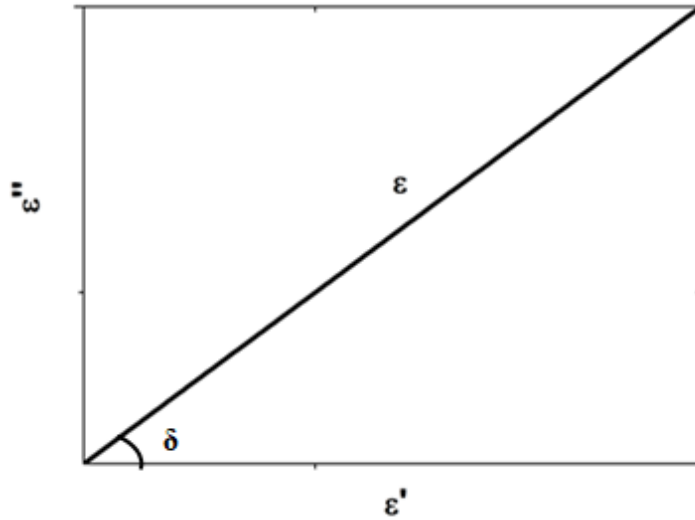
Şekil 2.9. Kompleks dielektrik sabitinin frekansa bağlı değişim grafiği.

2.3.2.2. Kayıp Tanjant Faktörü

Dielektrik malzemelerde kaybedilen enerjinin depolanan enerjiye oranı kayıp tanjant faktörü ile tanımlanmaktadır. Kayıp tanjant faktörü,

$$\tan \delta = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} \quad (2.15)$$

denklemleri ile ifade edilmektedir. Şekil 2.10'da kayıp tanjant faktörüne ait vektör diyagramı verilmiştir. Şekilde vektör toplamının reel eksenle δ gibi bir açı yaptığı görülmektedir. Bu açının tanjantı, dielektrikte ısı olarak açığa çıkan enerji miktarının büyüklüğünü değerlendirmekte kullanılmaktadır.



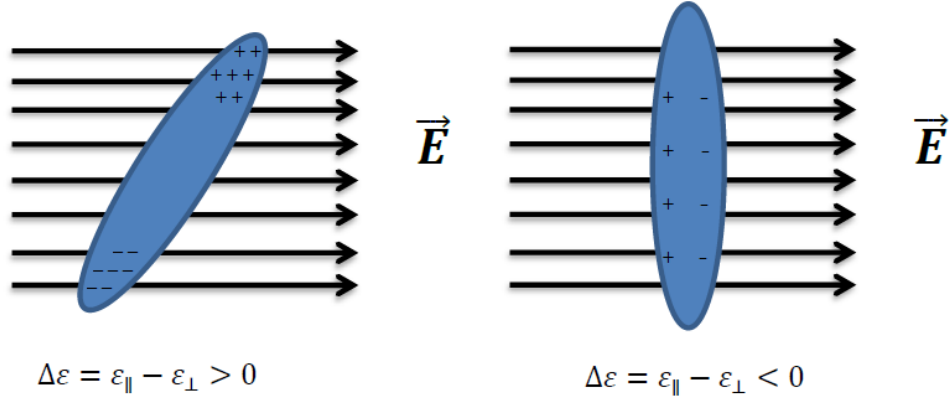
Şekil 2.10. Kayıp tanjant vektör diyagramı.

2.3.2.3. Dielektrik Anizotropi

Dielektrik anizotropi uygulanan dış alan ile moleküllerin ne kadar yönlendiğinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır [51]. Dielektrik anizotropi,

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_{\parallel} - \varepsilon_{\perp} \quad (2.16)$$

denklemleri ile verilmektedir. ε_{\parallel} , elektrik alana paralel yönde ölçülen dielektrik sabiti; ε_{\perp} ise elektrik alana dik yönde ölçülen dielektrik sabitini göstermektedir. $\Delta\varepsilon > 0$ ise yönelim elektrik alana paralel ve pozitif tipi dielektrik anizotropi (p-tipi $\Delta\varepsilon$), $\Delta\varepsilon < 0$ ise yönelim elektrik alana dik ve negatif tipi dielektrik anizotropi (n-tipi $\Delta\varepsilon$) olarak adlandırılır.



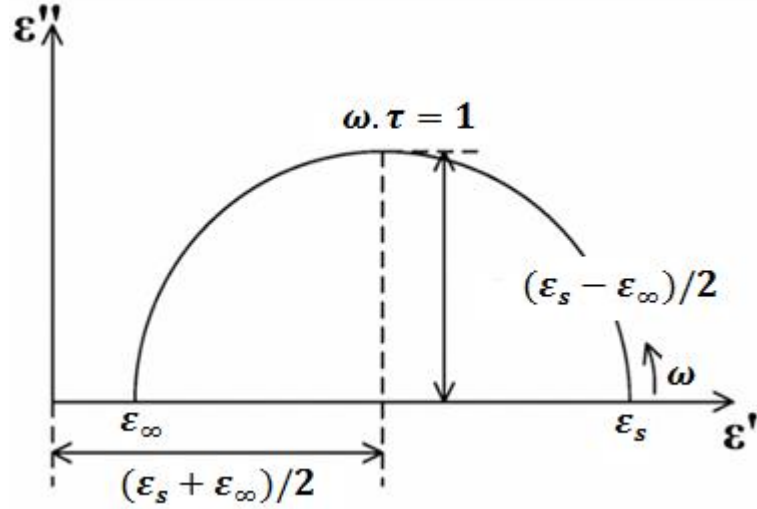
Şekil 2.11. Sıvı kristallerde dielektrik anizotropi.

Şekil 2.11’de sıvı kristal moleküllerine ait farklı dielektrik anizotropi yapıları gösterilmiştir. Sıvı kristal moleküllerinin sahip olduğu dielektrik anizotropi; $\Delta\epsilon > 0$ ise, yapı pozitif dielektrik anizotropiye sahiptir. Dielektrik anizotropi değerinin pozitif olması durumunda, moleküllerin uygulanan dış alan yönünde yönelimi düşük frekans bölgelerinde daha kolay gerçekleştirilmektedir. Yani düşük frekans bölgelerinde daha büyük anizotropi özelliği göstermektedir. Sıvı kristal moleküllerinin sahip olduğu dielektrik anizotropi; $\Delta\epsilon < 0$, olması durumunda ise yapının negatif dielektrik anizotropi gösterdiği bilinmektedir. Dielektrik anizotropi değerinin negatif olması durumunda moleküller uygulanan dış alana dik yönelim göstermektedir. Bu durum daha çok yüksek frekans bölgelerinde görülmektedir [32].

2.3.2.4. Cole-Cole Yaklaşımı

Dielektrik malzemelerin özelliklerini belirlemek için elde edilen ϵ' ve ϵ'' değerleri malzemelerin enerji depolama ve kaybetme oranları ile ilgili önemli bilgiler vermektedir. Aynı kartezyen koordinat sistemi üzerinde çizilen $\epsilon' - \epsilon''$ grafiğinden dielektrik malzemenin enerjiiyi depolama ve kaybetme oranları net olarak görülebilmektedir. Bu grafik argand diyagramı olarak adlandırılmaktadır. İlk defa Cole-Cole tarafından çizildiği için “Cole-Cole diyagramı” olarak bilinmektedir [52].

Cole-Cole diyagramı, bir sistemin tek relaksasyon zamanına sahip olup olmadığı konusunda önemli fikirler vermektedir. Tek relaksasyon zamanına sahip dielektrik malzemeler için Cole-Cole çizimi yarım dairedir ve argand diyagramı üzerinde Şekil 2.12’de gösterilmektedir [52].



Şekil 2.12. Tek relaksasyon zamanına sahip sistemler için Cole-Cole diyagramı.

Tek relaksasyon zamanına sahip dielektrik malzemelerde Debye ilişkisini, merkezi yatay $\epsilon''=0$ ekseninde olan ve kayıp faktörü tepe noktasının $1/\tau$ 'da olduğu bir yarım daire belirtmektedir. Tek durulma zamanına sahip dielektrik bir malzeme için bu şekillenim, $\epsilon' = (\epsilon_s + \epsilon_\infty)/2$ 'de ϵ' ekseninde merkezi olan ve yarıçapı $\epsilon' = (\epsilon_s - \epsilon_\infty)/2$ olan bir yarım daire şeklindedir. $\omega.\tau = 1$ olduğunda, $\epsilon' = (\epsilon_s - \epsilon_\infty)/2$ değerinde ϵ'' en yüksek değerini almaktadır. Çoklu relaksasyon zamanına sahip dielektrik malzemelerde ise merkezi $\epsilon'' = 0$ ekseninin altında kalan bir yarım daire veya bir yay oluşmaktadır [49], [52].

Cole-Cole, Debye dielektrik ifadesini kompleks düzlemdeki yay şekli ile genelleştirmiş ve bunu relaksasyon zamanı dağılımlarının belirli bir tipine uygulamıştır. Bu durumda kompleks dielektrik sabiti,

$$\epsilon^* = \epsilon_\infty + \frac{\epsilon_s - \epsilon_\infty}{1 + (i\omega\tau)^{(1-\alpha)}} \quad (2.17)$$

ile verilmektedir. Burada ϵ_∞ dielektrik sabitinin yüksek frekans limiti, ϵ_s dielektrik sabitinin düşük frekans limiti, τ relaksasyon zamanı ve α ($0 < \alpha < 1$) dağılım parametresi olarak tanımlanmaktadır. Aynı zamanda, $\alpha = 1 - n$, eşitliği ile verilmektedir. Kompleks dielektrik sabitinin reel ve sanal kısımları,

$$\varepsilon' = \varepsilon_{\infty} + (\varepsilon_s - \varepsilon_{\infty}) \frac{1 + (\omega\tau)^n \cos\left(\frac{n\pi}{2}\right)}{1 + 2(\omega\tau)^n \cos\left(\frac{n\pi}{2}\right) + (\omega\tau)^{2n}} \quad (2.18)$$

$$\varepsilon'' = (\varepsilon_s - \varepsilon_{\infty}) \frac{(\omega\tau)^n \sin\left(\frac{n\pi}{2}\right)}{1 + 2(\omega\tau)^n \cos\left(\frac{n\pi}{2}\right) + (\omega\tau)^{2n}} \quad (2.19)$$

denklemleri ile verilmektedir. $\alpha=0$ olması durumunda bu eşitlikler Debye eşitliğine indirgenmektedir [50].

2.3.2.5. Kompleks Elektriksel Modülüs

Kompleks elektriksel modülüs, dielektrik ölçüm sonuçlarının yorumlanmasında kullanılan, kompleks dielektrik sabitinin tersi olarak tanımlanan bir parametredir,

$$M^* = \frac{1}{\varepsilon^*} = \frac{1}{\varepsilon' - i\varepsilon''} = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon'^2 + \varepsilon''^2} + i \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'^2 + \varepsilon''^2} = M' + iM'' \quad (2.20)$$

eşitliği ile tanımlanmaktadır. Burada M' ve M'' değerleri sırasıyla elektriksel modülüsün reel ve sanal kısımlarını ifade etmektedir [48].

Elektriksel modülüsün sanal kısmınının (M'') frekansa bağlı grafiğinden düşük frekans bölgeleri için relaksasyon zamanı parametresi hesaplanabilmektedir.

2.3.2.6. AC ve DC Elektriksel İletkenlik

Dielektrik özellikler kullanılarak malzemelerin AC (Alternatif Akım) iletkenlik parametreleri belirlenebilmektedir. AC elektriksel iletkenlik,

$$\sigma_{ac} = \varepsilon_0 \omega \varepsilon'' \quad (2.21)$$

denklemini ile ifade edilmektedir. Aynı zamanda AC elektriksel iletkenlik Denklem 2.22 ile de verilebilir,

$$\sigma_{ac} = \sigma_{dc} + \frac{1}{s} \frac{d\sigma_{ac}}{d \ln \omega} = \sigma_{dc} + A\omega^s \quad (2.22)$$

Burada σ_{dc} DC (Doğru Akım) elektriksel iletkenlik, A sabit bir değer ve s frekansın bir üs kuvveti olarak tanımlanmaktadır.

2.3.3. Elektro-Optik Özellikler

2.3.3.1. Elastik Sabitleri

Sıvı kristal moleküller, üzerine elektrik alan uygulanmadığı durumda minimum enerjiye sahip yapılar olarak bilinmektedir. Elektrik alan uygulanmasıyla sıvı kristal yapılarda moleküler yönelim değişmektedir. Bu yönelim, sıvı kristalin elastik ve viskoelastik kuvvetlerinin oluşturduğu eşik değerini geçmesi ile gerçekleşmektedir. Bu eşik değeri Freedericksz eşiği olarak bilinmektedir [2].

Sıvı kristal yapılarda eğilme, burulma, bükülme gibi durumlarda, Freedericksz eşiği için gerekli olan alan kuvveti,

$$(E_t)_{eğilme,burulma,bükülme} = \frac{\pi}{d} \sqrt{\frac{K_{11,22,33}}{\epsilon_o \Delta \epsilon}} \quad (2.23)$$

ile verilmektedir. Burada d kalınlık, $K_{11,22,33}$ ise sırasıyla eğilme, burulma, bükülme elastik sabitleridir. Uygulanan elektrik alanın eşik değerinin üstünde olması, nematik sıvı kristal yapılardaki yüklü parçacıkların oluşturduğu hidrodinamik etkiden dolayı hücre içindeki kalınlığa bağlı olarak periyodik mesafelerde moleküler yönelimin bozulduğunu ortaya çıkarmıştır. [2].

2.3.3.2. Eşik (Threshold) Voltajı

Sıvı kristal moleküllerin yönelmesi için gerekli minimum voltaj değeri eşik (Threshold) voltajı olarak tanımlanmaktadır. Eşik voltajı (V_{th}),

$$V_{th} = \pi \sqrt{\frac{K_{11}}{\epsilon_o |\Delta \epsilon|}} \quad (2.24)$$

denklemleri ile verilmektedir. Bu denklemlere göre eşik voltajı değeri, K_{11} parametresinin karekökü ile doğru orantılı; $\Delta \epsilon$ parametresinin karekökü ile ters orantılı bir şekilde değişim göstermektedir.

2.4. SIVI KRİSTALLERİN KATKILANMASI

Son yıllarda nanoteknolojideki ilerlemelere bağlı olarak çeşitli nanoparçacıklar geliştirilmiştir. 1 ile 100 nm arasında değişen fiziksel boyutlara sahip nanoparçacıklar; atomlardan, moleküllerden veya yığın (bulk) halindeki malzemelerden oluşmaktadır. Bu nanoparçacıkların bilim ve teknoloji alanında kullanımı oldukça yaygındır. Özellikle sıvı kristal yapılar çeşitli nanoparçacıkların kullanılmasında oldukça önemli bilimsel bir alan olarak görülmektedir.

Sıvı kristallerin elektrik, dielektrik ve optik özellikleri küçük yüzdelerde katkı malzemeleri kullanılarak istenilen düzeye getirilebilmektedir. Kullanılan katkı malzemesi ve sıvı kristal arasındaki moleküler etkileşim mekanizmaları sonucunda sıvı kristal tabanlı opto-elektronik cihazların performanslarında pozitif yönde bazı iyileştirmeler olmaktadır.

Sıvı kristallere nanoparçacıkların katkılanması ile sıvı kristal-nanoparçacık kompozit yapıları oluşturulmaktadır. Katkılanan bazı etken maddeler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Yarıiletken kuantum noktalar,
- Boyalar,
- Fitalosiyoninler,
- Polimerler,
- Karbon nanotüpler, vb...

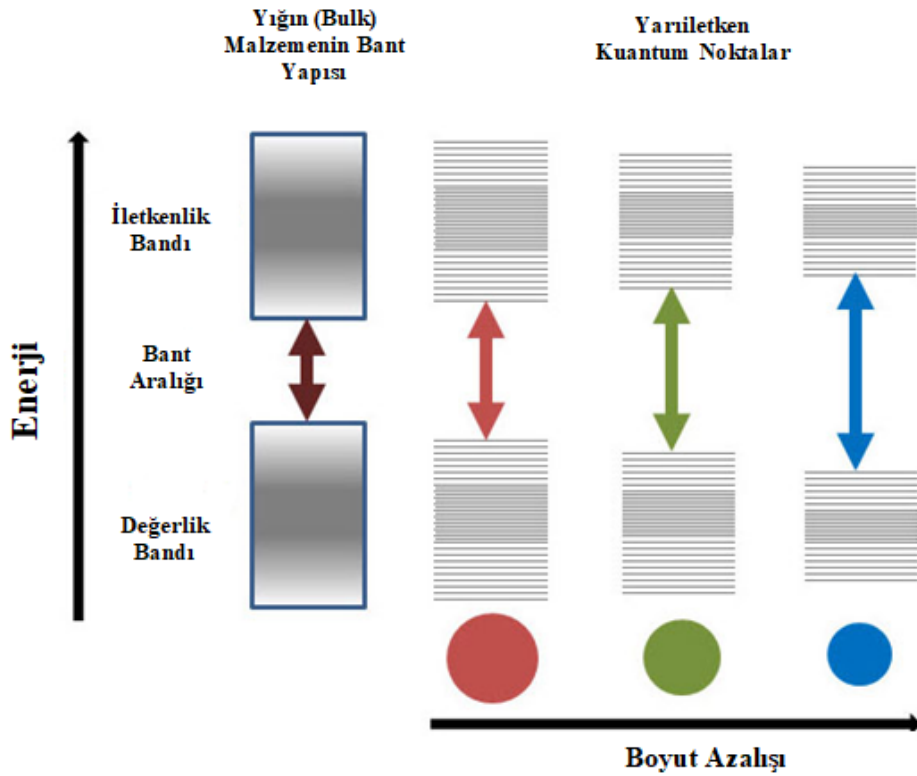
Bu katkı malzemeleri arasında gelişmiş elektrik, manyetik ve optik özelliklere sahip olan kuantum noktaların bilim ve teknoloji alanında kullanımı oldukça yaygındır. Yarıiletken kuantum noktalarının sıvı kristal yapılara katkılanmasıyla oluşturulan sıvı kristal-kuantum nokta kompozit yapılar üzerine yapılan çalışmalar araştırmacılar tarafından son yıllarda oldukça yoğun bir ilgi görmektedir.

2.4.1. Yarıiletken Kuantum Noktalar

İnorganik metaller ve yarıiletken nanoparçacıklar sıfır boyutlu nanomalzemeler olarak tanımlanmaktadır. Yarıiletken kuantum noktalar; tıpta biyogörüntüleme ve kanser tedavisinde [53]-[57], fotonikte ışık yayan diyotlar ve lazerlerde [58], [59], alternatif enerji kaynağı olarak güneş hücrelerinde [60], [61] ve daha pek çok alanda gelişmiş uygulamaları bulunan nanoparçacıklar olarak bilinmektedir.

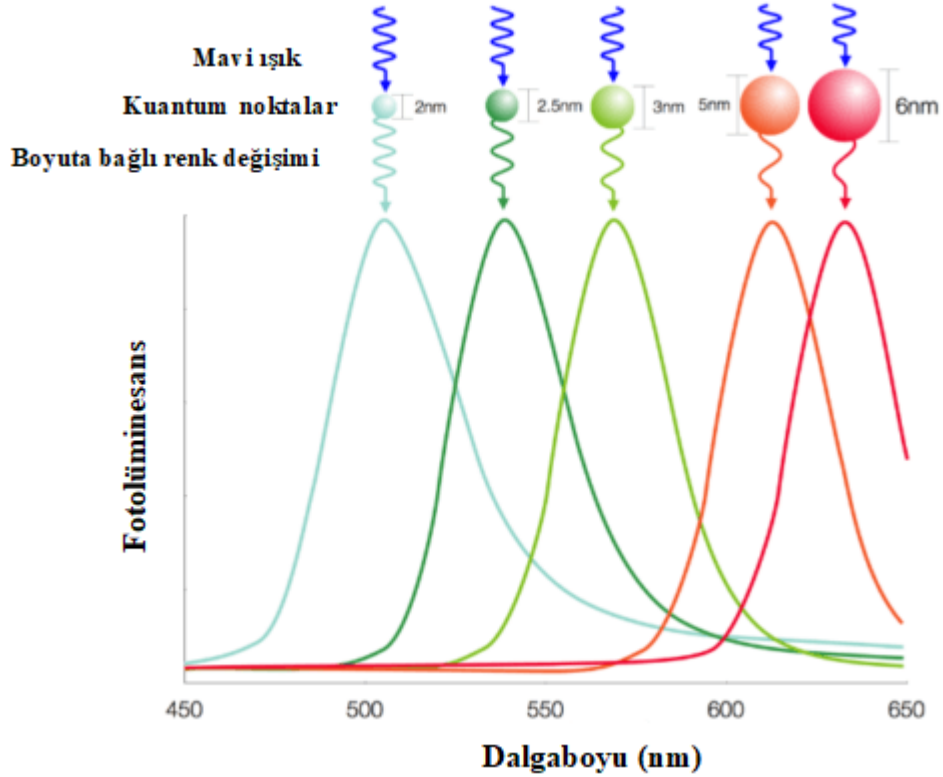
$$E_{g,QD} = E_{g,b} + \left(\frac{h^2}{32\pi^2 R^2} \right) \left(\frac{1}{m_e} + \frac{1}{m_h} \right) - \left(\frac{1,8e^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} \right) \quad (2.25)$$

denklemleri ile verilmektedir. Burada $E_{g,QD}$; kuantum noktaların yasak enerji bant aralığı değeri, $E_{g,b}$; yığın halinde katı bir malzemenin yasak enerji bant aralığı değeri, R ; kuantum noktanın yarıçapı, e ; elektronun temel yükü, h ; Planck sabiti, m_e ; elektronun etkin kütlesi, m_h ; boşluğun etkin kütlesi ve ϵ ; dielektrik sabiti olarak tanımlanmaktadır. Denklemdaki son terim elektron ile boşluk arasındaki Coulomb etkileşimini ifade etmektedir. Şekil 2.14'te kuantum noktaların boyutlarına bağlı olarak yasak enerji bant aralıklarının değişimi gösterilmiştir [29]. Yasak enerji bant aralığı değeri yarıiletken kuantum noktanın boyutu ile ilişkilidir. Boyut (R) değeri azaldıkça yasak enerji bant aralığı değeri artış göstermektedir. Yani düşük boyutlara sahip yarıiletken kuantum noktalar yüksek yasak enerji bant aralığı değerine sahiptir. Yüksek yasak enerji bant aralığı değerine sahip yarıiletken kuantum noktalar düşük dalga boyu değerine sahiptir. Parçacık boyutundaki artış yasak enerji bant aralığı değerinde azalmaya sebep olmaktadır. [29].



Şekil 2.14. Kuantum noktaların boyutlarının değişimiyle yasak enerji bant aralıklarının değişimi.

Yarıiletken kuantum noktaların fotolüminesans değerleri parçacık yarıçapı kontrol edilerek ayarlanabilmektedir. Bu aynı zamanda, emisyon dalga boyunu kullanarak kuantum noktaların ortalama büyüklüğünü ve boyut dağılımını belirlemek için floresans spektroskopisinin kullanılabilceği anlamına gelmektedir [64]. Şekil 2.15 elektromanyetik spektrumun görünür bölgesinde yarıiletken kuantum noktaların boyuta bağlı fotolüminesans değerini göstermektedir [29].

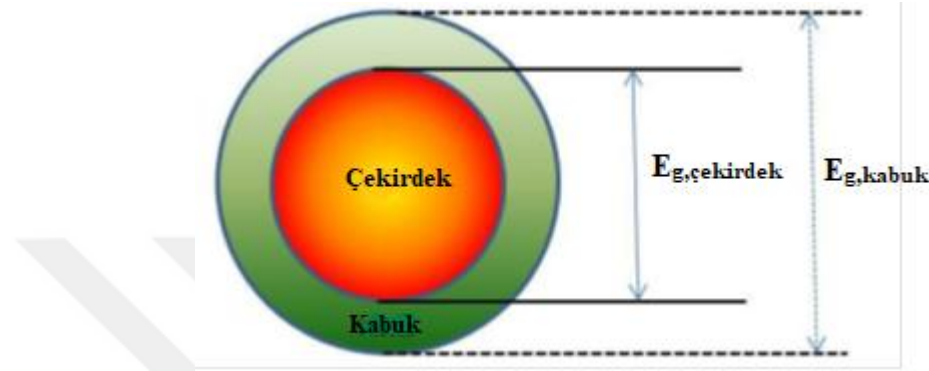


Şekil 2.15. Yarıiletken kuantum noktaların boyutlarına bağlı fotolüminesans değerleri.

Yarıiletken kuantum noktaların önemli bir özelliği de yüzeylerinin ortamdaki yük taşıyıcılarını tuzaklamasıdır. Kuantum noktaların yüzeyindeki kusurlar, bir elektron veya boşluk için tuzak olarak davranır. Yüksek oranda yüzey-hacim oranına sahip yarıiletken kuantum noktaların sahip olduğu tuzaklar, yüzey kusurlarından ve yapılarındaki bağlardan kaynaklanmaktadır. Bu tuzaklar genellikle kuantum noktaların yasak enerji bant aralığı içinde yer alır ve elektronik enerji durumlarına sahiptir. Yarıiletken kuantum noktaların sahip olduğu tuzaklar fotolüminesans özelliği için dezavantaj oluşturmaktadır ve kuantum verimini düşürmektedir. Yüzeydeki tuzakların etkisini azaltmak ve kuantum noktaların verimini arttırmak, kuantum nokta yapılarının metal veya yarıiletken farklı elementler ile bir araya getirilmesiyle mümkün olabilmektedir. İki veya daha fazla yarıiletken yapının farklı tür eklemler

(heterojunction) oluşturarak bir araya gelmesiyle Çekirdek-Kabuk (Core-Shell) olarak adlandırılan yarıiletken kuantum nokta yapıları oluşmaktadır. Şekil 2.16’da Çekirdek-Kabuk yarıiletken kuantum nokta yapısının temsili görüntüsü verilmiştir [29].

Çekirdek-Kabuk yarıiletken kuantum nokta yapılarında, bir kuantum nokta çekirdek yüzeydeki durumlarının etkisini azaltan ve daha geniş yasak enerji bant aralığına sahip başka bir yarıiletken malzeme ile çevrelenmiştir [29].



Şekil 2.16. Çekirdek-Kabuk kuantum nokta yapısının şematik gösterimi.

Yarıiletken kuantum noktalar geniş soğurma spektrumuna ve geniş dalga boyu aralığına sahip malzemeler olarak bilinmektedirler. Ultraviyole ve kızıl ötesi bölgeyi kapsayan ayarlanabilir boyutları, yarıiletken kuantum noktaların biyogörüntüleme alanında yaygın bir şekilde kullanılmasına olanak vermiştir. Aynı zamanda yarıiletken kuantum noktalar mükemmel fotostabiliteye sahip malzemelerdir. Fiziksel boyutlarına bağlı özellikleri ile yarıiletken kuantum noktalar; yüksek yoğunluklu veri depolama, optik, telekomünikasyon, sensör uygulamaları ve biyomedikal alanında yaygın bir şekilde kullanım alanı bulmuştur [62].

2.4.2. Sıvı Kristal-Kuantum Nokta Kompozit Yapıları

Son yıllarda nanometre boyutuna sahip yarıiletken kuantum noktalar, sıvı kristal yapılar için yeni katkı malzemesi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Kuantum noktalar farklı sentez yöntemleriyle elde edilebilmektedir ve bu yapılarda homojen boyut dağılımı söz konusudur.

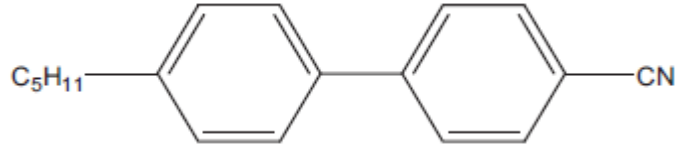
Yarıiletken kuantum noktalar, sıvı kristal tabanlı cihazlarda yaygın bellek etkisi, geliştirilmiş lüminesans, elektriksel iletkenlik gibi çeşitli özelliklerin geliştirilmesi için son yıllarda farklı araştırma grupları tarafından yoğun bir şekilde araştırılmaktadır. Örneğin;

- Mishra ve arkadaşları, baryum titanat katkılı 5CB nematik sıvı kristal yapının termodinamik, elektrik, optik ve elektro-optik özelliklerini incelemişlerdir [9].
- Hsu ve arkadaşları, ZnO kuantum nokta katkılı polimer dağıtılmış sıvı kristal filmin düşük anahtarlama voltajını incelemişlerdir [13].
- Singh ve arkadaşları, kuantum nokta katkılı nematik sıvı kristalin optik bant aralığı değerlerini incelemişlerdir [46].
- Mirzaei ve arkadaşları, kuantum nokta katkılı sıvı kristal yapıları ayrıntılı bir şekilde incelemişlerdir [62].
- Konshina ve arkadaşları, CdSe/ZnS kuantum nokta katkılı nematik sıvı kristal yapının optik ve elektriksel özelliklerini incelemişlerdir [65].
- Singh ve arkadaşları, CdSe kuantum nokta katkılı 6CHBT sıvı kristal kompozit yapıların elektro-optik ve dielektrik özelliklerini incelemişlerdir [66].
- Kumar ve arkadaşları, CdTe kuantum nokta katkısının ferroelektrik sıvı kristal yapı üzerindeki elektro-optik ve dielektrik özelliklerini incelemişlerdir [67].
- Gupta ve arkadaşları, kuantum nokta katkılı nematik sıvı kristal yapının faz geciktirme davranışını incelemişlerdir [68].

3. DENEYSEL YÖNTEM

3.1. ÖLÇÜMDE KULLANILAN NUMUNELERİN HAZIRLANMASI

Bu çalışmada % 98 saflıkta 5CB (4-pentyl-4'-cyanobiphenyl) nematik sıvı kristal kullanılmıştır. 5CB nematik sıvı kristal Sigma Aldrich firmasından temin edilmiştir. 5CB nematik sıvı kristalin moleküler formülü Şekli 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. 5CB nematik sıvı kristalin moleküler formülü.

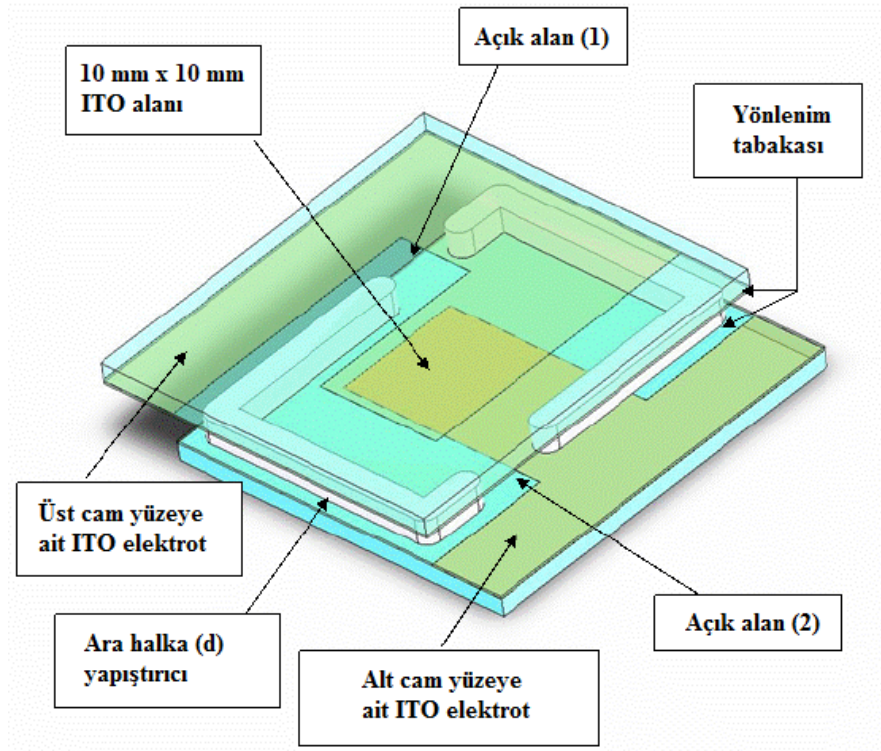
5CB nematik sıvı kristal uzun erişimli düzende bir moleküler yapıya sahip olup, tek eksenli kristal yapı ve elastik özellikler göstermektedir. Bilimsel araştırmalarda yaygın bir şekilde kullanılan 5CB nematik sıvı kristal, düşük frekans bölgesinde pozitif dielektrik anizotropiye ($\Delta\epsilon > 0$) sahip bir malzeme olarak bilinmektedir.

Bu çalışmada 5CB nematik sıvı kristal yapıya katkı malzemesi olarak, CdSeS/ZnS yarıiletken kuantum nokta (CdSeS/ZnS QDs) kullanılmıştır. CdSeS/ZnS yarıiletken kuantum noktalar, 6 nm çapındadır. 665 nm emisyon dalga boyuna sahip CdSeS/ZnS yarıiletken kuantum noktalar, toluen içerisinde çözülmüş olarak Sigma Aldrich firmasından temin edilmiştir.

Bu çalışmada saf 5CB nematik sıvı kristal, ağırlıkça % 0,05, % 0,10 ve % 0,15 oranlarında CdSeS/ZnS kuantum nokta ile katkılanarak üç farklı sıvı kristal-kuantum nokta kompozit yapı hazırlanmıştır. Homojen dağılımın sağlanması için % 0,05, % 0,10 ve % 0,15 CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapılar 5 saat boyunca 40 °C'de ultrasonik banyoda karıştırılmıştır. Daha sonra kompozit yapıda bulunan toluenin buharlaşması için numuneler 40 °C'de ısı tablasında 2 saat muameleye maruz bırakılmıştır.

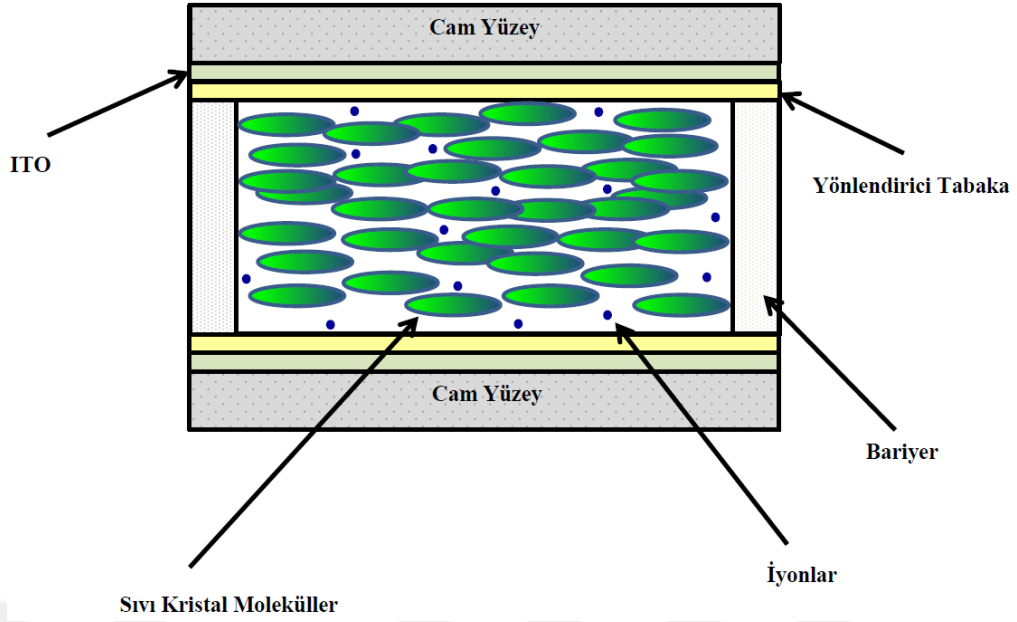
3.2. HAZIRLANAN NUMUNELERİN SIVI KRİSTAL HÜCRELERE DOLDURULMASI

Ölçümü yapılacak numuneler için $7,7 \mu\text{m}$ kalınlığında ITO kaplı planar yönelime sahip ölçüm hücreleri kullanılmıştır. Hücreler INSTECH firmasından temin edilmiştir. Sıvı kristal kompozit yapılar ölçüm hücrelerine oda sıcaklığında kılcallık yöntemi ile doldurulmuştur. Moleküllerin sıvı kristal hücre içerisine düzgün bir şekilde yerleşebilmesi için 1-2 saat beklenmiştir. Boş sıvı kristal hücrenin temsili yapısı Şekil 3.2’de gösterilmiştir [32].

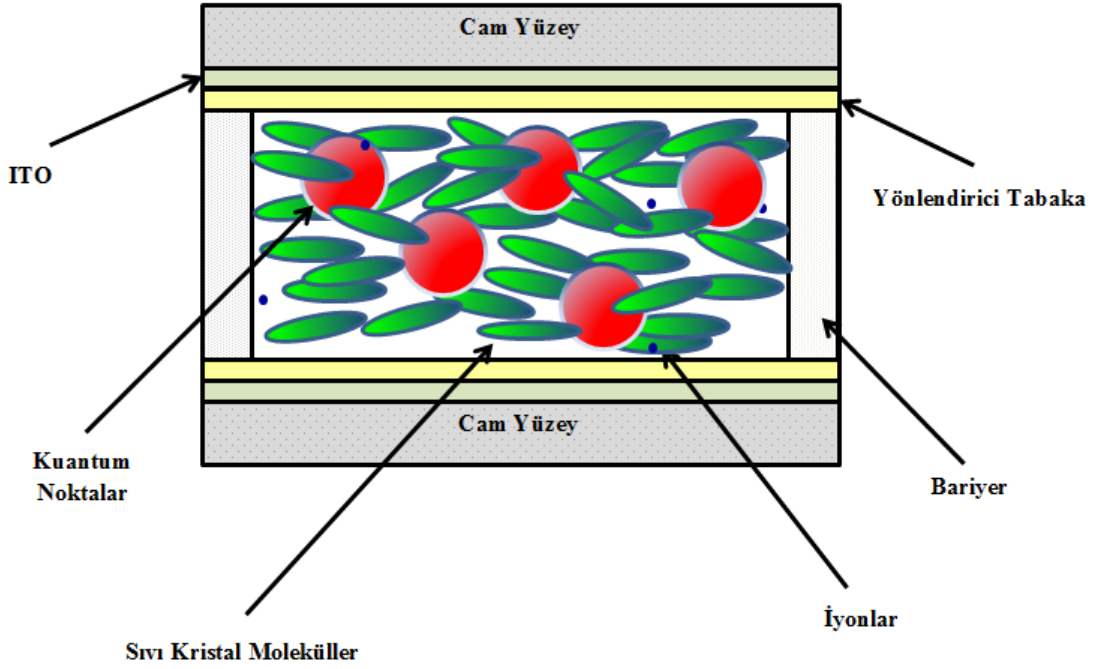


Şekil 3.2. Boş sıvı kristal hücrenin yapısı.

Şekil 3.3’te sıvı kristal doldurulmuş planar yönelimli hücrenin; Şekil 3.4’te ise kuantum nokta katkılı sıvı kristal kompozit yapı doldurulmuş planar yönelimli hücrenin temsili kesit görüntüleri verilmiştir. Bu hücrelerde kompozit yapıların moleküler dağılımlarının şekildeki gibi olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.3. Sıvı kristal doldurulmuş planar yönelimli hücrenin temsili kesit görüntüsü.

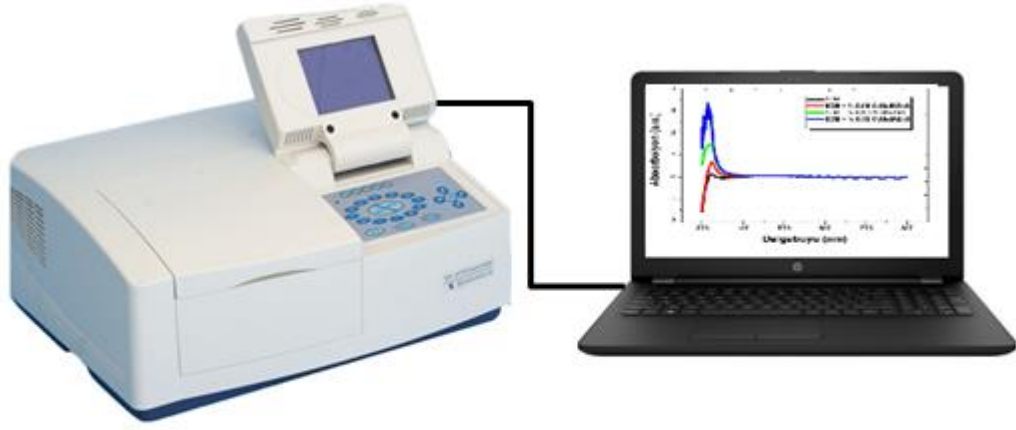


Şekil 3.4. Kuantum nokta katkılı sıvı kristal kompozit yapı doldurulmuş planar yönelimli hücrenin temsili kesit görüntüsü.

3.3. ÖLÇÜMLER

3.3.1. Optik Ölçümler

Numunelere ait optik özelliklerin araştırılmasında PG Instruments Limited marka T70+UV/VIS optik spektrofotometre cihazı kullanılmıştır. PG Instruments Limited marka T70+UV/VIS optik spektrofotometre 0,5 nm spektral bant genişliğine ve 300 nm ile 1100 nm dalga boyu aralığında ölçüm yapabilme özelliğine sahiptir. Optik ölçümler için kullanılan deney düzeneği Şekil 3.5’te gösterilmiştir.



**T70+UV/VIS Optik
Spektrofotometre**

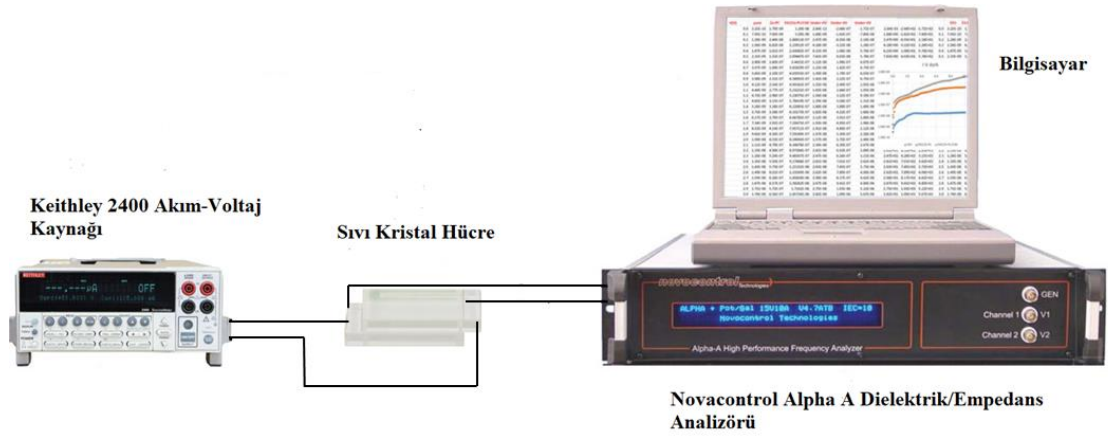
Bilgisayar

Şekil 3.5. Optik ölçümler için kullanılan deney düzeneği.

UV/VIS optik spektrofotometre cihazı ile numunelere 300 nm-800 nm dalga boyu arasında, 0,5 nm’lik dalga boyu aralıklarında ışık gönderilmiş ve soğurum spektrumları alınmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda saf 5CB nematik sıvı kristal ve ağırlıkça % 0,05, % 0,10 ve % 0,15 oranlarında CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapılara ait soğurum değerleri elde edilmiştir. Optik ölçümler sonucunda elde edilen değerler saf 5CB ve CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların optik bant aralığı değerlerini hesaplamak amacıyla kullanılmıştır.

3.3.2. Elektrik ve Dielektrik Ölçümler

Numunelere ait elektrik ve dielektrik özelliklerin araştırılmasında Novacontrol Alpha A Dielektrik/Empedans Analizörü ve Keithley 2400 Akım-Gerilim kaynağı kullanılmıştır. Ölçümlerde kullanılan deney düzeneği Şekil 3.6’da verilmiştir [69].



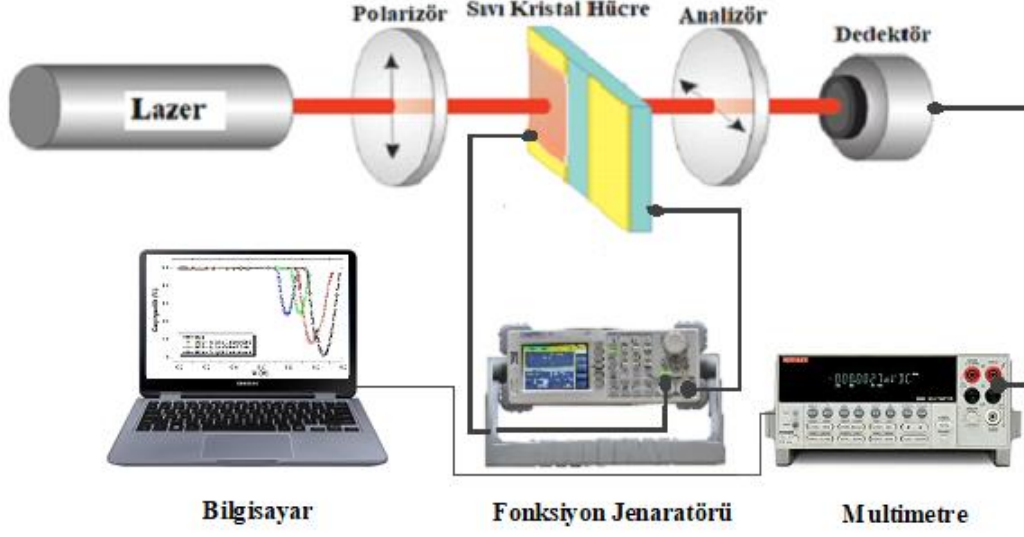
Şekil 3.6. Elektrik ve dielektrik ölçümler için kullanılan deney düzeneği.

Novacontrol Alpha A Dielektrik/Empedans Analizörü ile yapılan ölçümler, 1 kHz-10 MHz frekans ve 0 V-20 V gerilim aralıklarında, 100 mV_{rms}'lık test sinyali ile oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçlarına bağlı olarak saf 5CB ve CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapılara ait dielektrik sabitinin reel ve sanal kısımları (ϵ' ve ϵ''), dielektrik anizotropi ($\Delta\epsilon'$), kayıp tanjant faktörü ($\tan \delta$), elektriksel modülüsün sanal kısmı (M''), ac iletkenlik (σ_{ac}) ve dc iletkenlik (σ_{dc}) parametreleri elde edilmiştir. Numunelere ait akım-gerilim (I-V) grafikleri ise Keithley 2400 akım-gerilim kaynağı ile 0 V-10 V gerilim aralığı kullanılarak elde edilmiştir.

3.3.3. Elektro-Optik Ölçümler

Yapılan çalışmada saf ve kompozit yapıların eşik voltajı (V_{th}) ve eğilme elastik sabiti (K_{11}) değerleri de belirlenmiştir. Bu değerlerin ölçümü voltaja bağlı elektro-optik geçirgenlik sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elektro-optik geçirgenlik deney düzeneği ile Şekil 3.7'de verilmiştir.

Ölçümler için AA TECH marka AWG-1020 model fonksiyon jeneratöründen numunelere 0 V-20 V aralığında 1 kHz kare dalga uygulanmıştır. İletilen ışık yoğunluğundaki değişim Keithley marka 2000 serisi multimetreden elde edilmiştir ve numunelere ait V_{th} parametresinin değerleri belirlenmiştir. V_{th} ve dielektrik ölçümlerden elde ettiğimiz $\Delta\epsilon'$ parametreleri, Denklem 2.24'te yerine yazılarak K_{11} değerleri hesaplanmıştır.

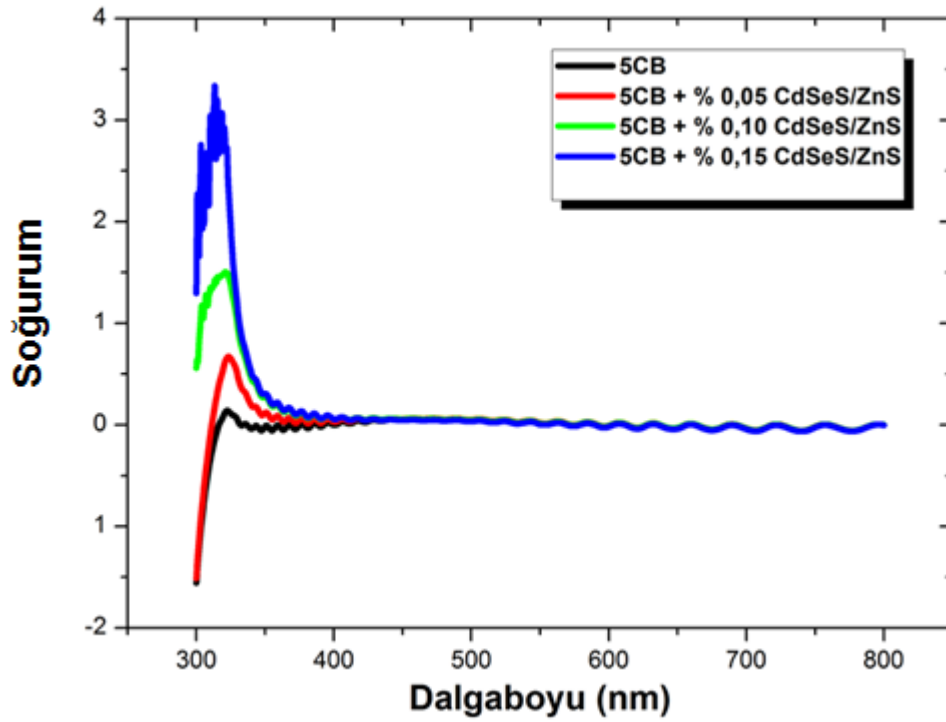


Şekil 3.7. Elektro-optik ölçümler için kullanılan deney düzeneği.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. CDSES/ZNS KUANTUM NOKTA KATKILI 5CB NEMATİK SIVI KRİSTAL KOMPOZİT YAPILARIN OPTİK KARAKTERİZASYONU

Saf 5CB nematik sıvı kristal ve ağırlıkça % 0,05, % 0,10 ve % 0,15 oranlarında CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapılara ait Soğurum-Dalgaboyu değişim grafiği Şekil 4.1’de verilmiştir.



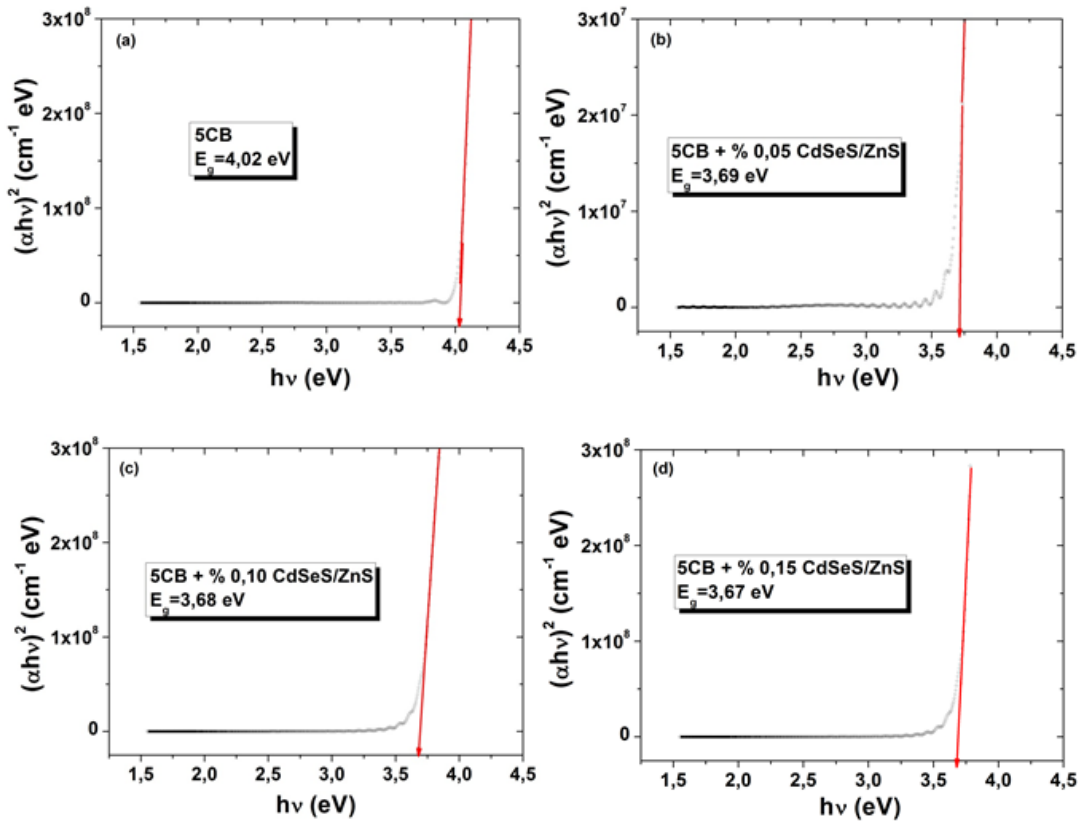
Şekil 4.1. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların Soğurum-Dalgaboyu değişim grafiği.

Şekilde görüldüğü gibi 5CB nematik sıvı kristale katkılanan kuantum nokta konsantrasyonunun artışı ile soğurum miktarı artmıştır.

Şekil 4.2’de 5CB nematik sıvı kristal ve % 0,05, % 0,10 ve % 0,15 oranlarında CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların optik bant aralığı değerlerini içeren grafikler verilmiştir. Numunelere ait optik bant aralığı değerlerinin (E_g) bulunmasında soğurum değerleri kullanılmıştır. 5CB nematik sıvı

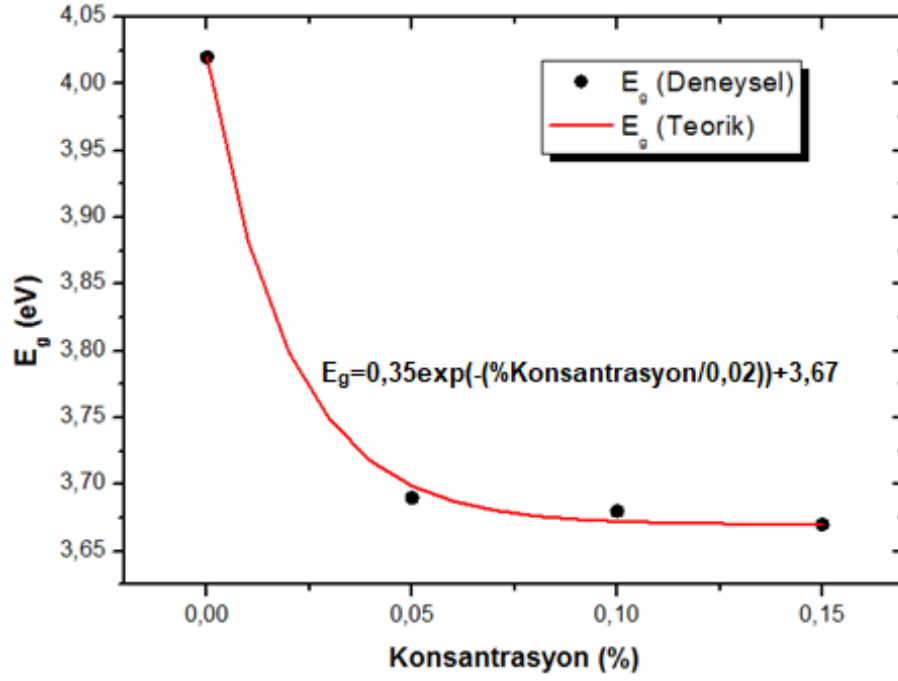
kristal ve farklı konsantrasyonlarda kuantum nokta içeren 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapılar için en iyi lineer davranış $(\alpha h\nu)^2$ 'nin $h\nu$ 'ye bağlı grafiklerinden elde edilmiştir. Bu sonuç bize numunelerin doğrudan geçişli bant aralığına sahip olduğunu göstermektedir. Şekil 4.2'de doğrudan geçişlerin olduğu bölgelerde lineer doğrular elde edilmiştir ve $(\alpha h\nu)^2 = 0$ eksenini kestiği noktalarda numunelere ait optik bant aralığı değerleri hesaplanmıştır.

5CB nematik sıvı kristalin optik bant aralığı değeri 4,02 eV; % 0,05, % 0,10 ve % 0,15 oranlarında CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların optik bant aralığı değerleri ise sırasıyla 3,69 eV, 3,68 eV, 3,67 eV olarak bulunmuştur. Kuantum nokta katkısıyla optik bant aralığı değerinin önemli ölçüde değiştiği görülmüştür. Bu değişimin sebebi kuantum nokta katkılanmasıyla oluşturulan kompozit yapılarda; sıvı kristal-sıvı kristal, kuantum nokta-kuantum nokta ve sıvı kristal-kuantum nokta yapıları arasındaki moleküler etkileşim mekanizmaları ile açıklanabilir. Optik bant aralığı değerlerinin azalmasına bağlı olarak oluşturulan kompozit yapıların dielektrik özelliklerinde değişimin olduğu ve elde edilen kompozit yapıların iletkenliğinin arttığı sonucuna ulaşılabilir.



Şekil 4.2. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların $(\alpha h\nu)^2$ 'nin $h\nu$ 'ye bağlı değişim grafikleri.

Şekil 4.3'te deneyde kullanılan farklı konsantrasyonlara karşılık gelen saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapılara ait optik bant aralığı (E_g) değerlerini içeren grafik verilmiştir. Bu veriler için elde edilen teorik eğri de Şekil 4.3'te verilmektedir. Teorik yaklaşımı ifade eden bu eğri farklı konsantrasyon değerlerinde oluşturulan kompozit yapıların E_g değerlerinin tahmin edilmesine olanak sağlayacak bir araç olarak kullanılabilir.



Şekil 4.3. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların konsantrasyona bağlı optik bant aralığı değişim grafiği ve buna uydurulan teorik eğri.

Oluşturulan sıvı kristal-kuantum nokta kompozit yapıların, gerek sıvı kristallerin gerekse yarıiletken kuantum nokta yapılarının yüksek sarf maliyetleri nedeniyle, deney yapılması mümkün olmayan konsantrasyon değerlerinde sahip olacakları E_g değerleri, uydurulan teorik eğri aracılığı ile rahatlıkla hesaplanabilmektedir. Hesaplanan değerleri göstermek amacı ile Çizelge 4.1 düzenlenmiştir. Bu çizelge hem deneyi yapılmamış ara değerler için hesaplanan E_g değerlerini, hem de yüksek konsantrasyona sahip kompozit yapılar için hesaplanan E_g değerlerini göstermektedir.

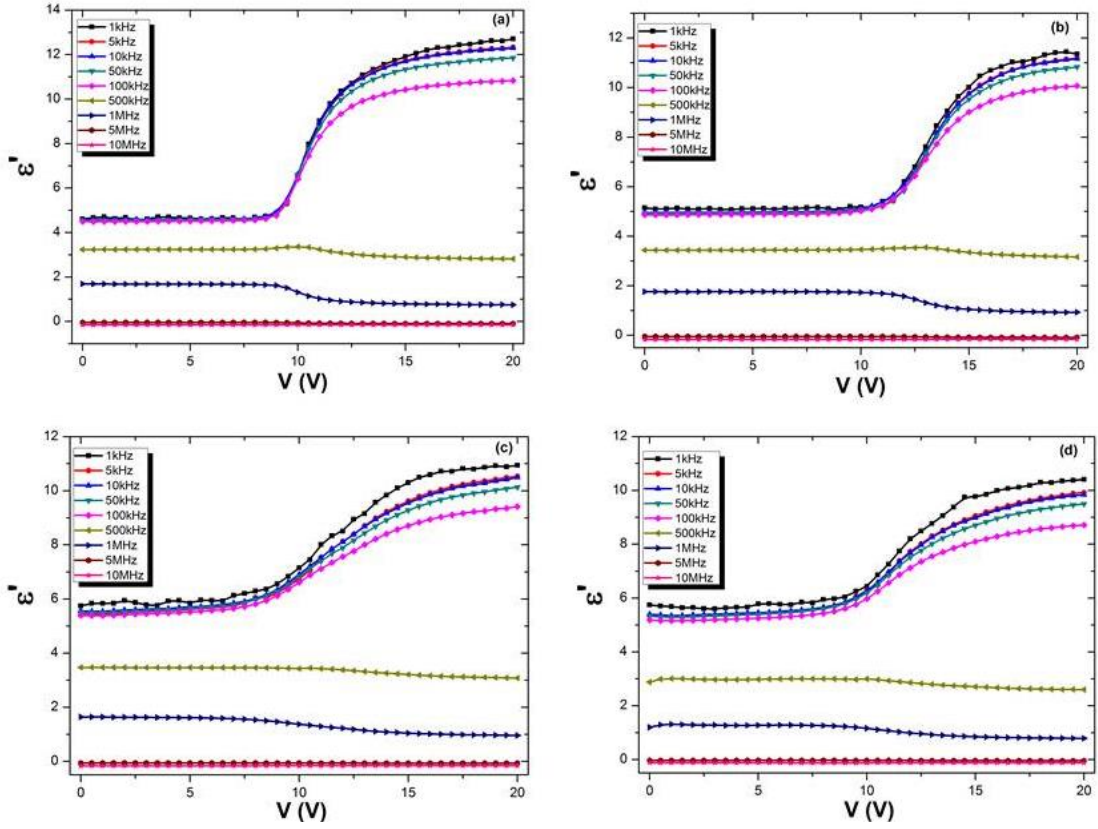
Çizelge 4.1. Bazı CdSeS/ZnS % Konsantrasyon değerlerinde elde edilen kompozit yapıların sahip olacağı E_g değerleri.

% Konsantrasyon	E_g (eV)
0,01	3,88
0,03	3,75
0,07	3,68
0,09	3,67
0,17	3,67
0,20	3,67

CdSeS/ZnS kuantum nokta konsantrasyonunun artması ile optik bant aralığı değerinin önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir. Bu azalışın katkı konsantrasyonu ile doyuma ulaştığı Şekil 4.3'teki konsantrasyona bağlı olan grafikten de görülmektedir.

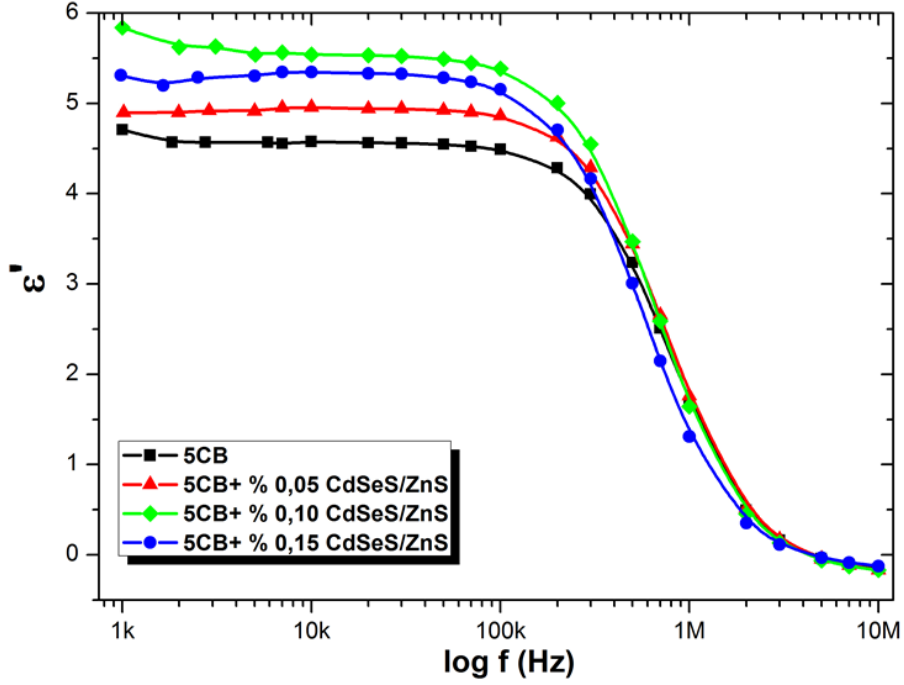
4.2. CDSES/ZNS KUANTUM NOKTA KATKILI 5CB NEMATİK SIVI KRİSTAL KOMPOZİT YAPILARIN ELEKTRİK VE DİELEKTRİK KARAKTERİZASYONU

5CB nematik sıvı kristal ve CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların farklı frekans değerlerinde ϵ' değerinin voltaja bağlı değişim grafiği Şekil 4.4'te verilmiştir. 5CB nematik sıvı kristal ve CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapılarda uygulanan voltajla moleküller yeniden yönelmiş ve buna bağlı olarak toplam polarizasyon artmıştır. Toplam polarizasyonun artmasına bağlı olarak ϵ' değerinin arttığı görülmektedir. Yüksek frekans bölgelerinde ise voltajdaki artışla ϵ' değerinde önemli bir değişim görülmemiştir.



Şekil 4.4. (a) Saf 5CB nematik sıvı kristal ve (b) % 0,05, (c) % 0,10, (d) % 0,15 kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların ϵ' -V değişim grafiği.

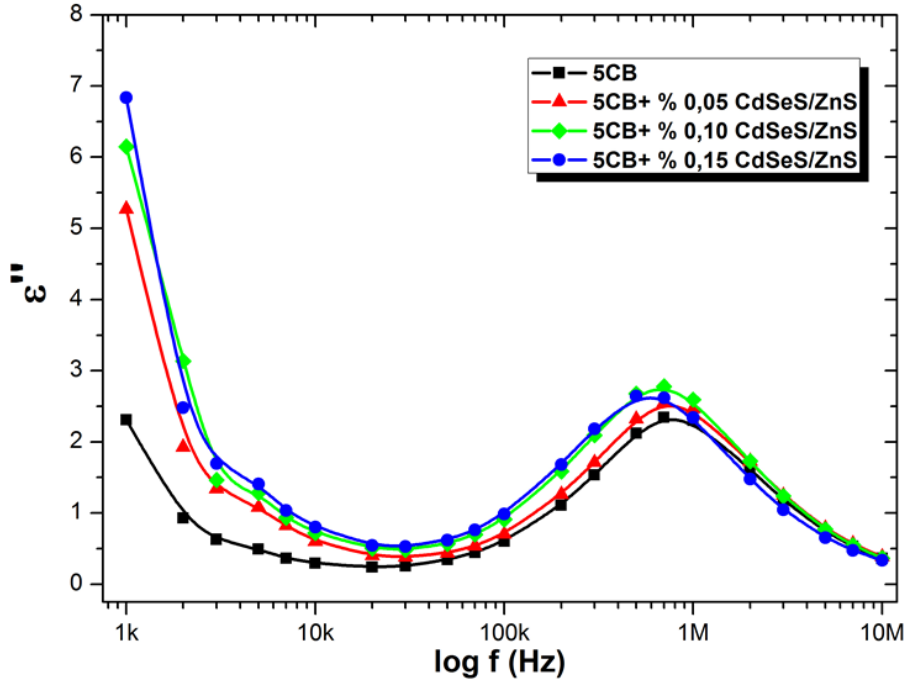
Şekil 4.5'te 5CB nematik sıvı kristal ve CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların ϵ' değerinin, 1 V gerilim değerinde, frekansa bağlı değişimi görülmektedir. Grafiğe göre tüm numuneler için ϵ' değeri artan frekans ile azalmaktadır. Bunun sebebi numunelere elektrik alan uygulanması sonucunda oluşan dipollerin artan frekansı takip edememesi ve oluşturulan yapılarda yeniden yönlendirimin sağlanamaması sonucu toplam polarizasyonun azalmasıdır. Grafiğin 1 kHz ve 100 kHz frekans aralığı incelendiğinde, % 0,05 ve % 0,10 CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların ϵ' değerinin saf 5CB nematik sıvı kristale göre daha büyük olduğu ve katkı oranı ile arttığı görülmektedir. Ancak bu davranış % 0,15 katkı oranına sahip numunede değişmektedir. % 0,15 CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapının ϵ' değeri % 0,10 katkı oranına göre daha düşüktür. Bunun sebebi kuantum nokta konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak nematik sıvı kristal yapıda moleküler yönlendirimin bozulması dolayısı ile moleküler polarizabilitenin azalması olarak açıklanabilir.



Şekil 4.5. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların ϵ' -log f değişim grafiği.

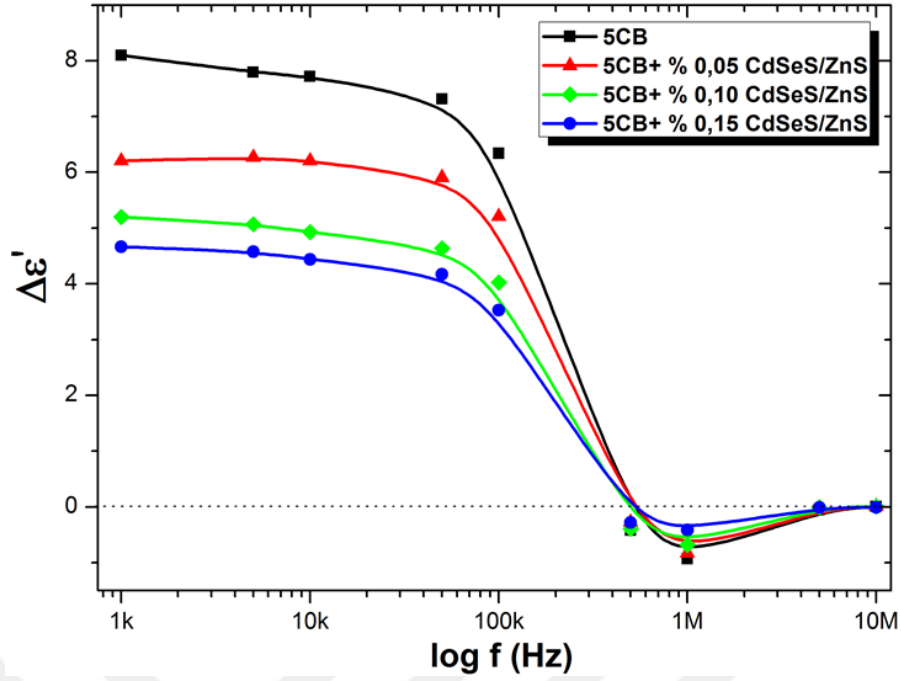
Yüksek frekans bölgelerinde sıvı kristal hücrenin ITO kaplı elektrotlarının sonlu direnci kompleks dielektrik sabitini önemli ölçüde etkilemektedir. Şekil 4.5'te, dielektrik sabitinin reel kısmının değerlerinin yaklaşık 5 MHz'den sonra negatif davranış sergilediği görülmektedir. Bu durumda ϵ'_∞ değeri negatif değer almaktadır. Yüksek frekans değerlerinde kapasitans veya dielektrik sabitinin negatif değer alması, sıvı kristal ortamın indüktif davranış sergilemesinden kaynaklanmaktadır [50], [51].

ϵ'' değerinin, 1 V gerilim değerinde, frekansa bağlı değişim grafiği Şekil 4.6'da verilmiştir. ϵ'' değerinin başlangıçta frekans ile arttığı ancak relaksasyon frekansı değerini geçtikten sonra artan frekans ile azaldığı görülmektedir. Relaksasyon frekansı (f_R) değeri incelenen sistemlerin moleküler hareketleri hakkında bilgi veren bir parametre olarak tanımlanmakta ve ϵ'' -log f grafiğinin maksimum değeri aldığı tepe noktasından elde edilmektedir [70]. Bu maksimum frekans değerleri, sistemlerin sahip olduğu elektromanyetik enerjinin en yüksek verimle ısıya dönüştüğü noktalar olarak bilinmektedir. 5CB nematik sıvı kristal ve % 0,05, % 0,10, % 0,15 CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların f_R değerleri sırasıyla 783 kHz, 747 kHz, 675 kHz and 577 kHz bulunmuş ve Çizelge 4.2'de verilmiştir. Kuantum nokta katkı oranının artmasıyla relaksasyon frekansı değerinin düşük frekans bölgesine doğru kaydığı görülmüştür.



Şekil 4.6. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların ϵ'' -log f değişim grafiği.

Numunelerin dielektrik sabiti değerleri 0 V-20 V gerilim aralığında elde edilmiştir. 0 V gerilimine karşılık gelen dielektrik sabiti değeri ϵ'_{\perp} , 20 V gerilimine karşılık gelen dielektrik sabiti değeri ϵ'_{\parallel} olarak belirlenmiştir. $\Delta\epsilon'$ parametresinin frekansa bağlı değişim grafiği Şekil 4.7'de verilmiştir. $\Delta\epsilon'$ değerinin düşük frekans bölgesinde artan kuantum nokta konsantrasyonu ile azaldığı görülmektedir. Yüksek frekans bölgesinde ise 5CB nematik sıvı kristal ve CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların sahip olduğu polarizasyonun azalmasından dolayı $\Delta\epsilon'$ değerinin azaldığı görülmektedir. Aynı zamanda yüksek frekans bölgesinde $\Delta\epsilon'$ değerinin pozitiften (p-tipi) negatife (n-tipi) geçtiği görülmektedir. Bu tür sıvı kristal moleküller çift (dual) frekanslı sıvı kristaller olarak adlandırılır [51]. Geçişin gerçekleştiği frekans değeri geçiş (crossover) frekansı (f_c) olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 4.7. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların $\Delta\epsilon'$ -log f değişim grafiği.

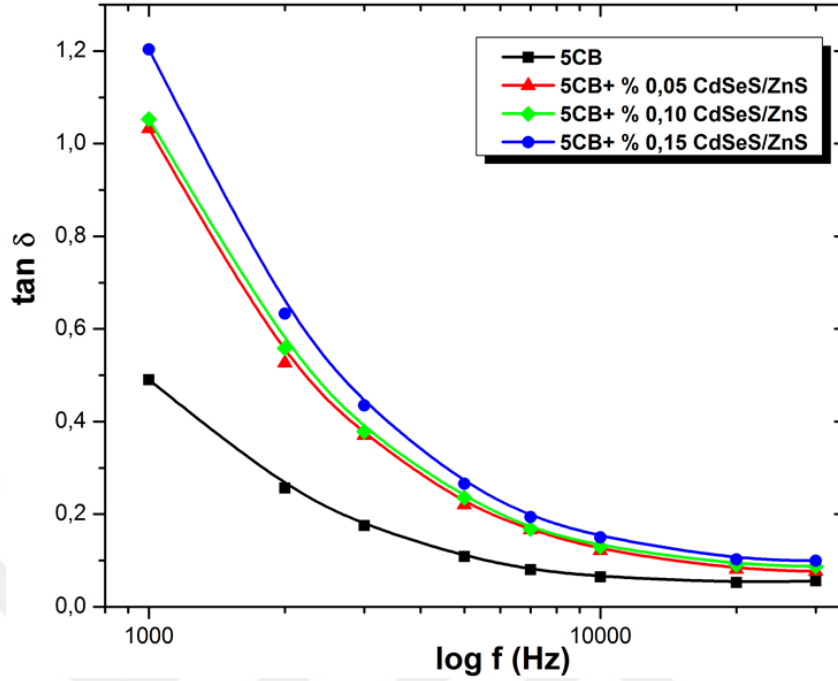
5CB nematik sıvı kristal ve % 0,05, % 0,10, % 0,15 CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların f_c değerleri sırasıyla 743 kHz, 728 kHz, 716 kHz, 786 kHz bulunmuş ve değerler Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. 5CB nematik sıvı kristal ve CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların f_R ve f_c değerleri.

Numune	f_R (kHz)	f_c (kHz)
5CB	783	743
5CB+ % 0,05 CdSeS/ZnS	747	728
5CB+ % 0,10 CdSeS/ZnS	675	716
5CB+ % 0,15 CdSeS/ZnS	577	786

Şekil 4.8'de 5CB nematik sıvı kristal ve CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapılara ait $\tan \delta$ değerinin, 1 V gerilim değerinde, frekansa bağlı değişim grafiği verilmiştir. Kuantum nokta konsantrasyonunun

artmasıyla ortamda oluşan ekstra iyonlar $\tan \delta$ değerinin düşük frekans bölgesinde artmasına neden olmuştur [71].

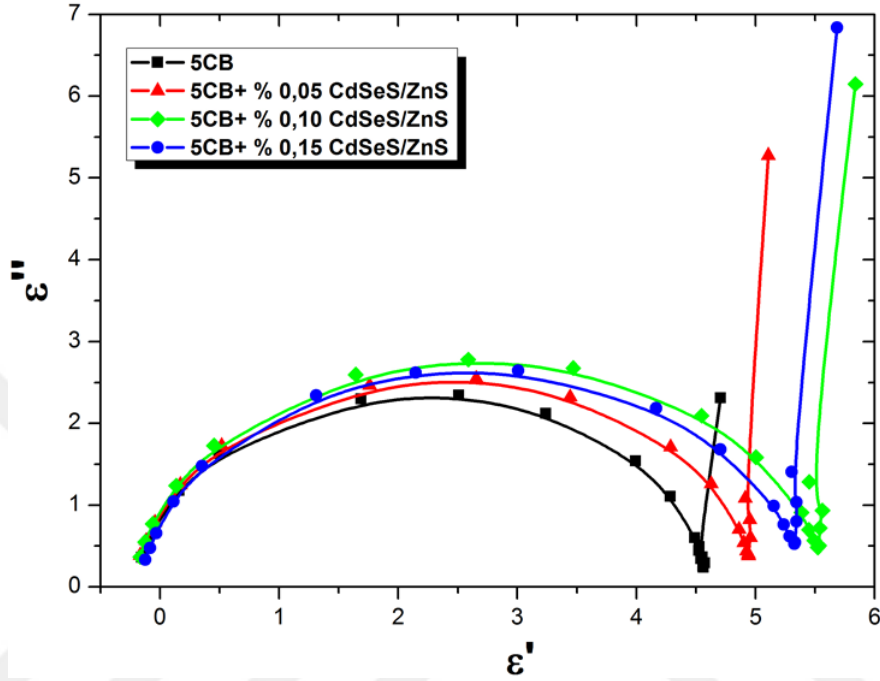


Şekil 4.8. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların $\tan \delta$ -log f değişim grafiği.

5CB nematik sıvı kristal ve CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların dielektrik relaksasyon davranışları Cole-Cole diyagramları kullanılarak incelenmiştir. Şekil 4.9'da 5CB nematik sıvı kristal ve CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların 1 V gerilim değerinde Cole-Cole grafiği verilmiştir. Grafikten tüm örneklerin yüksek frekans bölgesinde relaksasyon davranışı gösterdiği görülmektedir [72]. 5CB nematik sıvı kristal ve CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların relaksasyon zamanı değerleri Cole-Cole grafiğinin fit edilmesi ile elde edilmiştir.

5CB nematik sıvı kristal ve % 0,05, % 0,10, % 0,15 CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların yüksek frekans bölgesinde relaksasyon zamanı (τ_h) değerleri sırasıyla 0,198 μ s, 0,204 μ s, 0,235 μ s ve 0,271 μ s bulunmuştur. Bu sonuç, CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılanması ile numunelere dış alan uygulandıktan sonra tekrar dengeye ulaşmaları için daha fazla zaman gerektiği anlamına gelmektedir. Yüksek frekans bölgesinde sıvı kristaller ve kuantum noktalar arasındaki moleküler etkileşim mekanizmaları sonucu relaksasyon zamanı artmıştır. Sıvı kristal

yapılarda etkileşimler temel olarak dipol-dipol veya itme kuvvetleri ile oluşmaktadır. Ancak sıvı kristal molekülleri kuantum noktalar ile katkılı olduğunda dielektrik sürtünmenin bir sonucu olarak bu kuvvetlere ek olarak ekstra kuvvetler oluşmaktadır. Sonuç olarak sıvı kristal yapıya katkılanan kuantum nokta konsantrasyonunun artmasıyla relaksasyon zamanı artmaktadır.



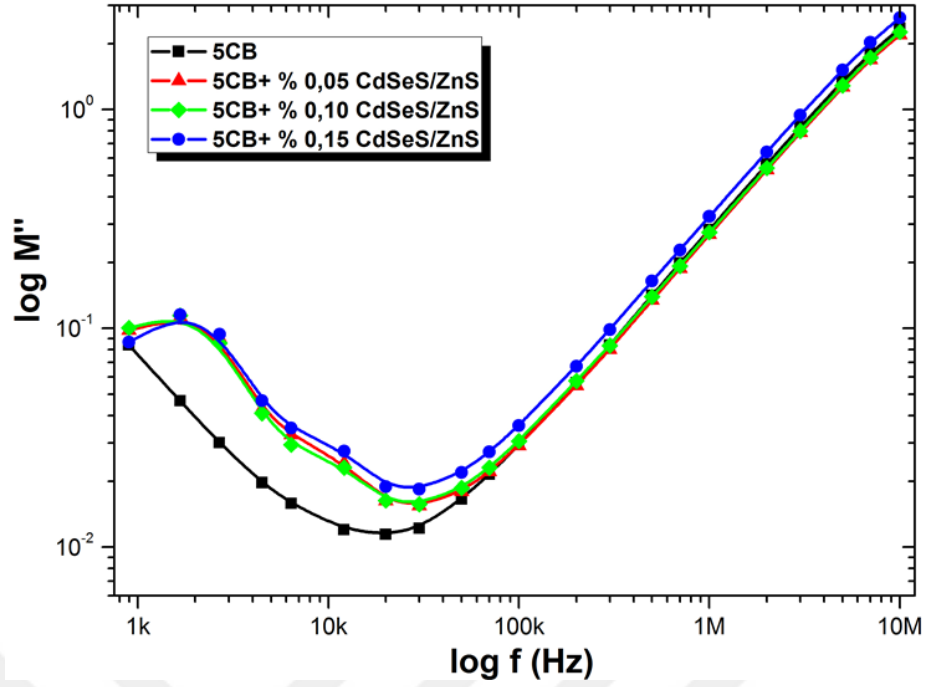
Şekil 4.9. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların Cole-Cole grafiği.

Cole-Cole grafiğinin fit edilmesiyle aynı zamanda α dağılım parametreleri de elde edilmiştir ve α dağılım parametresinin değerinin 0,002-0,018 aralığında olduğu görülmüştür. Kuantum nokta katkısı α dağılım parametresinin değerinde artışa sebep olmuş ve tüm numunelerin non-Debye (Debye olmayan) tipi relaksasyon davranışı gösterdiği belirlenmiştir. Numunelere ait yüksek frekans bölgesinde relaksasyon zamanı ve α dağılım parametresinin değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. 5CB nematik sıvı kristal ve CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların τ_h , τ_l , σ_{dc} ve α değerleri.

Numune	τ_h (μ s)	τ_l (ms)	σ_{dc} (S/cm)	α
5CB	0,198	---	9E-10	0,002
5CB+ % 0,05 CdSeS/ZnS	0,204	0,107	1E-9	0,005
5CB+ % 0,10 CdSeS/ZnS	0,235	0,104	2E-9	0,018
5CB+ % 0,15 CdSeS/ZnS	0,271	0,095	3E-9	0,018

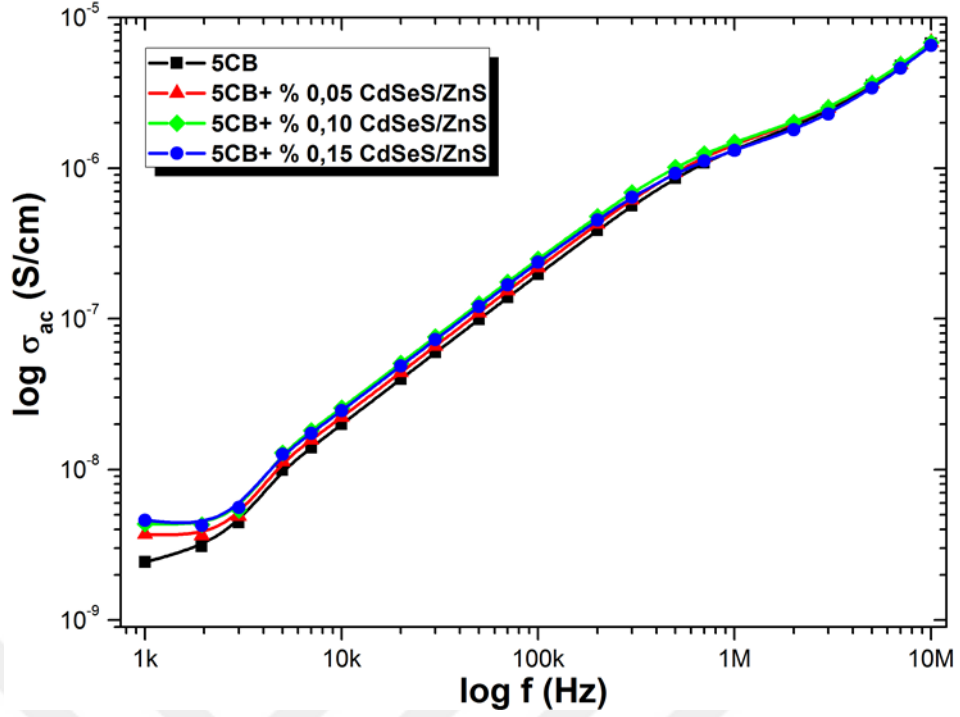
Şekil 4.10'da elektriksel modülüsün sanal kısmının, 1 V gerilim değerinde, frekansa bağlı değişim grafiği verilmektedir. $\log M''$ - $\log f$ grafiğinin maksimum değeri aldığı tepe noktalarından düşük frekans bölgesi için relaksasyon zamanı parametresi, $\omega\tau_l=1$ formülü kullanılarak hesaplanmıştır. 5CB nematik sıvı kristal için düşük frekans bölgesinde herhangi bir tepe noktası elde edilemediğinden relaksasyon zamanı değeri hesaplanamamıştır. % 0,05, % 0,10, % 0,15 CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapılar için düşük frekans bölgesinde relaksasyon zamanı değerleri sırasıyla 0,107 ms, 0,104 ms ve 0,095 ms olarak bulunmuştur. Elde edilen değerler incelendiğinde, kuantum nokta katkısının artışına bağlı olarak düşük frekans bölgesinde relaksasyon zamanı parametresinin azaldığı görülmektedir. Bu sonuçtan düşük frekans bölgesinde kuantum nokta katkısıyla oluşturulan kompozit yapılara elektrik alan uygulanması sonrasında, dengeye ulaşmaları için gerekli sürenin daha kısa olacağı sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.10. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların $\log M''$ - $\log f$ değişim grafiği.

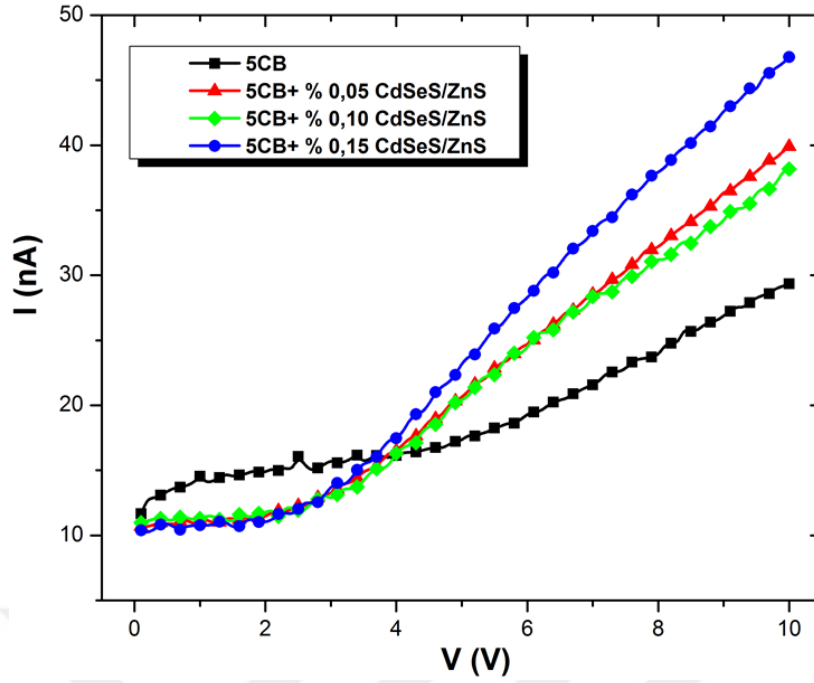
5CB nematik sıvı kristal ve CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların, 1 V gerilim değerinde, $\log \sigma_{ac}$ - $\log f$ değişim grafiği Şekil 4.11'de verilmiştir. Artan frekans ile tüm örneklerin σ_{ac} değerinin arttığı görülmektedir. Ayrıca düşük frekans bölgesinde kuantum nokta konsantrasyonunun artışına bağlı olarak σ_{ac} değerinin arttığı da görülmektedir.

Denklem 2.22 kullanılarak, σ_{ac} değerlerinden σ_{dc} değerleri elde edilmiş ve Çizelge 4.3'te verilmiştir. Kuantum nokta konsantrasyonunun artmasıyla σ_{dc} değerinin arttığı görülmektedir. Bunun sebebi sıvı kristal içinde kuantum nokta konsantrasyonunun artışına bağlı olarak iyonik yük taşıyıcılarının artması ve bu iyonik yük taşıyıcılarının kompozit yapı içerisindeki serbest hareketidir [51].



Şekil 4.11. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların $\log \sigma_{ac}$ - $\log f$ değişim grafiği.

Saf ve kuantum noktalı kompozit yapıların akım-gerilim (I-V) grafiği de incelenmiştir. Akımın gerilime bağlı değişim grafiği Şekil 4.12’de verilmiştir. 5CB nematik sıvı kristal ve ağırlıkça % 0,05, % 0,10 ve % 0,15 oranlarında CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların 10 V’da akım değerleri sırasıyla 29,345 nA, 39,893 nA, 38,179 nA ve 46,786 nA olarak bulunmuştur. Kuantum nokta katkılanması ile akımın değerinin arttığı görülmüştür. Bu sonuç, kuantum nokta katkılı kompozit yapıların ortamdaki yük yoğunluğunu arttırdığı ve bu artışın ortama bir voltaj uygulandığında akımda bir artışa yol açtığı sonucunu ortaya çıkarmıştır.



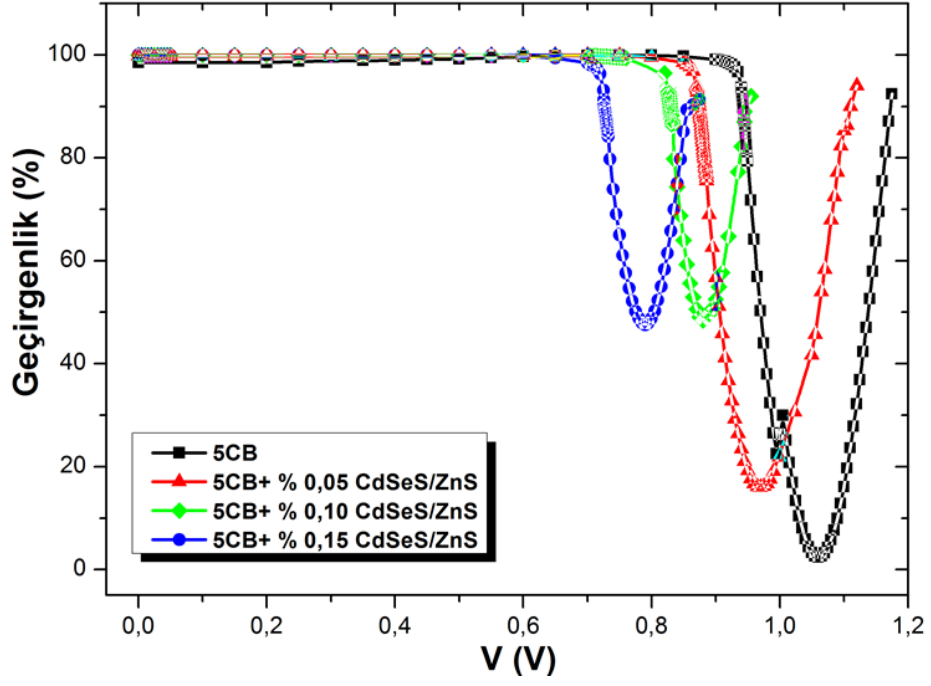
Şekil 4.12. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların I-V grafiği.

4.3. CDESES/ZNS KUANTUM NOKTA KATKILI 5CB NEMATİK SIVI KRİSTAL KOMPOZİT YAPILARIN ELEKTRO-OPTİK KARAKTERİZASYONU

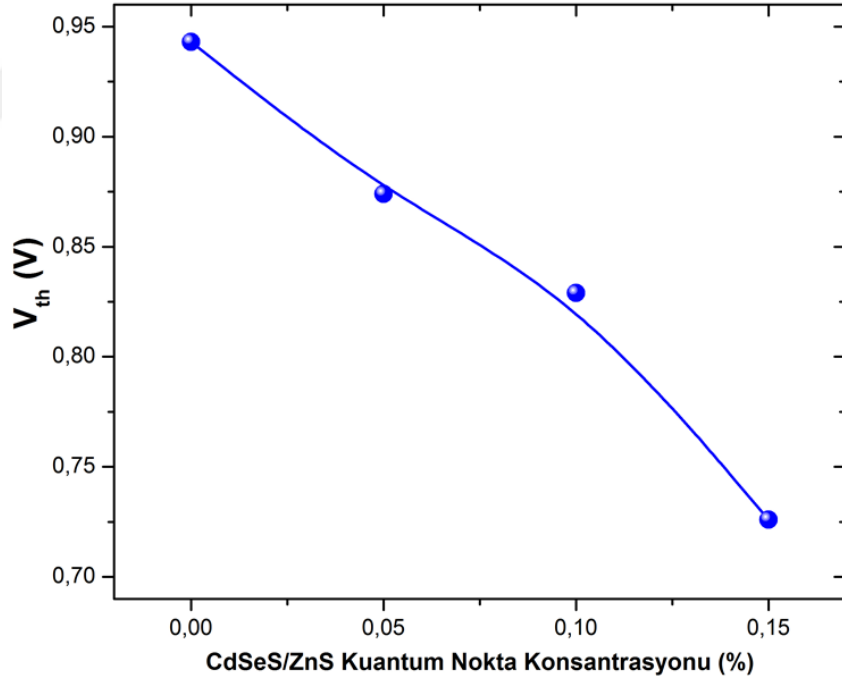
Elektro-optik geçirgenlik sistemi kullanılarak yapılan ölçümler sonucu farklı gerilim değerlerine karşılık gelen optik geçirgenlik değerleri elde edilmiştir. Geçirgenlik-Voltaj grafiği Şekil 4.13'te verilmiştir.

Grafikteki veriler kullanılarak geçirgenlik değerinin % 10 azaldığı gerilim değerleri hesaplanmış ve bu değerler V_{th} değerleri olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.14'te CdSeS/ZnS kuantum nokta konsantrasyonuna karşılık gelen V_{th} değişim grafiği verilmiştir. Grafikte artan kuantum nokta konsantrasyonu ile V_{th} değerinin azaldığı görülmektedir. V_{th} değerinin azalması sıvı kristal moleküllerinin belirli bir voltaj altında kolay yönlenebilmesi açısından son derece önemlidir.



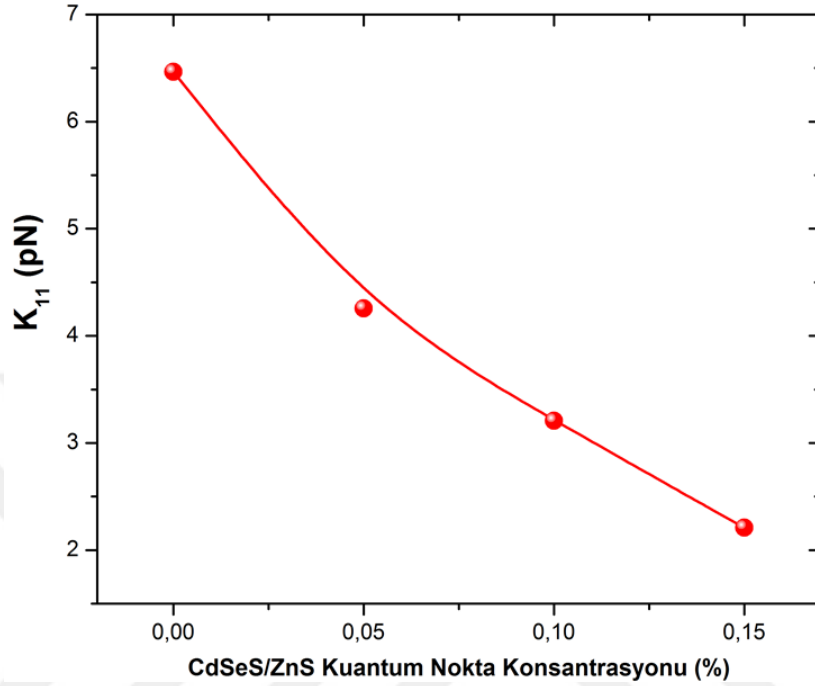
Şekil 4.13. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların Geçirgenlik (%) -V grafiği.



Şekil 4.14. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların V_{th}-CdSeS/ZnS Kuantum Nokta Konsantrasyonu (%) değişim grafiği.

Dielektrik ölçümler sonucu elde edilen $\Delta\epsilon'$ ve Geçirgenlik-Voltaj ölçümlerinden elde edilen V_{th} değerlerine bağlı olarak saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların K_{11} değerleri Denklem 2.24'e göre hesaplanmıştır.

K_{11} 'in CdSeS/ZnS kuantum nokta konsantrasyonuna bağlı değişim grafiği Şekil 4.15'te verilmiştir. K_{11} değerinin artan kuantum nokta konsantrasyonu ile azaldığı belirlenmiştir. Bunun sebebi moleküllerin sahip olduğu yzney eğilme ağısının artan kuantum nokta konsantrasyonuna bağlı olarak azalması olarak gsterilebilir.



Şekil 4.15. Saf ve kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların K_{11} -CdSeS/ZnS Kuantum Nokta Konsantrasyonu (%) değişim grafiği.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada 5CB nematik sıvı kristal ve ağırlıkça % 0,05, % 0,10, % 0,15 oranlarında CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların elektro-optik ve dielektrik özellikleri incelenmiş ve performans analizi gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın birinci aşamasında, optik ölçümler gerçekleştirilmiş ve 5CB nematik sıvı kristal ve ağırlıkça % 0,05, % 0,10, % 0,15 oranlarında CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların optik bant aralığı değerleri elde edilmiştir. CdSeS/ZnS kuantum nokta konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak optik bant aralığı değerinin azaldığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar sıvı kristal ve fotonik tabanlı çalışan cihazlarda, bant yapısının ve optik bant aralığı değerinin katkı oranı ile belirli ölçüde değiştirilebileceği konusunda önemli fikirler vermektedir.

Çalışmanın ikinci aşamasında 5CB nematik sıvı kristal yapısına ağırlıkça % 0,05, % 0,10, % 0,15 oranlarında CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılanması sonucunda oluşturulan kompozit yapıların elektrik ve dielektrik özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Kompleks dielektrik sabitinin reel ve sanal kısımlarının kuantum nokta katkılanması ile arttığı görülmüştür. Hazırlanan tüm numuneler düşük frekans aralığında yüksek dielektrik anizotropiye sahiptir. Bu sonuç düşük enerji gereksinimine sahip sıvı kristal tabanlı cihaz uygulamaları için bir avantaj olarak görülmektedir. 5CB nematik sıvı kristal ve farklı konsantrasyonlarda CdSeS/ZnS kuantum nokta katkılı 5CB nematik sıvı kristal kompozit yapıların yüksek ve düşük frekans bölgelerinde relaksasyon zamanı parametreleri hesaplanmıştır. Yüksek frekans bölgesinde relaksasyon zamanı kuantum nokta konsantrasyonu ile artmış, düşük frekans bölgesinde ise kuantum nokta katkılanmasıyla azalmıştır. Ayrıca eşik voltajı ve eğilme elastik sabiti parametrelerinin değerleri de belirlenmiştir. Eşik voltajı parametresi sıvı kristal moleküllerin kolay yönlenebilmesi açısından son derece önemlidir. Yapılan ölçümler sonucunda eşik voltajı ve eğilme elastik sabiti değerlerinin kuantum nokta katkılanması ile düştüğü görülmüştür. Bu sonuç sıvı kristal yapılara kuantum nokta katkılanması ile daha kolay yönlentinin sağlanacağı konusunda önemli veriler sunmuştur. Numunelerin akım-gerilim (I-V) grafiği incelendiğinde ise kuantum nokta katkılı kompozit yapılarda

ortamdaki yük yoğunluğunun artmasına bağlı olarak akımda belirli bir oranda artış olduğu görülmüştür. Sonuçlar, CdSeS/ZnS kuantum nokta katkısının 5CB nematik sıvı kristalinin elektro-optik ve dielektrik özelliklerinde önemli değişime sebep olduğunu göstermiştir.



6. KAYNAKLAR

- [1] H. J. Shah, “Engineered interfaces for liquid crystal technology,” Ph.D. dissertation, Department of Electrical Engineering, Drexel University, Philadelphia, PA, USA, 2007.
- [2] O. Köysal, “Azo boya ve fulleren (C₆₀) katkılı nematik sıvı kristallerin elektro-optik özelliklerinin incelenmesi,” Doktora tezi, Fizik Bölümü, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye, 2007.
- [3] S. Kumar, *Liquid Crystals: Experimental Study of Physical Properties and Phase Transitions*, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001.
- [4] P. K. Tripathi, “Electrical and optical studies of some liquid crystals,” Ph.D. dissertation, Department of Physics, Lucknow University, Lucknow, UP, India, 2013.
- [5] G. Pathak, S. Pandey, R. Katiyar, A. Srivastava, R. Dabrowski, K. Garbat, and R. Manohar, “Analysis of photoluminescence, UV absorbance, optical band gap and threshold voltage of TiO₂ nanoparticles dispersed in high birefringence nematic liquid crystal towards its application in display and photovoltaic devices,” *Journal of Luminescence*, vol. 192, pp. 333–339, 2017.
- [6] O. Köysal, “Conductivity and dielectric properties of cholesteric liquid crystal doped with single wall carbon nanotube,” *Synthetic Metals*, vol. 160, pp. 1097–1100, 2010.
- [7] S. Singh and D. A. Dunmur, *Liquid Crystals: Fundamentals*, Singapore: World Scientific Publishing, 2002.
- [8] O. Köysal, M. Okutan, and M. Gökçen, “Investigation of dielectric properties and diffraction efficiency enhancements caused by photothermal effect in DR9 dye-doped nematic liquid crystal,” *Optics Communications*, vol. 284, pp. 4924–4928, 2011.
- [9] M. Mishra, R. S. Dabrowski, and R. Dhar, “Thermodynamical, optical, electrical and electro-optical studies of a room temperature nematic liquid crystal 4-pentyl-4'-cyanobiphenyl dispersed with barium titanate nanoparticles,” *Journal of Molecular Liquids*, vol. 213, pp. 247–254, 2016.
- [10] P. R. Supreet, S. Kumar, K. K. Raina, “Effect of dispersion of gold nanoparticles on the optical and electrical properties of discotic liquid crystal,” *Liquid Crystals*, vol. 41, no. 7, pp. 933–939, 2014.
- [11] E. B. Barmatov, D. A. Pebalk, and M. V. Barmatova, “Influence of silver nanoparticles on the order parameter of liquid crystalline polymers,” *Liquid Crystals*, vol. 33, no. 9, pp. 1059–1063, 2006.
- [12] U. B. Singh, M. B. Pandey, R. Dhar, R. Verma, and S. Kumar, “Effect of dispersion of CdSe quantum dots on phase transition, electrical and electro-optical properties of 4PP4OB,” *Liquid Crystals*, vol. 43, no. 8, pp. 1075–1082, 2016.

- [13] C. C. Hsu, Y. X. Chen, H. W. Li, and J. S. Hsu, "Low switching voltage ZnO quantum dots doped polymer-dispersed liquid crystal film," *Optics Express*, vol. 24, pp. 7063–7068, 2016.
- [14] O. Adegoke, T. Nyokong, and P. B. C. Forbes, "Optical properties of water-soluble L-cysteine-capped alloyed CdSeS quantum dot passivated with ZnSeTe and ZnSeTe/ZnS shells," *Optical Materials*, vol. 46, pp. 548–554, 2015.
- [15] R. Manohar, S. Manohar, and V. S. Chandel, "Dielectric behaviour of pure and dye doped nematic liquid crystal BKS/B07," *Materials Sciences and Applications*, vol. 2, no. 7, pp. 839–847, 2011.
- [16] R. R. Deshmukh and A. K. Jain, "The complete morphological, electro-optical and dielectric study of dichroic dye-doped polymer-dispersed liquid crystal," *Liquid Crystals*, vol. 41, pp. 960–975, 2014.
- [17] S. E. Hicks, S. P. Hurley, Y. C. Yang, and D. K. Yang, "Electric polarization frozen by a polymer network in nematic liquid crystals," *Soft Matter*, vol. 9, no. 14, pp. 3834–3839, 2013.
- [18] M. Chen, W. Hu, X. Liang, H. Zhang, C. Zhang, P. Song, L. Zhang, F. Li, F. Chen, and H. Yang, "The regulation of polymer structures and electro-optical properties of epoxy-mercaptan-based phase separated liquid crystals / polymer composites," *Polymer*, vol. 127, pp. 1–7, 2017.
- [19] M. Pande, P. K. Tripathi, A. K. Misra, S. Manohar, R. Manohar, and S. Singh, "Dielectric and electro-optical properties of polymer-stabilized liquid crystal system," *Applied Physics A*, vol. 122, pp. 1–9, 2016.
- [20] I. Mora-Sero, S. Giménez, F. Fabregat-Santiago, R. Gómez, Q. Shen, T. Toyoda, and J. Bisquert, "Recombination in quantum dot sensitized solar cells," *Accounts of Chemical Research*, vol. 42, no. 11, pp. 1848–1857, 2009.
- [21] A. J. Nozik, M. C. Beard, J. M. Luther, M. Law, R. J. Ellingson, and J. C. Johnson, "Semiconductor quantum dots and quantum dot arrays and applications of multiple exciton generation to third-generation photovoltaic solar cells," *Chemical Reviews*, vol. 110, no. 11, pp. 6873–6890, 2010.
- [22] Z. N. Tan, Y. Zhang, C. Xie, H. P. Su, J. Liu, C. F. Zhang, N. Dellas, S. E. Mohney, Y.Q. Wang, J.K. Wang, and J. Xu, "Near-band-edge electroluminescence from heavy-metal-free colloidal quantum dots," *Advanced Materials*, vol. 23, pp. 3553–3558, 2011.
- [23] V. I. Klimov, A. A. Mikhailovsky, S. Xu, A. Malko, J. A. Hollingsworth, C. A. Leatherdale, H. J. Eisler, and M. G. Bawendi, "Optical gain and stimulated emission in nanocrystal quantum dots," *Science*, vol. 290, pp. 314–317, 2000.
- [24] A. J. Shuhendler, P. Prasad, H. K. C. Chan, C. R. Gordijo, B. Soroushian, M. Kolios, K. Yu, P. J. O'Brien, A. M. Rauth, and X. Y. Wu, "Hybrid quantum dot–fatty ester stealth nanoparticles: toward clinically relevant in vivo optical imaging of deep tissue," *Acs Nano*, vol. 5, pp. 1958–1966, 2011.
- [25] J. A. Barreto, W. O'Malley, M. Kubeil, B. Graham, H. Stephan, and L. Spiccia, "Nanomaterials: applications in cancer imaging and therapy," *Advanced Materials*, vol. 23, pp. H18–H40, 2011.
- [26] E. Hutter and D. Maysinger, "Gold nanoparticles and quantum dots for bioimaging," *Microscopy Research and Technique*, vol. 74, pp. 592–604, 2011.

- [27] L. Shao, Y. Gao, and F. Yan, “Semiconductor quantum dots for biomedical applications,” *Sensors*, vol. 11, pp. 11736–11751, 2011.
- [28] O. Obonyo, E. Fisher, M. Edwards, and D. Douroumis, “Quantum dots synthesis and biological applications as imaging and drug delivery systems.” *Critical Reviews in Biotechnology*, vol. 30, pp. 283–301, 2010.
- [29] J. Mirzaei, “Optical and electro-optical properties of nematic liquid crystals with nanoparticle additives,” Ph.D. dissertation, Department of Chemistry, Manitoba University, Winnipeg, MB, Canada, 2015.
- [30] M. Schadt, “Liquid crystal materials and liquid crystal displays,” *Annual Review of Materials Research*, vol. 27, pp. 305–379, 1997.
- [31] D. Çağıl, N. Kaya ve Ahmet Alıcılar, “Y-H tipi sıvı kristal sistemlere karbon nanotüp ilavesinin moleküler yönelme ve faz geçişi üzerine etkileri,” *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c. 26, s. 1, ss. 213–221, 2011.
- [32] M. Okutan, “Fulleren ve azo boya katkılı nematik sıvı kristal sistemlerde dielektrik ve optik spektroskopi yöntemleri ile moleküler durulma zamanlarının ve kırılma indisi değişimlerinin incelenmesi,” Doktora tezi, Fizik Bölümü, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye, 2010.
- [33] J. P. F. Lagerwall and G. Scalia, “A new era for liquid crystal research: Applications of liquid crystals in soft matter nano-, bio- and microtechnology,” *Current Applied Physics*, vol. 12, pp. 1387–1412, 2012.
- [34] N. Kasch, “Liquid crystals: applications and industry,” *Liquid Crystals Today*, vol. 22, no. 3, pp. 70–71, 2013.
- [35] Q. Li, *Liquid Crystals Beyond Displays: Chemistry, Physics and Applications*, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2012.
- [36] P. J. Collings, *Liquid Crystals: Nature’s Delicate Phase of Matter*, Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1947.
- [37] J. G. An, S. Hina, Y. Yang, M. Xue, and Y. Liu, Characterization of liquid crystals: A literature review, *Reviews on Advanced Materials Science*, vol. 44, pp. 398–406, 2016.
- [38] K. V. Axenov and Sabine Laschat, Thermotropic ionic liquid crystals, *Materials*, vol. 4, pp. 206–259, 2011.
- [39] M. Emek, “Faz dönüşümlerinin nematik sıvı kristallerin elektrooptik özelliklerine etkisi,” Doktora tezi, Fizik Bölümü, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, 2007.
- [40] M. Schadt, “Nematic liquid crystals and twisted-nematic LCDs,” *Liquid Crystals*, vol. 42, no. 5–6, pp. 646–652, 2015.
- [41] S. K. Gupta, “Dielectric and electro-optical study of nanostructure doped liquid crystals,” Ph.D. dissertation, Department of Physics, Lucknow University, Lucknow, UP, India, 2014.
- [42] S. Yıldız, “Sıvı kristal polimerlerde faz çeişleri,” Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2004.
- [43] S. İlcan, Y. Çağlar ve M. Çağlar, “CdZnS ve ZnO yarı iletken filmlerinin yasaak enerji aralıkları,” *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c.9, s. 1, ss. 48–54, 2005.

- [44] H. Kızılcıoğlu, K. Gökşen ve Y. Köysal, “Amorf hidrojenlenmiş karbon ince filmlerin yasak enerji bant aralıklarının optiksel incelenmesi,” *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, c. 4, s. 1, ss. 317–326, 2016.
- [45] T. Şimşek ve K. Gökşen, “Çeşitli gaz akış hızı koşullarında üretilen hidrojenlenmiş amorf karbon ince filmlerin optik bant aralıklarının incelenmesi,” *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, c. 5, s. 1, ss. 84–95, 2017.
- [46] U. B. Singh, D. Singh, S. Kumar, R. Dhar, and M. B. Pandey, “The optical properties of quantum dots in anisotropic media,” *Journal of Molecular Liquids*, vol. 241, pp. 1009–1012, 2017.
- [47] R. Kempaiah, “Dielectric studies of liquid crystal nanocomposites and nanomaterial systems,” M.S. thesis, Department of Chemistry and Biochemistry, University of Maryland, College Park, ABD, 2016.
- [48] M. Gökçen, “Au/SiO₂/n-GaAs (MOY) yapıların elektrik ve dielektrik karakteristiklerinin frekans ve sıcaklığa bağlı incelenmesi,” Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2008.
- [49] A. Deryal, “Montmorillonitçe zengin bentonitlerde sıcaklık, basınç ve parçacık büyüklüğünün dielektrik özelliklere ve aktivasyon enerjilerine etkisi,” Doktora tezi, Fizik Anabilim Dalı, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, 2011.
- [50] M. Yıldırım, A. Allı, G. Önsal, N. Gök, and O. Köysal, “Synthesis & chemical and dielectric characterization of poly (linoleic acid)-g-poly (dimethylaminoethyl methacrylate): A novel high-k graft copolymer,” *Composites Part B*, vol. 117, pp. 43–48, 2017.
- [51] M. Yıldırım, O. Köysal, G. Önsal, and Eren Gümüş, “Effect of iron phthalocyanine (FePc) concentration on electrical and dielectric properties of the nematic liquid crystal composites,” *Journal of Molecular Liquids*, vol. 223, pp. 868–872, 2016.
- [52] S. Zengin, “Farklı montmorillonit kil numunelerinin dielektrik özellikleri üzerine nemin etkisi,” Yüksek lisans tezi, Fizik Anabilim Dalı, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, 2007.
- [53] A. J. Shuhendler, P. Prasad, H. K. C. Chan, C. R. Gordijo, B. Soroushian, M. Kolios, K. Yu, P. J. O’Brien, A. M. Rauth, and X. Y. Wu, “Hybrid quantum dot–fatty ester stealth nanoparticles: toward clinically relevant in vivo optical imaging of deep tissue,” *Acs Nano*, vol. 5, pp. 1958–1966, 2011.
- [54] J. A. Barreto, W. O’Malley, M. Kubeil, B. Graham, H. Stephan, and L. Spiccia, “Nanomaterials: applications in cancer imaging and therapy,” *Advanced Materials*, vol. 23, pp. H18–H40, 2011.
- [55] E. Hutter and D. Maysinger, “Gold nanoparticles and quantum dots for bioimaging,” *Microscopy Research and Technique*, vol. 74, pp. 592–604, 2011.
- [56] L. Shao, Y. Gao, and F. Yan, “Semiconductor quantum dots for biomedical applications,” *Sensors*, vol. 11, pp. 11736–11751, 2011.
- [57] O. Obonyo, E. Fisher, M. Edwards, and D. Douroumis, “Quantum dots synthesis and biological applications as imaging and drug delivery systems,” *Critical Reviews in Biotechnology*, vol. 30, pp. 283–301, 2010.

- [58] Z. N. Tan, Y. Zhang, C. Xie, H. P. Su, J. Liu, C. F. Zhang, N. Dellas, S. E. Mohney, Y. Q. Wang, J. K. Wang, and J. Xu, “Near-band-edge electroluminescence from heavy-metal-free colloidal quantum dots,” *Advanced Materials*, vol. 23, pp. 3553–3558, 2011.
- [59] V. I. Klimov, A. A. Mikhailovsky, S. Xu, A. Malko, J. A. Hollingsworth, C. A. Leatherdale, H. J. Eisler, and M. G. Bawendi, “Optical gain and stimulated emission in nanocrystal quantum dots,” *Science*, vol. 290, 314–317, 2000.
- [60] I. Mora-Sero, S. Gimenez, F. Fabregat-Santiago, R. Gomez, Q. Shen, T. Toyoda, and J. Bisquert, “Recombination in quantum dot sensitized solar cells,” *Accounts of Chemical Research*, vol. 42 pp. 1848–1857, 2009.
- [61] A. J. Nozik, M. C. Beard, J. M. Luther, M. Law, R. J. Ellingson, and J. C. Johnson, “Semiconductor quantum dots and quantum dot arrays and applications of multiple exciton generation to third-generation photovoltaic solar cells,” *Chemical Reviews*, vol. 110, pp. 6873–6890, 2010.
- [62] J. Mirzaei, M. Reznikov, and T. Hegmann, “Quantum dots as liquid crystal dopants,” *Journal of Materials Chemistry*, vol. 22, pp. 22350–22365, 2012.
- [63] L. E. Brus, “Electron–electron and electron-hole interactions in small semiconductor crystallites: The size dependence of the lowest excited electronic state,” *The Journal of Chemical Physics*, vol. 80, no. 9, pp. 4403–4409, 1984.
- [64] I. L. Medintz, H. T. Uyeda, E. R. Goldman, and H. Mattoussi, “Quantum dot bioconjugates for imaging, labelling and sensing,” *Nature Materials*, vol. 4, no. 6, pp. 435–446, 2005.
- [65] E. A. Konshina, E. O. Gavrish, A. O. Orlova, M. V. Artem’ev, “Effect of dispersed CdSe/ZnS quantum dots on optical and electrical characteristics of nematic liquid crystal cells,” *Technical Physics Letters*, vol. 37, no. 11, pp. 1011–1014, 2011.
- [66] U. B. Singh, R. Dhar, A. S. Pandey, S. Kumar, R. Dabrowski, and M. B. Pandey, “Electro-optical and dielectric properties of CdSe quantum dots and 6CHBT liquid crystals composites,” *AIP Advances*, vol. 4, pp. 117112:1–9, 2014.
- [67] A. Kumar and A. M. Biradar, “Effect of cadmium telluride quantum dots on the dielectric and electro-optical properties of ferroelectric liquid crystals,” *Physical Review E*, vol. 83, pp. 041708:1–8, 2011.
- [68] S. K. Gupta, D. P. Singh, R. Manohar, and S. Kumar, “Tuning phase retardation behaviour of nematic liquid crystal using quantum dot,” *Current Applied Physics*, vol. 16, 79–82, 2016.
- [69] O. Köysal, M. Gökçen, and M. Yıldırım, “Ultraviolet light response of electrical and dielectric properties in zinc phthalocyanine and fullerene dispersed liquid crystal composites,” *Canadian Journal of Physics*, vol. 93, no. 10, pp. 1207–1212, 2015.
- [70] Ö. Tüzün Özmen, K. Goksen, A. Demir, M. Durmuş, and O. Köysal, “Investigation of photoinduced change of dielectric and electrical properties of indium (III) phthalocyanine and fullerene doped nematic liquid crystal,” *Synthetic Metals*, vol. 162, pp. 2188–2192, 2012.
- [71] D. P. Shcherbinin and E. A. Konshina, “Ionic impurities in nematic liquid crystal doped with quantum dots CdSe/ZnS,” *Liquid Crystal*, vol. 44, pp. 648–655, 2017.

[72] K. S. Cole, R. H. Cole, "Dispersion and absorption in dielectrics I. Alternating current characteristics," *The Journal of Chemical Physics*, vol. 9, pp. 341–351, 1941.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Gülsüm KOCAKÜLAH
Doğum Tarihi ve Yeri : 25.10.1988-Urla
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : gulsumkocakulah@duzce.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Fizik	Düzce Üniversitesi	2018
Lisans	Fizik	Dokuz Eylül Üniversitesi	2012
Lise		Urla Lisesi	2007