

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LCD EKРАНLAR İÇİN NANOMALZEME ESASLI
SIVI KRİSTALLERİN ÜRETİLMESİ**

Mustafa İLHAN

Yüksek Lisans Tezi
Fizik Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Fahrettin YAKUPHANOĞLU

TEMMUZ 2014

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

LCD EKРАНLAR İÇİN NANOMALZEME ESASLI SIVI KRİSTALLERİN
ÜRETİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa İLHAN

(121114104)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 9 TEMMUZ 2014

Tezin Savunulduğu Tarih: 24 TEMMUZ 2014

Tez Danışman : Prof. Dr. Fahrettin YAKUPHANOĞLU(F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Niyazi ÖZDEMİR
Yrd. Doç. Dr. Nevin BALO

TEMMUZ-2014

ÖNSÖZ

Tez çalışmam ve öğrenimim süresince gerek çalışmalarında teorik ve deneysel bilgi ve birikimini, gerekse manevi destek ve ilgisini hiçbir zaman esirgemeyen, her zaman yakınlığını hissettiren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Fahrettin YAKUPHANOĞLU 'na sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Öğrenimim ve çalışmalarım süresince bana zaman ayıran, bilimsel bilgi ve tecrübelerine sık sık başvurduğum ve ayrıca bana vermiş olduğu moral ve motivasyon için değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇAVAŞ' a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmamın her aşamasında yardımlarını ve desteğini esirgemeyen Sayın hocam Arş. Gör. Cihat AYDIN ve eşi Handan AYDIN' a teşekkür ederim.

Fırat Üniversitesi Fizik Bölümü Nano Teknoloji laboratuvarında çalışmalarında desteklerini esirgemeyen Mesut YALÇIN, Denizhan ÖZMEN, Ayşegül DERE, Mürüvvet KALAY, Mehmet AVCI ve Bilal ARİF' e teşekkür ederim.

Hoşgörüsü, sevgisi, fedakârlığı ve desteğiyle hep yanımda olan sevgili eşim Sebile İLHAN' a gönülden teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi FÜBAP tarafından **FÜBAP FF 14.07** numaralı proje olarak desteklenmiştir.

Mustafa İLHAN

ELAZIĞ – 2014

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	IX
SİMGELER LİSTESİ	X
1. GİRİŞ.....	1
2. SIVI KRİSTALLER.....	3
2.1. Sıvı Kristallerin Sınıflandırılması.....	4
2.1.1. Liyotropik Sıvı Kristaller	4
2.1.2. Termotropik Sıvı Kristaller	4
2.1.2.1. Nematik Sıvı Kristaller	5
2.1.2.2. Simektik sıvı kristaller	6
2.1.2.3. Kolesterik sıvı kristaller	8
3. SIVI KRİSTALLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	11
3.1. Sıvı Kristallerin Optik Özellikleri	11
4. NANO YAPILI OKSİT MALZEMELER	14
4.1. Çinko Oksit (ZnO).....	14
4.2. Nikel Oksit (NiO)	16
5. MATERYAL VE METOT	17
5.1 Deneysel İşlemler	17
5.2 Sıvı Kristal Hücrelerin Hazırlanması	19

5.3 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntülemeleri ve Enerji Dağılımı X-Işını (EDX) Analizleri	22
5.3.1 SEM Görüntüleri ve EDX Analiz Sonuçları	23
5.4 Numunelerin FT-IR Ölçümleri.....	28
5.4.1. FT-IR Analiz Sonuçları	28
5.5. Numunelerin Optik Ölçümleri.....	29
5.5.1. Optik Ölçüm Sonuçları.....	30
5.6. Dielektrik Anizotropi Özellikleri.....	33
5.7. Sıvı kristallerin Akım-Voltaj karakteristikleri.....	39
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	42
7. KAYNAKLAR.....	43
ÖZGEÇMİŞ.....	46

ÖZET

Çinko oksit ve nikel oksit nanomalzemeler kimyasal hidroliz metodu kullanılarak sentezlendi. Üretilen malzemelerin yapısal özellikleri UV-VİS spektrometresi, taramalı elektron mikroskobu, FT-IR teknikleri kullanılarak analiz edildi. 4-oktil-4-bifenilkarbonitril (8CB) sıvı kristali ZnO ve NiO nanomalzemeler ağırlıkça %1 oranında katkılılandırıldı. Katkılılandırılan sıvı kristallerin dielektrik anizotropi özellikleri dielektrik spektroskopisi metodu kullanılarak analiz edildi. 8CB sıvı kristalin dielektrik anizotropi ve kritik frekans değerlerinin nanomalzeme katkısı ile arttı. Elde edilen sonuçlar 8CB sıvı kristalin dielektrik anizotropik özelliklerinin nanomalzeme katkısı ile geliştirebileceğini gösterdi.

Anahtar Kelimeler: Sıvı Kristal, Nanomalzeme, Dielektrik Anizotropi

SUMMARY

PRODUCTION OF NANOMATERIAL BASED ON LIQUIDS CRYSYALS FOR LCD SCREENS

Zinc oxide (ZnO) and nickel oxide (NiO) nanomaterials were synthesized by hydrolyzed chemical method. The structural properties of these materials were analyzed by UV-VIS spectrophotometer, Scanning Electron Microscopy and FTIR techniques. The 4-octyl-4-biphenylcarbonitril (8CB) liquid crystal were doped by ZnO and NiO (1%wt.) nanomaterials. The dielectric anisotropy properties of the doped liquid crystals were analyzed using the dielectric spectroscopy method. The dielectrical anisotropy and critical frequency values of 8CB liquid crystal were increased by nanomateril doping. The obtained results indicate that the dielctrical anisotropy properties of 8CB liquid crystal can be improved by nanomaterial doping.

Keywords: Liquid crystal, Nanostructured materials, Dielectric anisotropy

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Katı kristal ile sıvı faz arasındaki geçişin sıcaklığa bağlı değişimi	3
Şekil 2.2. Sıvı kristallerin sınıflandırılması.....	4
Şekil 2.3. Termotropik sıvı kristallerin molekül yapıları	5
Şekil.2.4. Nematik fazda moleküllerin aynı doğrultuda yönelimi	6
Şekil 2.5. Simektik sıvı kristaller	7
Şekil 2.6. Simektik kristallerde ara fazların sıcaklığa göre değişimi	7
Şekil 2.7. Kolleristik sıvı kristallerde moleküllerdeki yönelim değişiminin helisel burulması	8
Şekil 3.1. Dielektrik sabiti uygulanan alan ile sıvı kristal madde arasındaki etkileşim	12
Sekil 4.1. ZnO' in kristal yapısı	15
Şekil 4.2. Atomlar yüküne veya valansına ve elementine göre çapını gösteren tablo	16
Şekil 5.1. ZnO numunesinin hazırlanma sürecinin şematik gösterimi.....	18
Şekil 5.2. NiO numunesinin hazırlanma sürecinin şematik gösterimi	19
Şekil 5.3. Saf 8CB, ZnO katkılı 8CB ve NiO katkılı 8CB sıvı kristal numunelerinin hazırlanma sürecinin şematik gösterimi.	20
Şekil 5.4. PCR tüplerine doldurulan saf 8CB, ZnO katkılı 8CB ve NiO katkılı 8CB sıvı kristal numuneleri	21
Şekil 5.5. Hazırlanan (ITO) kaplı sıvı kristal hücreler.	21
Şekil 5.6. Sıvı kristal hücreleri doldurmak için kullanılan insülin enjektör.....	22
Şekil 5.7. Elektriksel ölçümler için deney düzeneği	22
Şekil 5.8. ZnO numunesinin a) 150000X büyütme oranı b) 200000X büyütme oranı ile SEM görüntüleri.....	24
Şekil 5.9. ZnO numunesinin 30000X büyütme oranındaki EDX spektrumu	25
Şekil 5.10. NiO numunesinin a) 100000X büyütme oranı b) 200000X büyütme oranı ile SEM görüntüleri	26

Şekil 5.11. NiO numunesinin 30000X büyütme oranındaki EDX spektrumu.....	27
Şekil 5.12. ZnO Tozunun FT-IR spektrumları	28
Şekil 5.13. NiO Tozunun FT-IR spektrumları	29
Şekil 5.14. UV Spektrofotometresi	31
Şekil 5.15. ZnO tozunun yansıma eğrisi	31
Şekil 5.16. ZnO numunesi için çizilen $(\alpha h\nu)^2$ 'nin $h\nu$ (foton enerjisi)'ye göre grafiği	32
Şekil 5.17. NiO tozunun yansıma eğrisi.....	32
Şekil 5.18. NiO numunesi için çizilen $(\alpha h\nu)^2$ 'nin $h\nu$ (foton enerjisi)'ye göre grafiği	33
Şekil 5.19. Uygulanan voltajla moleküllerin yöneliminin değişimi.....	34
Şekil 5.20. Dipole elektrik alanda etkileyen tork.	35
Şekil 5.21. 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile için numunenin 40°C'de karanlık ortamda farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri	35
Şekil 5.22. ZnO katkılı 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile için numunenin 40°C'de karanlık ortamda farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri	36
Şekil 5.23. NiO katkılı 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile için numunenin 40°C'de karanlık ortamda farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri	36
Şekil 5.24. 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile için $\Delta\epsilon$ 'nin frekansla değişimi	38
Şekil 5.25. ZnO katkılı 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile için $\Delta\epsilon$ 'nin frekansla değişimi	38
Şekil 5.26. NiO katkılı 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile için $\Delta\epsilon$ 'nin frekansla değişimi	39
Şekil 5.27. 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile 40 °C'de karanlık ortam için akım-voltaj grafiği.....	40
Şekil 5.28. ZnO katkılı 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile 40 °C'de karanlık ortam için akım-voltaj grafiği	40
Şekil 5.29. NiO katkılı 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile 40 °C'de karanlık ortam için akım-voltaj grafiği	41

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Termotropik sıvı kristallerin sergiledikleri karakteristik desenler ve fazların molekül yapıları	9
Tablo 2. Termotropik sıvı kristallerde sıcaklık değişimine bağlı olarak gerçekleşebilen sıvı kristal faz geçişleri	10
Tablo 3. Şekil 5.9’da verilen EDX spektrum sonucu	25
Tablo 4. Şekil 5.11’de verilen EDX spektrum sonucu	27
Tablo 5. Numunelerin hesaplanan Eg yasak enerji aralığı değerleri	33
Tablo 6. Farklı frekanslarda $\Delta\epsilon$ değerleri	37
Tablo 7. Farklı numunelerin kritik frekansları.....	37

SİMGELER LİSTESİ

λ	: Dalga Boyu
E_g	: Yasak enerji aralığı
I	: Akım
V	: Voltaj
A	: Absorbans
R	: Yansıma katsayısı
ν	: Frekans
$F(R)$	: Kubelka-Munk fonksiyonu
α	: Dağılım parametresi
$\Delta\epsilon$	: Dielektrik anizotropi
f_c	: Kritik frekans
ϵ	: Dielektrik sabiti
$\epsilon_{//}$	: Paralel dielektrik sabiti
$\epsilon_{\perp}$	: Dik dielektrik sabiti
τ	:Tork

1.GİRİŞ

Madde genel olarak katı, sıvı ve gaz olarak üç fazda bulunmaktadır. Katı yapıda atom veya moleküller belirli konumlarda örgü titreşimlerini yaparak dururlarken dönme hareketi yapamazlar. Sıvı fazda ise moleküller ötelenme hareketi ile birlikte dönme hareketi yapabilmektedirler [1]. Katıların erimesi sonucu düzenli molekül yapısı bozulur ve moleküllerin dönüş serbestliği kazandığı sıvı faza geçilir. Katı, sıvı faza geçerken oradaki faz değerleri, düzenli molekül dizilişine sahip sıvı haller gösterdiğinden dolayı bu tip maddelere sıvı kristaller denmektedir. Sıvı kristaller bağıl olarak çok düşük optiksel alanlar altında bile hassas etkin özelliklerden dolayı yüksek lineer olmayan optiksel malzemelerdir [1]. Sıvı kristaller moleküllerinin moleküler yönelimi sistemin elektro-optiksel davranışlarıyla belirlenir ve dış etkiler, moleküler etkileşmelerle moleküllerin tekrar yönelimine neden olabilirler [1]. Kırılma indisi, empedans ve dielektrik spektroskopisi gibi ölçüm metotları sıvı kristallerin elektro-optik özelliklerini belirlemek için kullanılan önemli metotlardır. Bu tip ölçümler ilk olarak boya ve polimer katkılanmış sıvı kristallerde yapılmış ve sıvı kristallerin elektro-optiksel özellikleri üzerinde farklı çalışmalar yapılmasına imkan sağlamıştır. Dielektrik spektroskopisi tekniği (DST) sıvı kristallerin moleküler yönelimlerini detaylı bir şekilde anlamak için kullanılan etkili bir tekniktir. Kritik frekans (f_c) yapı tipinin pozitiften negatif tipe geçişini belirler. Dielektrik anizotropinin iki tipi vardır. Biri pozitif dielektrik anizotropi (p-tipi) diğeri ise negatif dielektrik anizotropi (n-tipi)'dir. Farklı frekanslarla dielektrik anizotropisinin değişimi, sıvı kristallerin moleküler yöneliminin düşük frekanslarda p-tipi özeliğe sahip olduğunu ve frekans artırıldığında dielektrik anizotropi özelliğinin n-tipine değiştiğini açıklamaktadır. Farklı frekanslarda dielektrik relaksasyon ölçümü moleküler hareket ve polar grupların dinamikleri hakkında bilgi elde etmek için, farklı başlangıç yönelimine sahip boya katkılanmış nematik sıvı kristallerin moleküler yönelim özellikleri dielektrik spektroskopisi ölçümleriyle araştırılmıştır [2].

Küçük elektrik alanları uygulanarak, sıvı kristallerin moleküler dizilişleri değiştirebilmektedir. Bu şekilde, ışık kaynağına bağlı olarak sıvı kristaller saydam veya ışık geçirmez özelliklere sahip olabilmektedirler.

Sıvı kristaller, hesap makinelerin, dijital saatler, bilgisayar vb. birçok alanda kullanılmaktadır. Kullanıldıkları cihazlarda görüntünün kaynağıdır[1]. Daha net bir görüntü elde edilmesi ve daha az enerji tüketilmesi bakımından sağladıkları avantajlardan dolayı elektronik gösterge sistemlerinde, sıvı kristaller kullanılması tercih edilmektedir.

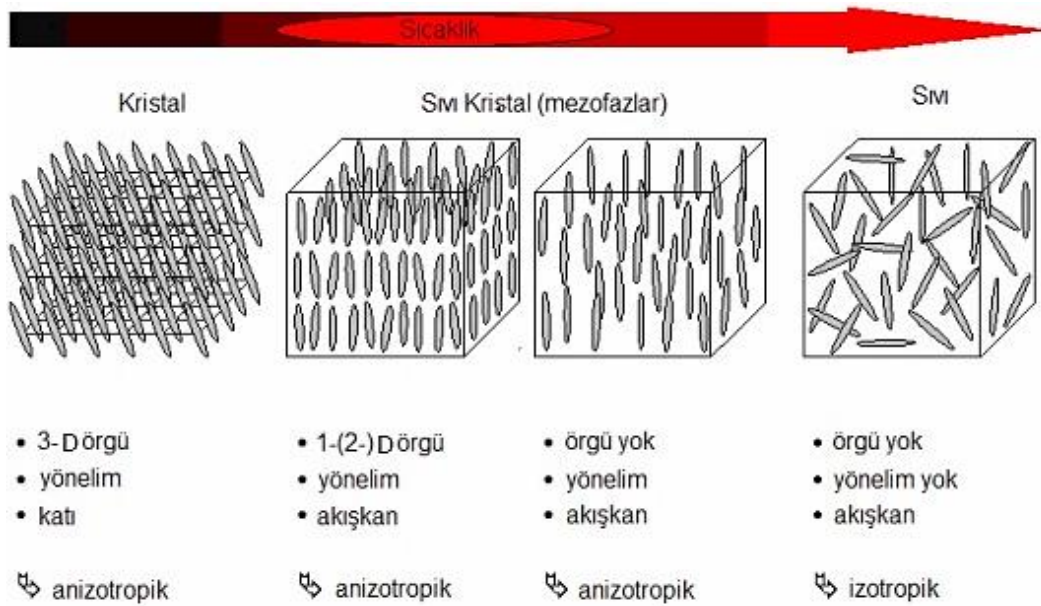
Sıvı kristal ekranlarda nematik faz dediğimiz sıvı kristal faz kullanılır. Bu faza yanal yüzeyden baktığımızda, moleküller aynı doğrultuda yerleşmiş görünür. Moleküller arasındaki çekim kuvvetinin zayıf olmasından dolayı sıvı kristaller akışkandır. Bu yüzden sıvı kristalin nematik fazdaki moleküler düzeni kolayca değiştirilebilir ve yeniden düzenlenebilir. Ekranda seçilen komutlara göre, sıvı kristal fazın hareketi değişir. Işıklı ve karanlık bölgeler sayesinde ekranda farklı görüntüler elde edilebilir [3,4].

Bu çalışmanın amacı, 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile (8CB) ile hazırlanan sıvı kristallerin dielektrik anizotropi özelliklerinin araştırılmasıdır. 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile (8CB), en iyi bilinen sıvı kristal malzemelerden biridir. 8CB sıvı kristalinin dielektrik anizotropi özellikleri, ZnO ve NiO nanomalzemeleri kullanılarak geliştirilmiştir. ZnO ve NiO nanomalzemeleri en iyi bilinen organik iletken malzemelerdir. 8CB sıvı kristaline ZnO ve NiO nanomalzemeleri katkılандığında dielektrik anizotropi değerlerinin arttığı görülmüştür. Bu sıvı kristaller LCD'ler için kullanılğında çözünürlüğün yüksek ve görüntünün kalitesinin çok iyi olacağını göstermektedir. Bu kapsamda, kapasite-voltaj ölçümlerinde moleküler yönelimler için, anizotropik dielektrik ölçümleri yapılarak, paralel ve dik elektrik sabitleri, dielektrik anizotropi parametrelerinin katkılamayla nasıl değiştiği araştırılmış elde edilen sonuçlar bu tez çalışmasında ortaya konulmuştur.

2. SIVI KRİSTALLER

Sıvı kristallerin varlığı ilk olarak 1888 yılında Avusturyalı botanikçi Friedrich Reinitzer tarafından ortaya çıkarılmıştır [1]. Reinitzer çalışmaları sonucu sentezlediği kollesteril benzoatta iki erime noktası olduğunu saptamış ve katı maddenin 145 °C de eriyerek bulanık bir sıvıya dönüştüğünü ve bu bulanık sıvının 179°C de berrak bir sıvıya dönüştüğünü gözlemlemiştir. Lehmann polarizasyon mikroskobu ile yaptığı incelemede bu maddenin anizotropik olduğunu görmüş ve onu sıvı kristal olarak tanımlamıştır [5].

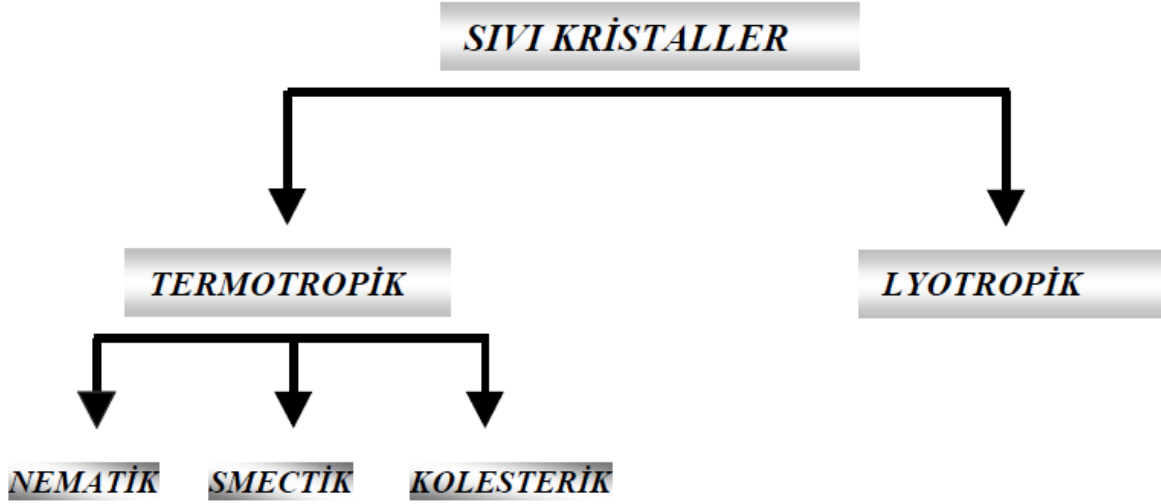
Sıvı kristal hali, maddenin katı ve sıvı hal özelliklerinin birleştiği ve özelliklerinin çoğu bu iki hal arasında olan özel bir durumu ifade etmektedir. Şekil 2.1’de katı kristal ile sıvı faz arasındaki bu geçişin sıcaklığa bağlı değişimini göstermektedir. Sıcaklık arttıkça katı kristal yapıdaki moleküllerin üç boyutlu örgü düzenliliği iki boyuta indirgenmektedir. Belirli bir sıcaklık değerinde yapıdaki düzenli örgü, moleküller arasındaki bağların kopması ile kaybolmakta ve yapı izotropik sıvı faza dönüşmektedir. Katı ile sıvı arasındaki bu ara fazlarda madde, sıvı kristal halinde bulunmaktadır. Bu fazda moleküller arası düzenlilik ve yönelim en belirgin özellik olup yapı anizotropiktir [6].



Şekil 2.1. Katı kristal ile sıvı faz arasındaki geçişin sıcaklığa bağlı değişimi [6].

2.1. Sıvı Kristallerin Sınıflandırılması

Sıvı kristaller, oluşum nedenlerine bağlı olarak termotropik ve liyotropik olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadırlar (Şekil. 2.2) [5].



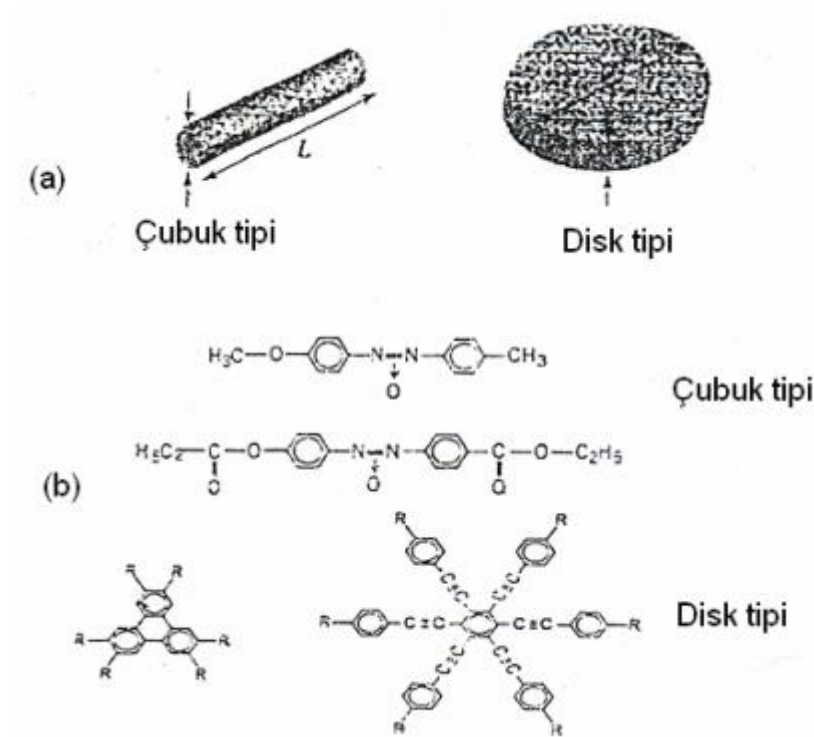
Şekil 2.2. Sıvı kristallerin sınıflandırılması [5].

2.1.1. Liyotropik Sıvı Kristaller

Liyotropik sıvı kristaller iki veya daha çok bileşenli sistemler olup bu grupta faz değişimine neden olan temel etken konsantrasyondur. Sıcaklık bu tip için fazla önemli bir parametre değildir. Bu sistemler belirli konsantrasyon ve sıcaklık aralıklarında izotropik ve anizotropik fazların çeşitlerini göstermektedirler. Liyotropik sıvı kristaller doğada özellikle canlı sistemlerde bolca bulunmaktadır (örneğin hemoglobin, lipidler, sperm polipeptitler, albumin v.b). Liyotropik sıvı kristaller deterjanlar, gıda endüstrisi, petrol çıkarma endüstrisi, tıp teknolojisi vb. alanlarda kullanılmaktadırlar [5].

2.1.2. Termotropik Sıvı Kristaller

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

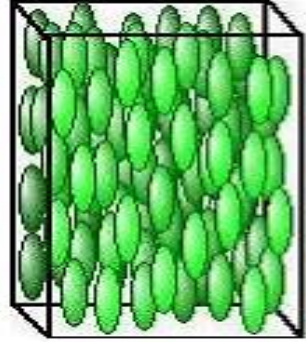


Şekil 2.3. Termotropik sıvı kristallerin molekül yapıları [1,5].

Bu tip sıvı kristallerin molekül yapılarına bakıldığında moleküllerin ince çubuksu veya disk şeklinde olduğu görülmektedir [1, 5]. Termotropik sıvı kristallerin farklı tipleri Şekil 2.3 te gösterilmiştir. Termotropik sıvı kristaller sıcaklık ve ara değişim fazlarına göre üç temel gruba ayrılırlar. Bunlar nematik, smektik ve kolestik tipteki sıvı kristallerdir.

2.1.2.1. Nematik Sıvı Kristaller

Smektik yapıdaki molekül demeti katmanlarının bozulup tüm moleküllerin farklı aralıklar ve farklı yönlerde fakat aynı doğrultuda yönelmesiyle nematik yapı oluşur (Şekil 2.4). Bu fazda moleküllerin ortalama yönelim doğrultusunda yöneldikleri görülmektedir. Yapıdaki moleküller üç yönde hareketli olup bir eksen etrafında dönebilme özelliklerine sahiptirler.

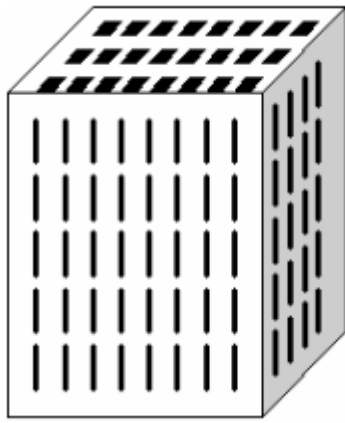


Şekil.2.4. Nematik fazda moleküllerin aynı doğrultuda yönelimi [6].

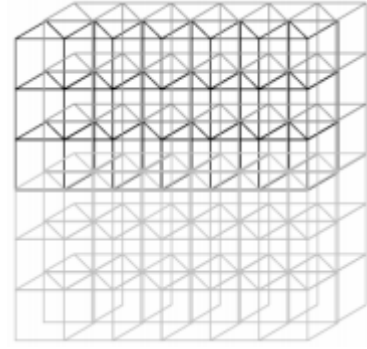
Sıvı kristal fazlar içerisinde en düzensiz yapı nematik fazlarda meydana gelmektedir. Nematik sıvı kristallerin elektrik alana cevap sürelerinin milisaniye mertebelerinde olması bu tip elektro-optik cihazlarda yaygın olarak kullanılmalarına imkân sağlamaktadır [6].

2.1.2.2. Simektik sıvı kristaller

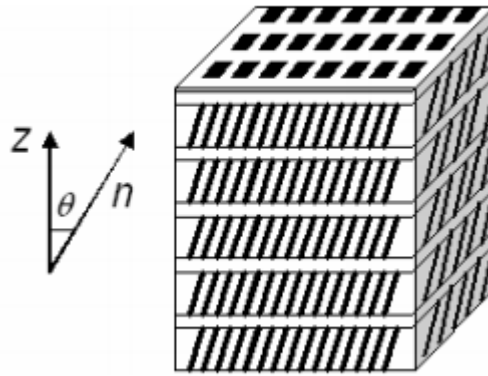
Bu fazdaki moleküller için yönelim düzenine ek olarak konumsal düzen de söz konusudur. Ortam içinde moleküllerin tabakalı bir yerleşim sergiledikleri gözlenmektedir. Dolayısıyla moleküllerin kendi etraflarında dönmeleri serbest olmakla birlikte tabakalar arasındaki geçişleri yoktur. Bu fazda tabaka düzlemlerinin birbiri üzerinden serbestçe hareket edebildikleri varsayılmaktadır. A,B,C ile simgelenen 9 farklı tipteki simektik alt sınıf kategorize edilmiştir. Bu kategorizasyon X-ışını kırınım deneyleri ve polarize mikroskop gözlemleri ile gerçekleştirilmiştir. Simektik A'da moleküller tabaka düzlemine dik olacak şekilde yönelmişlerken, simektik C'de ise moleküllerin yönelimi tabaka düzlemiyle açı yapmaktadır. Simektik B fazı ise hekzogonal bir paketlenme düzeni göstermekte ve bu fazın bazı özellikleri sıvı kristalden çok katı kristale benzemektedir [5].



Simektik A

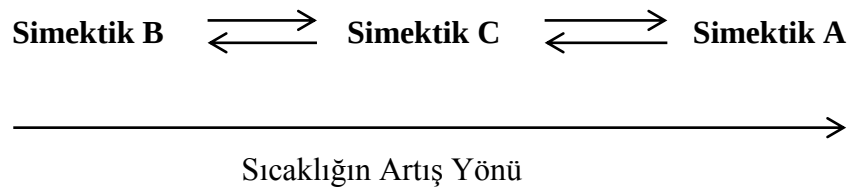


Simektik B



Simektik C

Şekil 2.5. Simektik sıvı kristaller[5].



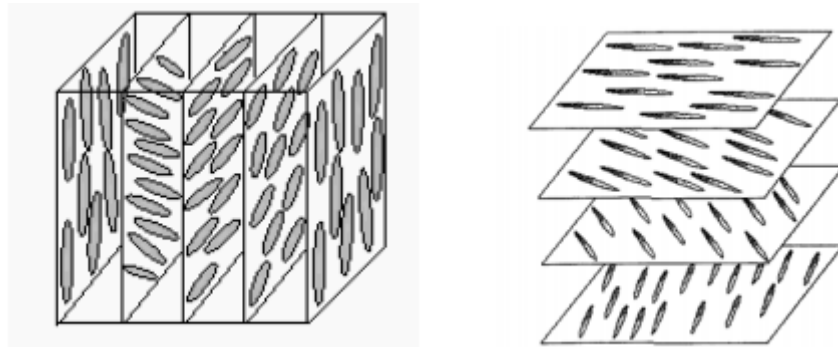
Şekil 2.6. Simektik kristallerde ara fazların sıcaklığa göre değişimi [5].

Şayet bir sıvı kristal her üç simektik fazda da bulunabiliyorsa ara fazların sıcaklığa göre değişimi Şekil 2.6’da gösterildiği gibi oluşmaktadır.

2.1.2.3. Kolesterik sıvı kristaller

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

Bu cihazlar elektronik devrelerin veya mikro yapıların kusurlarının belirlenmesinde, şok dalgalarının uçakların yüzeylerindeki etkilerinin incelenmesinde ve hastalıklı dokuların teşhisinde güvenle kullanılmaktadır [7].



Şekil 2.7. Kolesterik sıvı kristallerde moleküllerdeki yönelim değişiminin helisel burulması [7].

Termotropik sıvı kristaller polarize mikroskopla incelendiklerinde, sıcaklık değişimlerine bağlı olarak faz geçişleri gözlenebilmektedir [7].

Sergiledikleri karakteristik desenler ve bu fazların molekül yapıları Tablo 1 de gösterilmiştir. Termotropik sıvı kristal göstermekte olan bir madde kristal haldeyken ısıtılmaya başlanınca erime noktasında bulanık bir sıvıya dönüşür[6].

Isıtma işlemine devam edilince izotropik sıvı özelliği göstereceği başka bir geçiş noktasından geçmektedir. Termotropik sıvı kristaller hal değişimleri sırasında tek basamaklı geçiş yerine ara fazlar içeren kademeli geçişler sergilemektedirler. Sıcaklığın artması sırasında geçirilen faz kademeleri sıcaklığın azaltılması durumunda aynı sırayla geri yönde işlemektedir. Termotropik sıvı kristallerde sıcaklık değişimine bağlı olarak gerçekleşebilen sıvı kristal faz geçişleri Tablo 2 de gösterilmiştir[6].

Tablo 1. Termotropik sıvı kristallerin sergiledikleri karakteristik desenler ve fazların molekül yapıları [6].

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

Tablo 2. Termotropik sıvı kristallerde sıcaklık değişimine bağlı olarak gerçekleşebilen sıvı kristal faz geçişleri [6].

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

3. SIVI KRİSTALLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Lazer teknolojisindeki ilerlemeler sonrasında malzemelerin optik özellikleri kolaylıkla incelenebilmektedir [8]. Sıvı kristaller sıradan olmayan özellikleriyle optik yönden ilginç özelliklere sahip malzemelerdir. Bu malzemelerde, moleküler yönelim mertebesi ve ortalama moleküler yönelim, dış etkilerle değişebilir ki bu etkiler mekanik gerginlik, manyetik veya elektrik alan gibi etkilerdir. Sıvı kristaller ileri seviyede çift kırıcı maddelerdir ve yüksek elektro-optik ve magneto-optik katsayılarına sahiptirler [8].

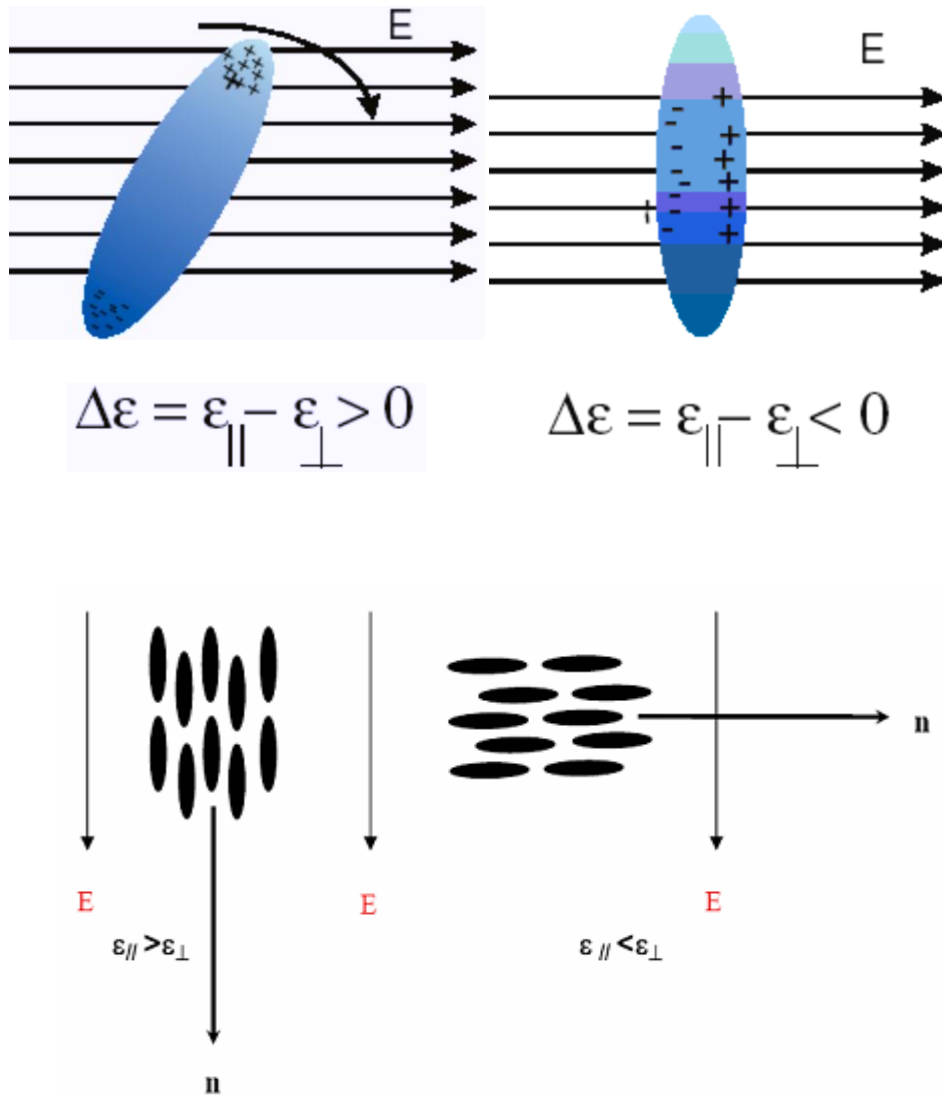
3.1. Sıvı Kristallerin Optik Özellikleri

Nematik sıvı kristaller ortam çift kırıcı özellikte olup, doğrultu ve buna dik yönde ölçülen kırılma indisleri arasında belirgin bir fark ortaya çıkmaktadır. Böyle bir madde sıvılara ait akışkanlık özelliklerine sahip olmakla ancak elektrik, manyetik ve optik özellikleriyle anizotropi özellik göstermektedir. Nematik sıvı kristallerin optik özellikleri elektrik ve manyetik alan gibi dış etkilere karşı son derece hassastır ve sahip olunan moleküler yönelim uygulanan bir elektrik alan ile değişebilmektedir. Nematik sıvı kristaller üzerine bir dış elektrik alan uygulandığında, ortamdaki esneklik kuvvetleri molekülleri önceki konumları muhafaza etmeye zorlar. Normal olarak kalıcı veya indüklenmeli elektriksel dipole sahip olan moleküller ise hangi fazda olurlarsa olsunlar uygulanan bir alan boyunca düzensiz hareketleri alan boyunca yönelmek eğilimindedirler. Sıvılarda moleküllerin düzensiz hareketleri alan boyunca yönelme şansını ortadan kaldırırken, katılarda moleküller arası bağ kuvvetli olduğundan yönelimin gerçekleşmesi zordur. Sıvı kristal ortamındaki moleküller ise uygulanan dış alana karşı tepki göstermektedirler ve dielektrik sabiti; uygulanan alan ile sıvı kristal madde arasındaki etkileşimin ölçüsünü göstermekte ve ortamın dielektrik anizotropisi [9];

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

Şeklinde tanımlanmaktadır. Denklem 3.1 de, $\epsilon_{//}$ ve $\epsilon_{\perp}$ ise sırasıyla elektrik alana paralel ve dik yönde ölçülen dielektrik sabitlerdir.

Dielektrik anizotropinin iki tipi vardır. Birincisi pozitif dielektrik anizotropi olarak isimlendirilir (p-tipi) ve yönelim eksen boyunca dielektrik sabiti doğrultu eksene dik alan boyunca daha büyüktür. $\Delta\epsilon$ bu durumda sıfırdan büyüktür. Yönelim doğrultu eksenini boyunca olan pozitif dielektrik sabiti, doğrultuya dik eksen boyunca olandan daha büyük olup bu durumda $\Delta\epsilon > 0$ şeklindedir. İkinci tip ise, negatif dielektrik anizotropidir ve $\Delta\epsilon < 0$ şeklindedir [9, 10]. $\Delta\epsilon > 0$ büyük sıfır ise doğrultu elektrik alana paralel, toplam $\Delta\epsilon < 0$ ise alana dik olarak yönelir.



Şekil 3.1. Dielektrik sabiti uygulanan alan ile sıvı kristal madde arasındaki etkileşim [9].

Şekil 3.1’de açıklanan durumun çift kırıcılık olayının başka bir yansıması olduğunu anlamak için kırılma indisiyle dielektrik sabiti arasındaki ilişkiyi hatırlamak yeterlidir.

Polarize bir ışık demeti sıvı kristale girdiği zaman iki demete ayrılır, bu demetlerde düzlem polarizedir. Elektrik alan vektörleri dik yönelimlerde olup sıvı kristal ortamda farklı hızlarda yayılmaktadır ve bu nedenle iki farklı kırılma indisi oluşmaktadır.

4. NANO YAPILI OKSİT MALZEMELER

Geniş enerji bant aralıklı metal oksitler; yüksek elektriksel iletkenlik, görünür bölgede yüksek optik geçirgenlik ve IR bölgesinde yüksek yansıtma özelliği göstermektedirler. Metal oksit malzemelerin bu özellikleri onların birçok farklı uygulama alanlarında kullanımına imkan sağlarken özellikle son yıllarda metal oksit malzeme grubundan olan ZnO, ITO (indiyum kalay oksit), SnO₂, CdO gibi malzemeler, elektronik devre elemanları, kimyasal sensörler, piezoelektrik çevirici, ışık yayan diyotlar, fotovoltaiik güneş pilleri, saydam elektrotlar vb. uygulama alanlarından dolayı ilgi odağı olmuşlardır [11,12,13,14,15].

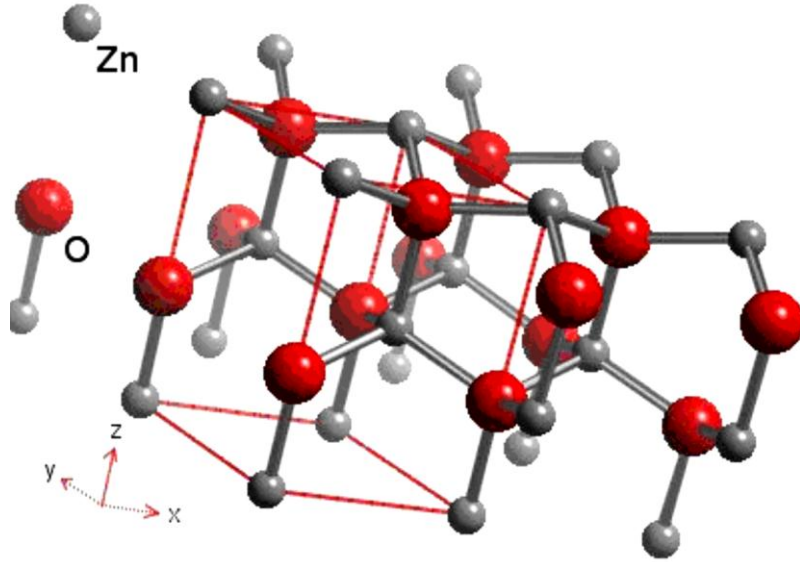
Metal oksit malzemelerin kullanıldığı diğer uygulama alanları arasında düşük dayanımlı ve elektro-kromik pencereler, daha geniş ve düz ekranlı televizyonlar, daha geniş ve yüksek çözünürlüklü taşınabilir bilgisayarlar, önemi her geçen gün artan ince film fotovoltaiikleri vb. iyi tasarımı yeni nesil aygıtları sayabiliriz. Özellikle metal oksit malzemelerin üretiminde katkılama yeteneğinin arttırılması için teorik ve deneysel çalışmalar yoğun bir şekilde çalışılmaktadır. Uzun yıllardır çalışmaların deneysel olduğu ve ZnO ile ITO' in türevleri üzerinde odaklanıldığını düşündüğümüzde, son yıllarda metal oksit teknolojisinin ne kadar hızlı bir gelişim gösterdiği açıkça görülmektedir. Bu durum sadece aygıtlarda daha yüksek performans sağlamakla ilgili değil aynı zamanda geçiş metali tabanlı oksitlerin elektro optik aygıtlardaki artan önemi ile de ilgilidir. Endüstriyel perspektifi baz alan yeni n-tipi ve p-tipi malzemeler, yeni çöktürme tekniklerini araştıran ve malzemelerin kendilerini olduğu kadar performans sınırlarını da inceleyen çalışmaların sayısı son yıllarda giderek artmaktadır [16,17].

4.1. Çinko Oksit (ZnO)

ZnO elektroseramik malzemeler arasında en çok tercih edilenlerden malzemedir. ZnO geniş band aralıklı yarıiletken bileşiklere iyi bir örnektir. ZnO wurstizit tipi kafes yapısında ve direk geçiş tipi band yapısında olup, oda sıcaklığında 3,2 eV enerji band aralığına sahiptir (Şekil 4.1)[18]. Wurstizit yapısındaki ZnO varistör, film kaplama gibi çeşitli uygulama alanlarında kullanılmaktadır[19]. Çinko oksitin yarıiletkenliğine etki eden önemli bir parametre ise ısı olarak karşımıza çıkmaktadır. Örneğin ZnO' i 900°C' de iki saat ısıtıl işlem uygularsak iletkenlikte oldukça iyileşme sağlanabilirken fakat aynı etki

redükleyici atmosferde birkaç dakika ısıtılma işlemi ile elde edilebilmektedir. Ayrıca iletkenliği iki parametre ile değişebilmektedir; yani ölçüm sıcaklığının artması ile iletkenliğinin artması (yarıiletkenlerin karakteristiği) ve oksijen basıncındaki artış ile azalması şeklindedir. Bu durum ısıtılma işlemi ve redükleyici atmosfer ile ara yerdaki çinko atomlarının çinko oksit yapısındaki oluşumundan dolayı yarıiletken özellikleri kontrol edilebilmektedir. Wagner [20] çalışmalarında 600°C’ de her fazla çinko iyonunun iki elektron bırakarak artı iki değerlikli hale geldiğini belirlemiştir.

Elektriksel iletkenlikteki artışın elektron boşluklarından kaynaklanan yük taşıyıcılarından oluştuğunu belirtmiştir[20].



Sekil 4.1. ZnO’ in kristal yapısı [21].

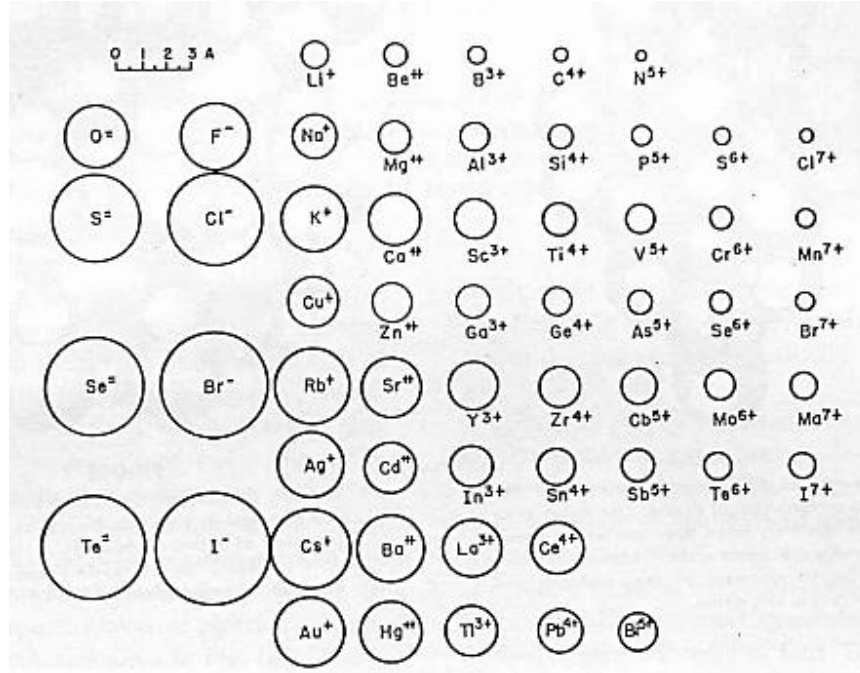
Latis sabitleri $y = 3,250 \text{ \AA}$ ve $z = 5,206 \text{ \AA}$ ’dır. z/y oranı 1,60’tır ve ideal olan 1,633’den çok az bir miktar küçüktür. Zn ve O arasındaki mesafe z yönüne paralel olarak $1,992 \text{ \AA}$ ve diğer üç yönde $1,973 \text{ \AA}$ ’dır. Özgül ağırlığı $5,72 \text{ gr/cm}^3$ ’dür [21].

Araştırmacılar bu gelişmelerden sonra kristal yapıdaki hatalardan kaynaklanan katı hal özellikleri üzerinde yoğunlaşmış ve incelemeler sonucunda pek çok çeşitli kristal hatalar bulunmuş ve bunların kristal özellikleri üzerindeki etkileri çalışılmıştır.

Çinko oksitte görülen temel özellikler şunlardır:

- Yüzey gerilmesi nedeniyle kristalin distorsiyonu
- Zn veya O atomunun daha küçük atom ile yer değiştirmesi
- Zn veya O atomunun daha büyük atom ile yer değiştirmesi
- Fazla Zn gibi arayer atomlarının yapıya girmesi.

Burada anlatılan yer değiştirmenin hangi atomlar arasında olabileceği şekil 4.2' ye bakılarak açıklanabilir.



şekil 4.2. Atomlar yüküne veya valansına ve elementine göre çapını gösteren tablo [20].

4.2. Nikel Oksit (NiO)

Nanometre boyuttaki nikel oksidin sentezi için günümüzde çok farklı yöntemler kullanılmaktadır. Sulu özeltide çöktürme, sol-gel metodu, katı hal tepkimesi, piroliz, mikroemülsiyon gibi farklı yöntemler en çok kullanılan yöntemlerdir [22]. Hazırlama yöntemleri arasına katı hal tepkimesinin, yüksek ürün verimi ve düşük enerji tüketimi gibi avantajları bulunmaktadır [23]. Hazırlanmasında kullanılan yöntemlerden biri olan sol-gel yönteminde ise yüksek basınç ve sıcaklıklara gerek duyulmadan kolay ve basit bir şekilde hazırlama imkanı sunmaktadır.

Nikel oksit ince seramik tozları, manyetik materyallerde, katalizde, pil katotlarında, elektrokromik filmlerde, p-türü transparan iletken filmlerde, gaz sensörlerinde, alkali batarya katodunda ve katı oksit yakıt hücrelerindeki (SOFCs) anodun yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır [24].

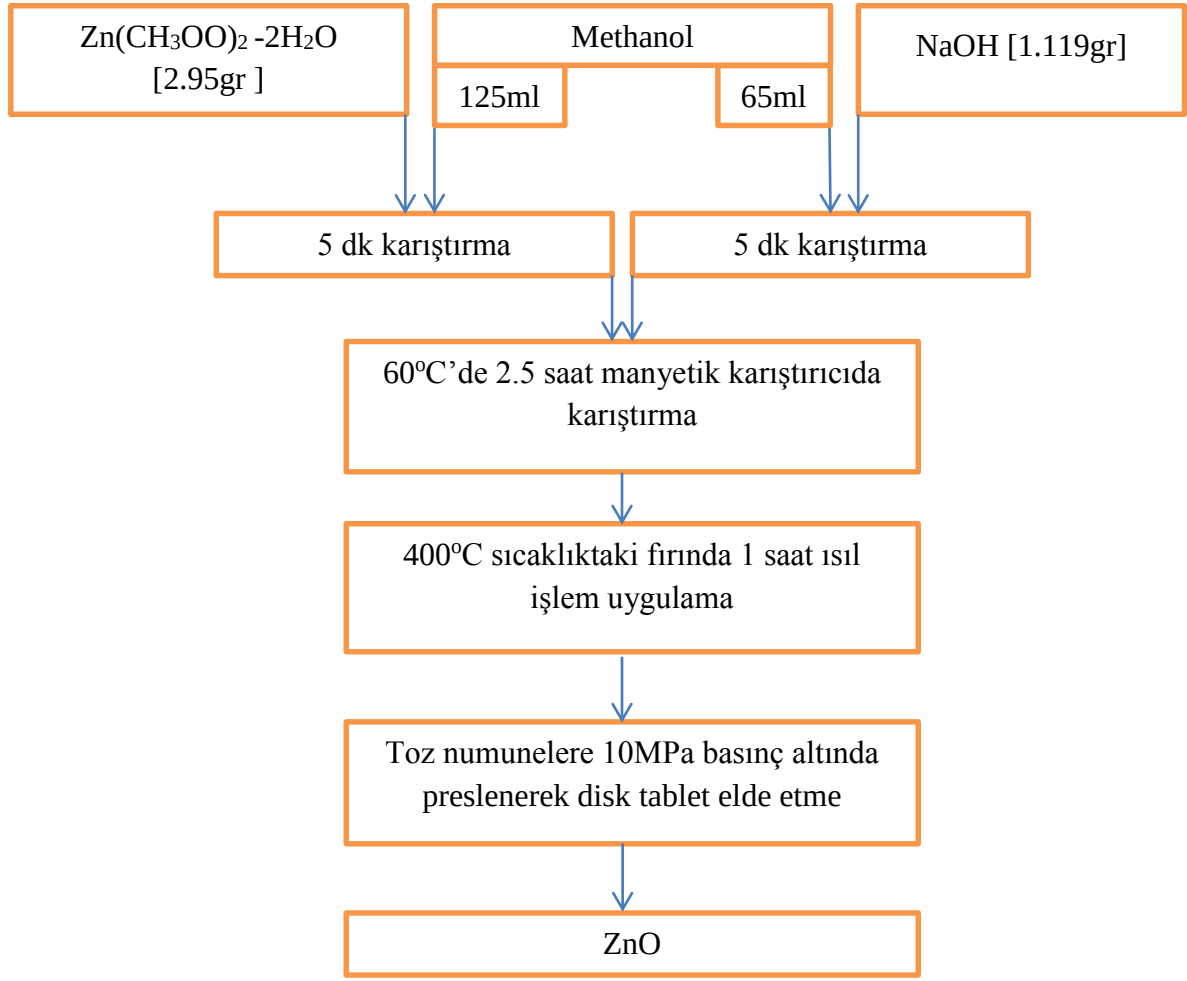
Nikel oksit son zamanlarda katalitik, elektronik ve manyetik özellikleriyle büyük bir ilgi çekmekte ve birçok araştırmacı tarafından araştırılan önemli bir malzeme olmuştur [25].

5. MATERYAL VE METOT

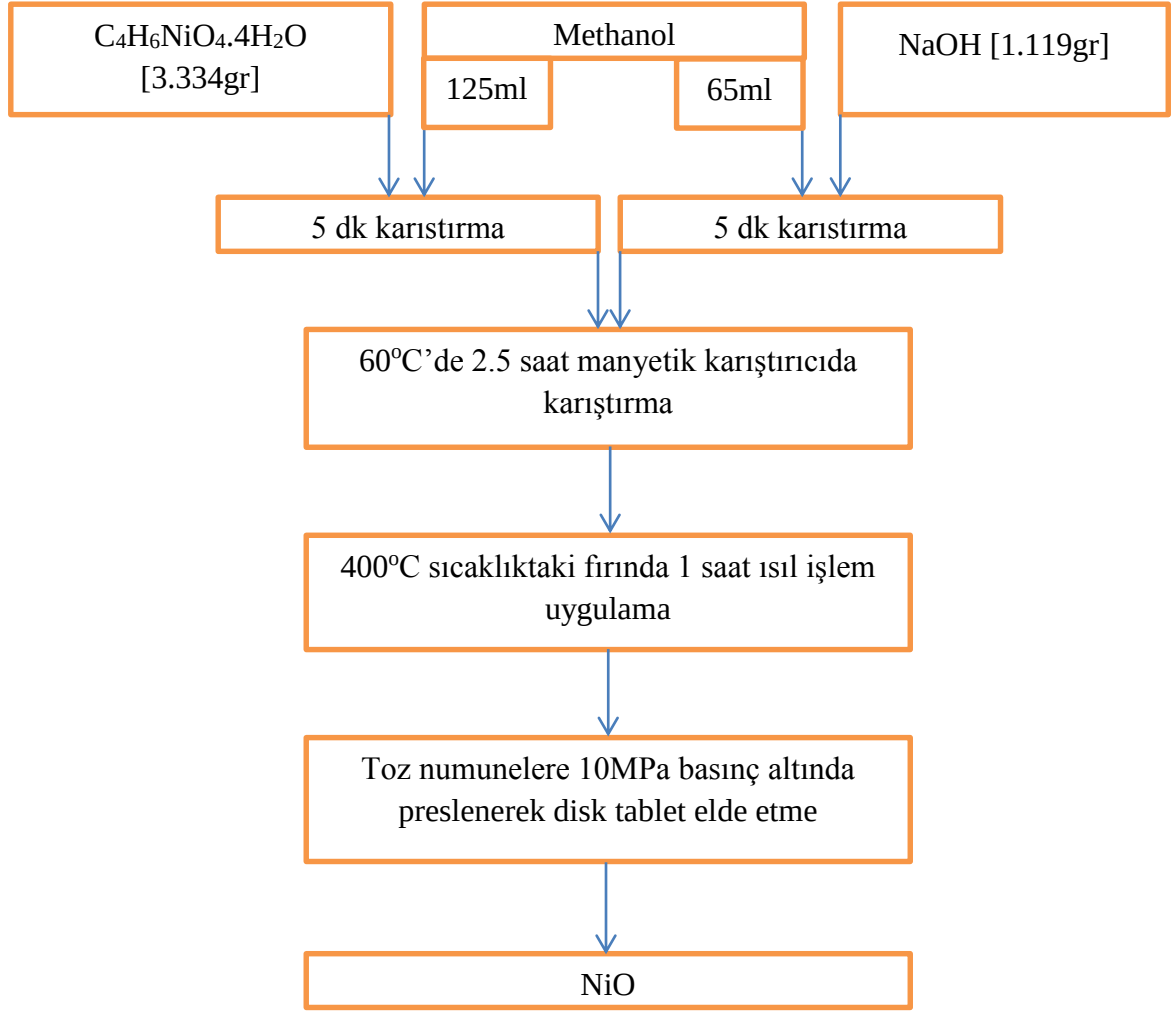
5.1. Deneysel İşlemler

Katkısız ZnO ve NiO numunelerinin hazırlanması işleminde kimyasal çöktürme yöntemi kullanılmış, ZnO için çinko asetat (zinc acetate), $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, NiO için ise Nickel(II) acetate tetrahydrate ($\text{C}_4\text{H}_6\text{NiO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) kullanılarak hazırlanan her iki çözeltiye NaOH eklenmiştir ve stabilizatör olarak ta methanol kullanılmıştır.

Katkısız ZnO ve NiO numunelerinin çözeltisi 60 °C’de manyetik karıştırıcıda 2.5 saat karıştırılıp saydam ve homojen çözelti elde edildikten sonra çözeltiler 5’er dakika santrifüj yapıp 3’er kez methanol ile yıkanarak süzgeç kağıdı ile süzölmüştür. Süzülen ZnO ve NiO numuneleri 50°C’de ısıtıcının üzerinde 1,5 saat bekletildikten sonra fırında 400°C sıcaklıkta 1 saat ısıtılma işlemine tabi tutulup daha sonra fırın içerisinde soğumaya bırakılmıştır. Elde edilen ZnO ve NiO numuneler havan içerisinde dövölüp toz haline getirilmiş ve elde edilen toz numunelerin bir kısmı 10MPa basınç altında preslenerek disk şeklinde tablet numuneler haline dönüştürölmüş ve hazırlanan disk şeklindeki bu tablet numunelerin kalınlıkları ZnO numunesi için 0.538mm, NiO numunesi için 0.748mm olarak ölçölmüştür. Çalışma süresince ZnO ve NiO numunelerinin hazırlanma süreci şekil 5.1 ve şekil 5.2 de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.1. ZnO numunesinin hazırlanma sürecinin şematik gösterimi.



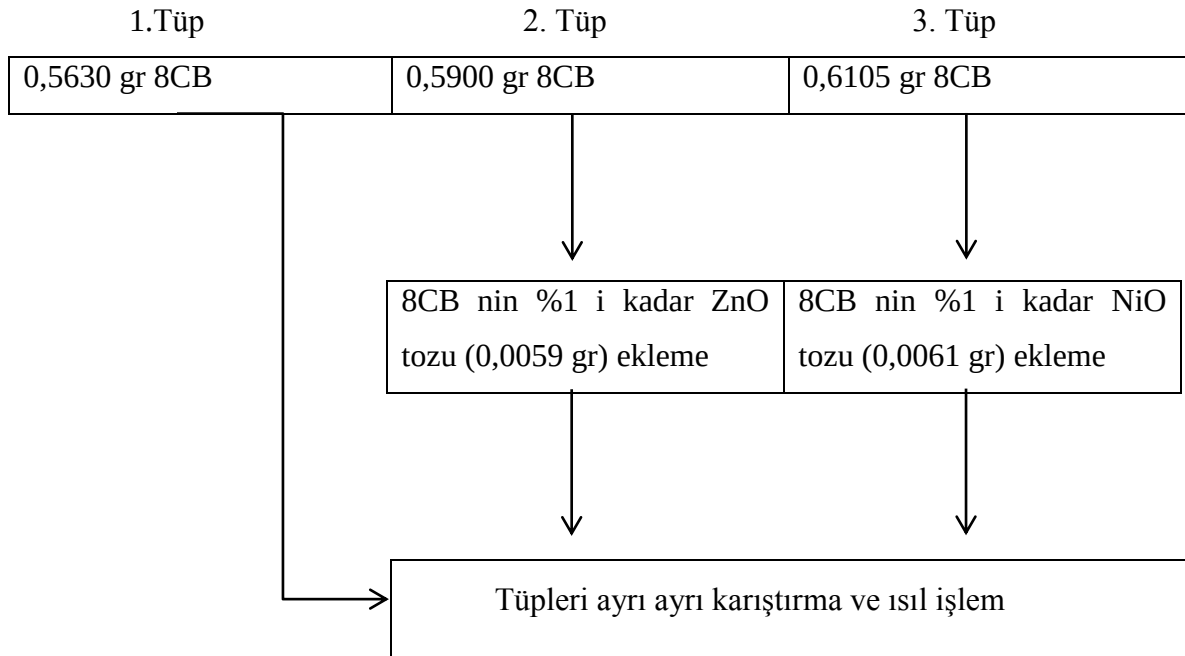
Şekil 5.2. NiO numunesinin hazırlanma sürecinin şematik gösterimi.

5.2. Sıvı Kristal Hücrelerin Hazırlanması

Sıvı kristal sistemleri çok hassas olduğundan hazırlanmaları sırasında yapılan tartımlar çok duyarlılık gerektirir. Bu nedenlerle sistemlerin incelenmesi, araştırılması ve ölçümlerin yapılması hususunda gösterilen hassasiyet ve titizlik laboratuvar malzemelerinin temizliği konusunda da aynen gösterilmelidir. Sıvı kristal sistemin hazırlanması ve incelenmesi sırasında kullanılan spatüller, tüpler, enjektörler, vb. malzemeler her kullanım öncesi alkol ve aseton ile dezenfekte edilmeli ve saf su ile yıkanıp durulanmalıdır. Bu hususta gerekli hassasiyet gösterilmiştir.

Hazırlanan sıvı kristallerin elektro-optik ölçümleri malzemelerin hazırlandığı ortamın dışında farklı bir laboratuvarında yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan organik bileşikler, 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile (8CB), ZnO katkılı 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile (8CB), NiO katkılı 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile (8CB) malzemeleridir.

Numuneler hazırlanırken önce elektronik terazide tartımları yapıldı ve hazırlanan sıvı kristaller 3 adet 0,2 ml PCR tüpüne dolduruldu, sırasıyla vorteks ve ultrasonik karıştırıcılarda karıştırıldı ve karışımın daha iyi olabilmesi için, zaman zaman ısıl işleme tabi tutuldu. PCR tüplerine doldurulan saf 8CB, ZnO katkılı 8CB ve NiO katkılı 8CB sıvı kristal numuneleri şekil 5.4’ de gösterilmiştir. Çalışma süresince sıvı kristal numunelerinin hazırlanma süreci şekil 5.3’ de şematik olarak gösterilmiştir.

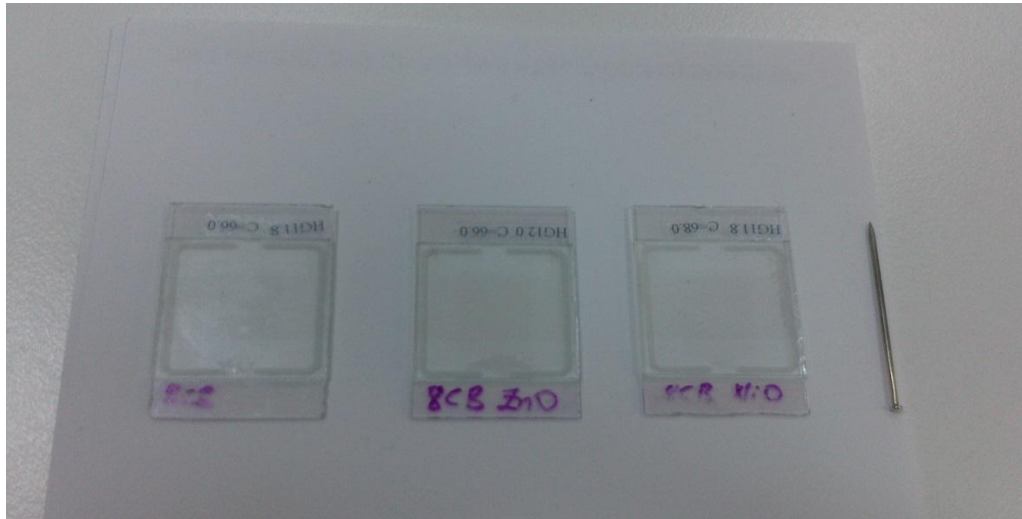


Şekil 5.3. Saf 8CB, ZnO katkılı 8CB ve NiO katkılı 8CB sıvı kristal numunelerinin hazırlanma sürecinin şematik gösterimi.



Şekil 5.4. PCR tüplerine doldurulan saf 8CB, ZnO katkılı 8CB ve NiO katkılı 8CB sıvı kristal numuneleri.

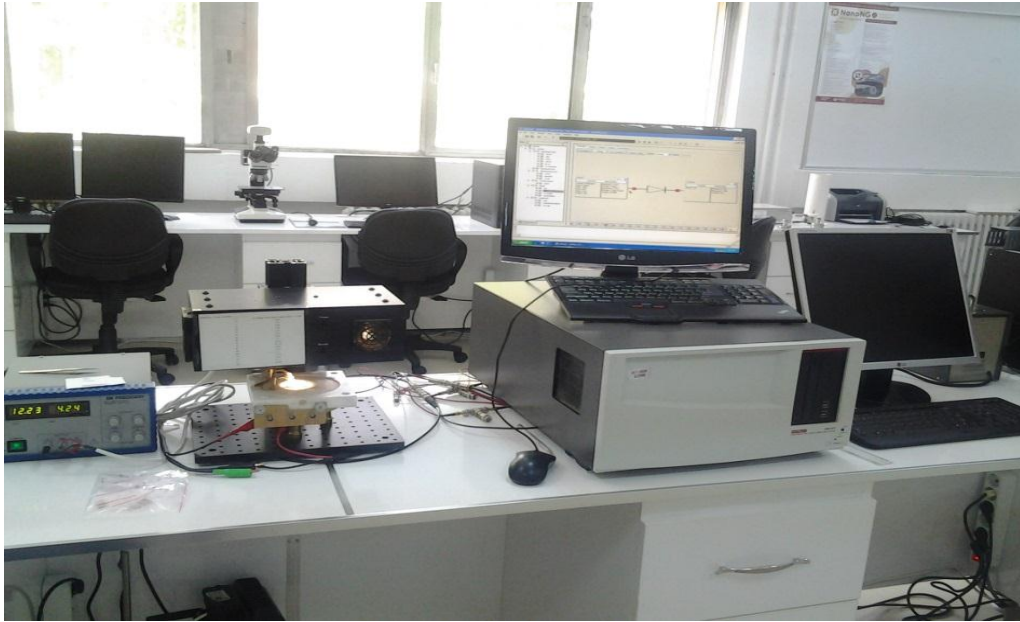
Hazırlanan 8CB, ZnO katkılı 8CB, ve NiO katkılı 8CB numuneleri insülin enjektör yardımı ile indiyum tin oksit (ITO) kaplı sıvı kristal hücrelere doldurularak kapasite-voltaj ve akım-voltaj ölçümleri şekil 5.7’de gösterilen KEITHLEY 4200 SCS düzeneği yardımıyla yapıldı. Hazırlanan (ITO) kaplı sıvı kristal hücreler şekil 5.5’de ve sıvı kristal hücreleri doldurmak için kullanılan insülin enjektör ise şekil 5.6’da gösterilmiştir. Hazırlanan sıvı kristal hücrelerin kalınlığı, 8CB için 5,3 μm ; ZnO katkılı 8CB için 5,1 μm ; NiO katkılı 8CB için 5,3 μm ’dir.



Şekil 5.5. Hazırlanan (ITO) kaplı sıvı kristal hücreler.



Şekil 5.6. Sıvı kristal hücreleri doldurmak için kullanılan insülin enjektör.



Şekil 5.7. Elektriksel ölçümler için deney düzeneği.

5.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntülemeleri ve Enerji Dağılımı X-Işını (EDX) Analizleri

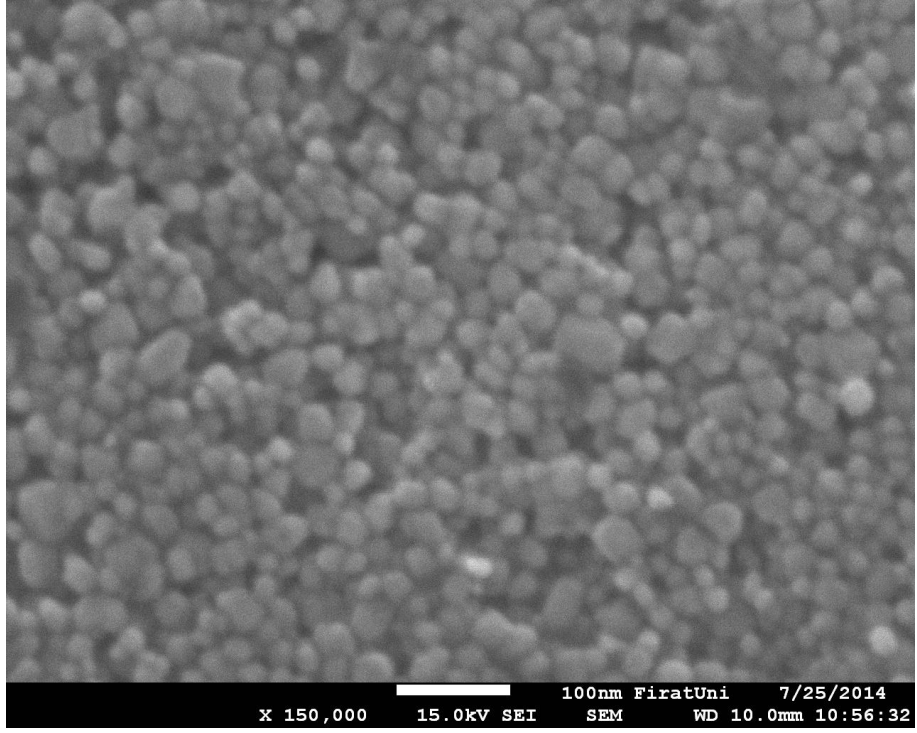
Elde edilen tüm numunelerin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntülemeleri ve enerji dağılımlı X-ışını (EDX) analizleri, JEOL JSM 7001F elektron mikroskobu ve buna bağlı Oxford INCAx-actdetektörü vasıtasıyla yapılmıştır.

Daha önceden hazırlanan numunelerin yüzeyleri Denton Vacuum Desk V cihazı ile temizlenip, buna müteakip 1 dk boyunca altın ile kaplanarak SEM incelemeleri yapılmış ve inceleme yapılan yüzeyler üzerinden EDX analizleri alınmıştır.

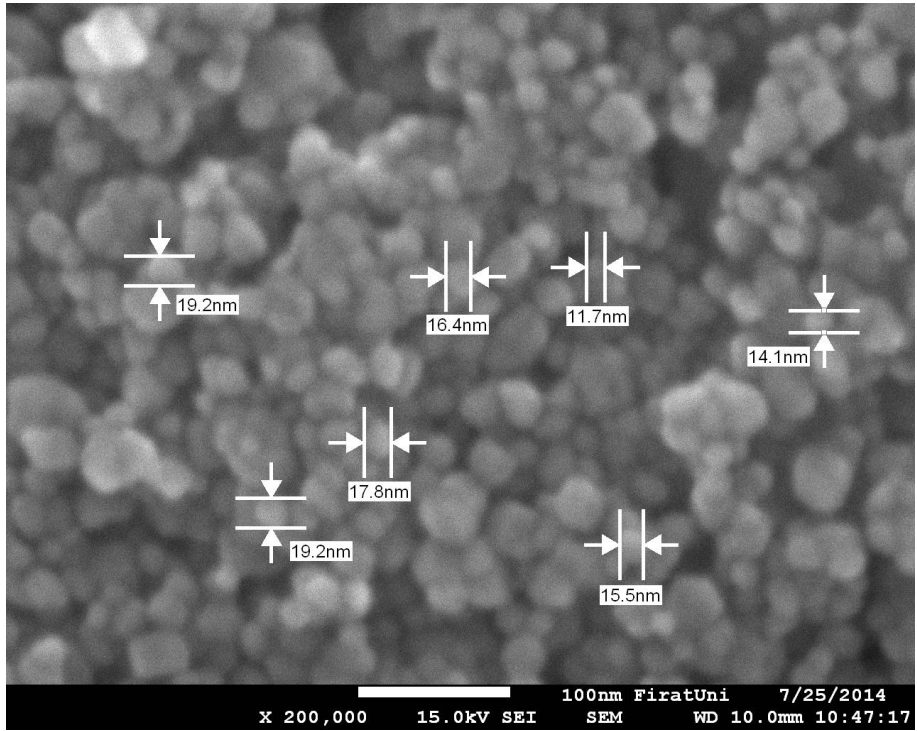
5.3.1. SEM Görüntüleri ve EDX Analiz Sonuçları

Tüm numuneler için farklı büyütme oranlarında alınan taramalı elektron mikroskobu (SEM) fotoğrafları ve bu fotoğraflar içinde de 30000X büyütme oranında çekilen SEM görüntüsüne ait enerji dağılımı X-ışını (EDX) spektrumu analiz sonuçları verilmiştir.

ZnO tozlarına ait iki farklı büyütme oranlarındaki SEM görüntülemeleri Şekil 5.8'de ve bunlara ait EDX spektrum desenleri, analiz sonuçları ile birlikte Şekil 5.9'da verilmiştir. NiO tozlarına ait iki farklı büyütme oranlarındaki SEM görüntülemeleri Şekil 5.10'da ve bunlara ait EDX spektrum desenleri, analiz sonuçları ile birlikte Şekil 5.11'de verilmiştir. ZnO ve NiO toz numunelerinin EDX spektrum sonuçları tablo 3-4'de verilmiştir.

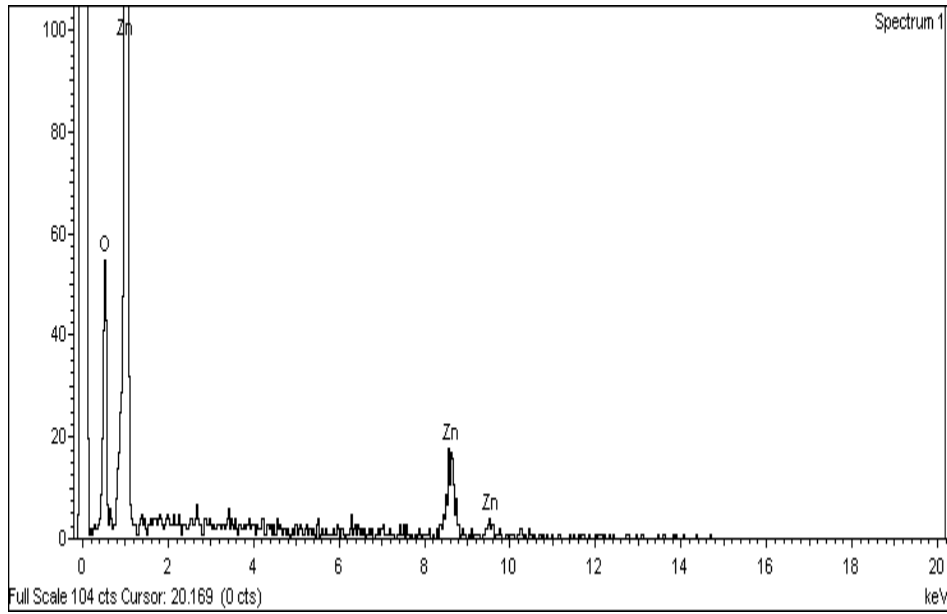
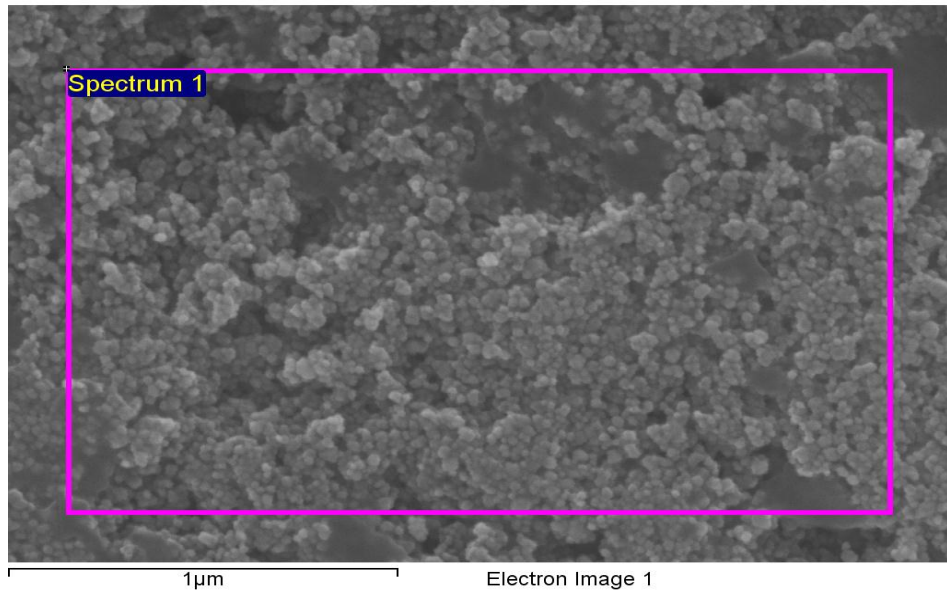


(a)



(b)

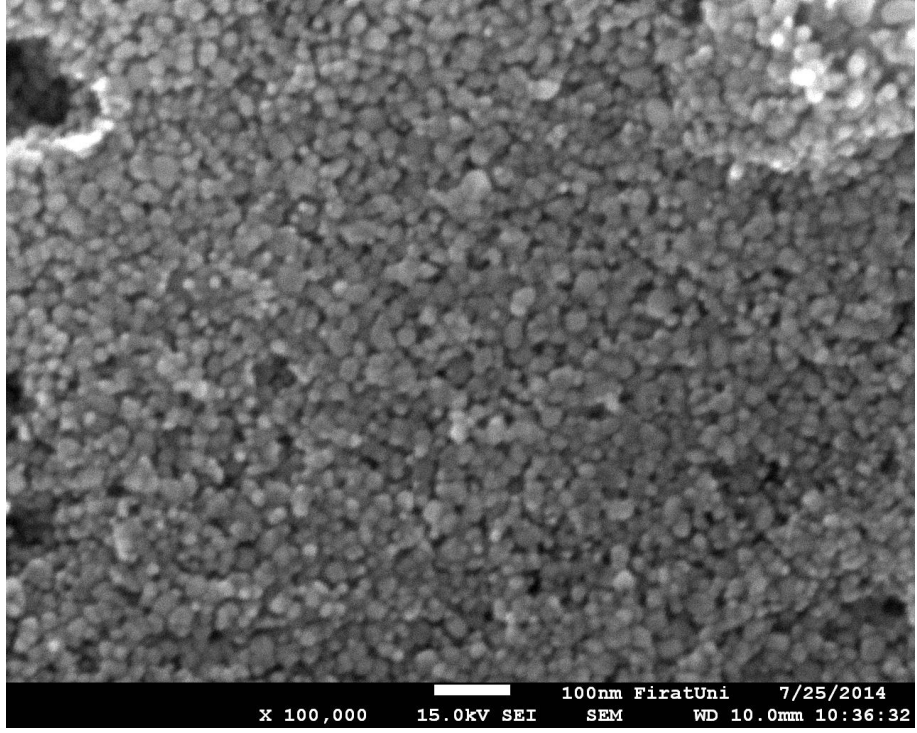
Şekil 5.8. ZnO numunesinin a) 150000X büyütme oranı b) 200000X büyütme oranı ile SEM görüntüleri



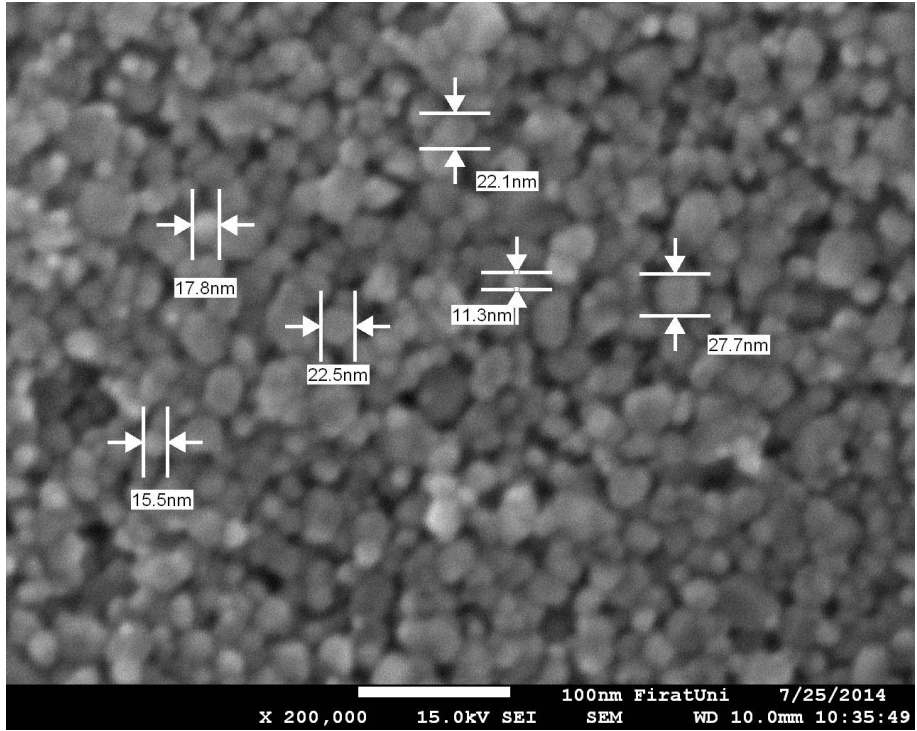
Şekil 5.9. ZnO numunesinin 30000X büyütme oranındaki EDX spektrumu

Tablo 3. Şekil 5.9’da verilen EDX spektrum sonucu

Element	Ağırlıkça oran (%)	Atomik oran (%)
Zn	74.93	42.25
O	25.07	57.75
Toplam	100	100

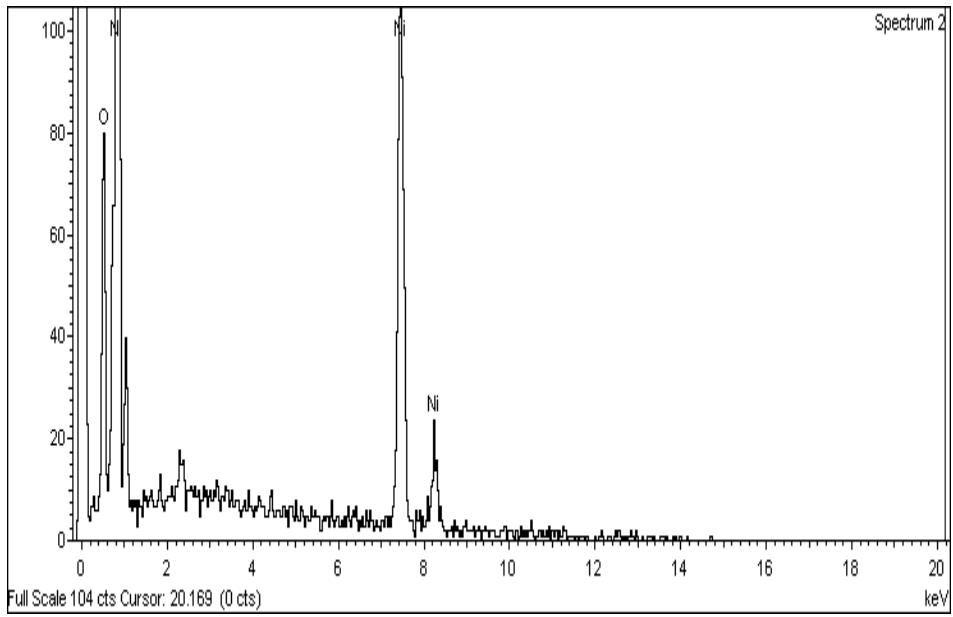
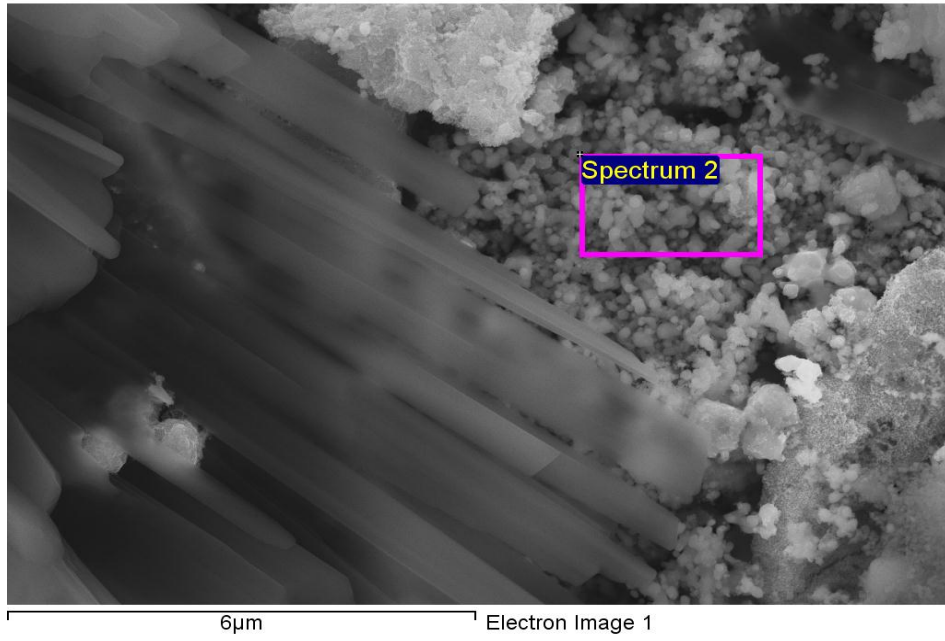


(a)



(b)

Şekil 5.10. NiO numunesinin a) 100000X büyütme oranı b) 200000X büyütme oranı ile SEM görüntüleri



Şekil 5.11. NiO numunesinin 30000X büyütme oranındaki EDX spektrumu

Tablo 4. Şekil 5.11’de verilen EDX spektrum sonucu

Element	Ağırlıkça oran (%)	Atomik oran (%)
Ni	88.35	67.38
O	11.65	32.62
Toplam	100	100

SEM görüntülerinden nano boyutta tanelerin olduğu görülmüştür. Morfolojik olarak incelendiğinde partiküllerin homojen olarak dağıldığı fakat topaklaşmaların da olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin havadaki nem ve nano boyutlu taneler arası çekim kuvvetinin yüksek olmasından ileri geldiği düşünülmektedir.

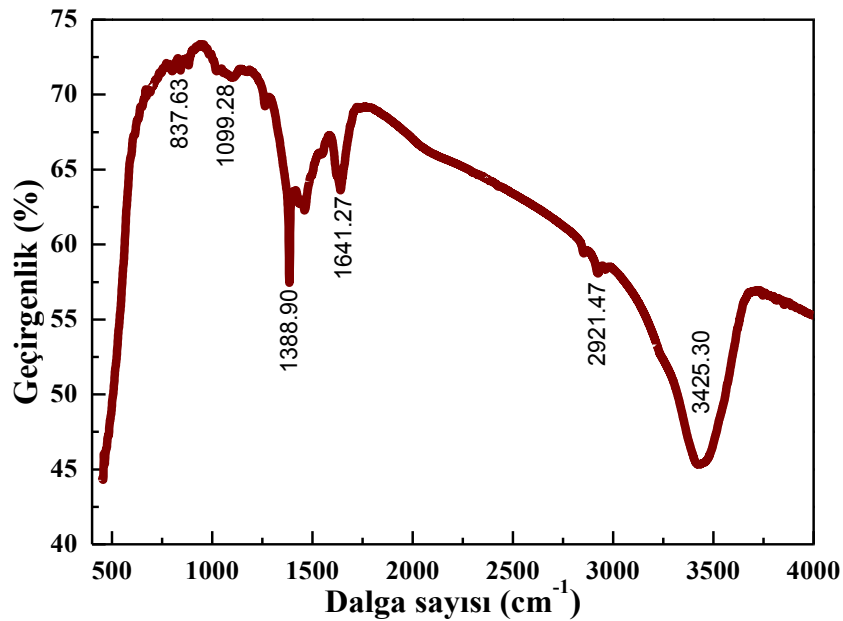
Kimyasal çöktürme yöntemi ile sentezlenen ZnO tozların EDX cihazında yapılan analizlerinde elementel olarak yüksek şiddette Zn ve O pikleri, NiO tozların ise elementsel olarak yüksek şiddette Ni ve O pikleri elde edilmiştir. Ayrıca EDX analizinde başka herhangi bir yapıya rastlanmadığı ve üretilen ZnO ve NiO nanotozun atomik olarakta literatür ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

5.4. Numunelerin FT-IR Ölçümleri

Sentezlenen tozların kimyasal bağlarını tespit etmek amacı ile Perkin Elmer marka Spectrum FT-IR Spectrometer cihazı kullanılmış ve FT-IR Spektroskopi Cihazı (Perkin Elmer, Spectrum) ile IR spektrumları elde edilmiştir. IR spektrumları $4500-450\text{ cm}^{-1}$ dalga boyu aralığında çekilmiştir.

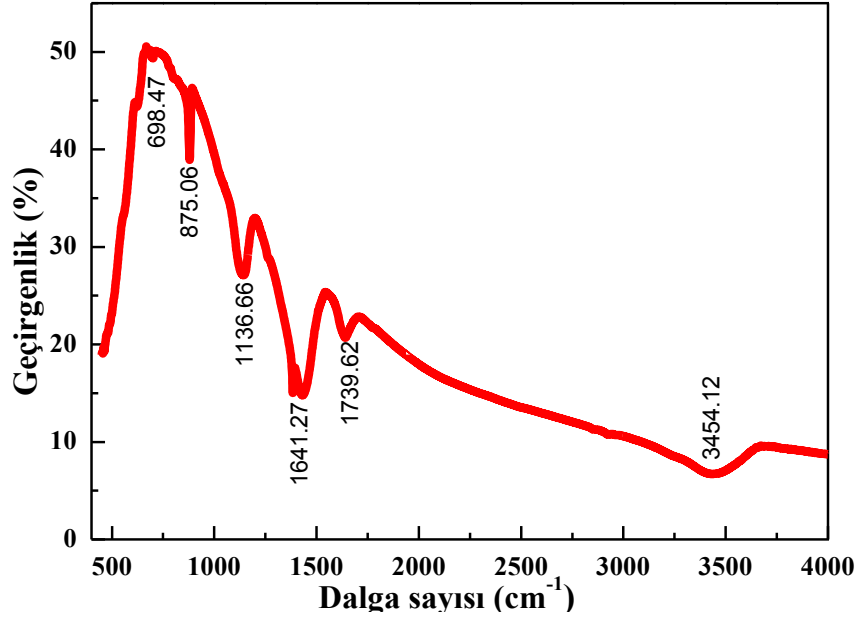
5.4.1. FT-IR Analiz Sonuçları

ZnO ve NiO tozların kimyasal bağlarını tespit etmek için FT-IR Spektroskopi Cihazı ile IR spektrumları $4000-450\text{ cm}^{-1}$ dalga boyu aralığında çekilmiştir.



Şekil 5.12. ZnO Tozunun FT-IR spektrumları.

Şekil 5.12’de gösterilen spektrum ZnO analizinde elde edilmiş olup 3425 cm^{-1} piki O=H titreşim pikine, 1390 cm^{-1} ve 1642 cm^{-1} pikleri ise C=O titreşim piklerine karşılık gelmektedir. Zn=O titreşim pikide 837 cm^{-1} bölgesinde gözlenmiştir. Bulduğumuz pik değerleri ile literatürdeki pik değerlerinin uyum içinde olduğu gözlenmiştir [26].



Şekil 5.13. NiO Tozunun FT-IR spektrumları.

NiO analizinden elde edilen spektrum şekil 5.13’de gösterilmiştir. 3454 cm^{-1} piki O=H titreşim pikine, 1641 cm^{-1} piki ise H=O=H titreşim pikine karşılık gelmektedir. 875 cm^{-1} piki Ni=O=H titreşim piki olup Ni=O titreşim piki de 698 cm^{-1} bölgesinde gözlemlenmiştir. Bulduğumuz pik değerleri literatürdeki pik değerleri ile uyum içerisinde [27].

5.5. Numunelerin Optik Ölçümleri

Numunelerin optik ölçümleri Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Elektronik Malzeme Laboratuvarı’nda yapılmış ZnO ve NiO numuneleri için oda sıcaklığındaki yansıma (R) değerleri, 200 nm ile 3600 nm dalga boyu aralığında tarama bölgesi olan UV-3600 PC UV-VIS Spektrofotometre cihazından alınmıştır. Değerler ZnO numunesi için 200 nm ile 1200 nm dalgaboyu aralığında, NiO numunesi için ise 200 nm ile 1100 nm dalga boyu aralığında tarama yapılarak elde edilmiştir. Optik ölçüm almak için kullanılan UV-3600 PC UV-VIS Spektrofotometre cihazı şekil 5.14’de gösterilmiştir.

5.5.1. Optik Ölçüm Sonuçları

ZnO numunesi için 200 nm ile 1200 nm aralığında, NiO numunesi için 200 nm ile 1100 nm dalga boyu aralığında yapılan ölçümlerde yansımaya (R) değerleri kullanılarak yansımaya-dalga boyu spektrumları çizilmiştir.

ZnO ve NiO toz numunelerin yasak enerji aralığını (E_g) hesaplamak için Diffuse Reflectance Spectroscopy yöntemi kullanıldı. Ölçülen reflektans değerleri kullanılarak bant aralığının hesaplaması yapıldı. Kubelka Munk formülü aşağıdaki denklem ile ifade edilir.

$$F(R) = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad (5.1)$$

Burada $F(R)$: absorbansa karşılık gelen Kubelka–Munk fonksiyonudur. $F(R)$ değerleri lineer absorpsiyon katsayısına dönüştürülerek yasak enerji aralığı değeri E_g , Absorpsiyon katsayısı α ve gelen foton enerjisi $h\nu$ arasındaki ilişki denklem (5.2) ile belirlenmiştir.

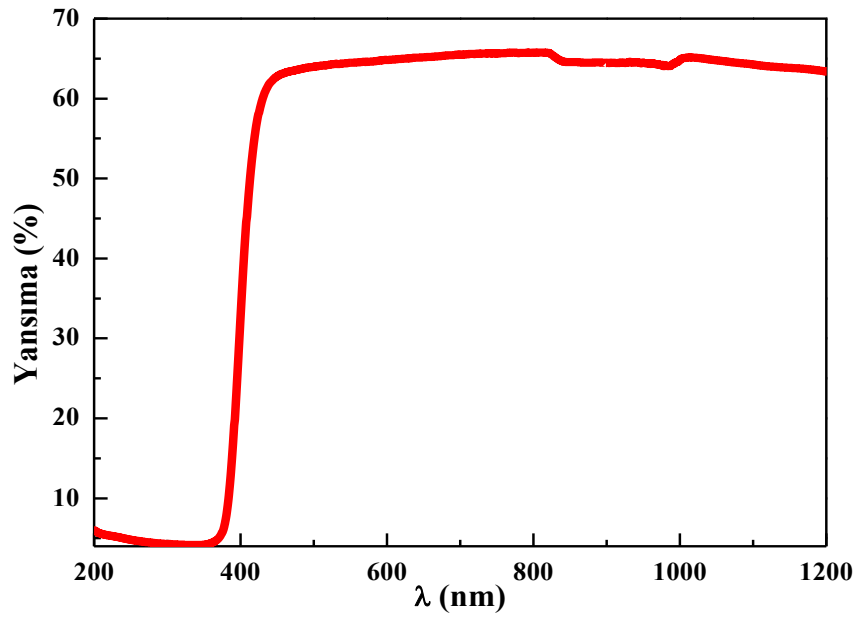
$$\alpha h\nu = A(h\nu - E_g)^n \quad (5.2)$$

Burada A geçiş olasılığına bağlı bir sabit, n : optik absorpsiyon sürecini tanımlayan bir indistir [28]. Böylece $(\alpha h\nu)^{1/n}$ 'nin $h\nu$ (foton enerjisi)'ye karşı grafiği bu parametreler kullanılarak çizilir. Grafiğin lineer olduğu kısımdan çizilen doğrunun $(\alpha h\nu)^{1/n} = 0$ 'da $h\nu$ eksenini kestiği nokta ($h\nu = E_g$)' dan numunelerin yasak enerji aralık değerleri hesaplanmaktadır.

Doğrudan bant geçişlerine sahip malzemelerde n sayısı $\frac{1}{2}$ değerini alırken, dolaylı bant geçişlerine sahip malzemelerde ise $n=2$ değerini alır. $n= \frac{1}{2}$ ve $n=2$ değerleri için $(\alpha h\nu)^{1/n}$ 'in $h\nu$ 'ye karşı grafiklerinde $n= \frac{1}{2}$ için çizilen grafikte en iyi lineer doğru elde edildiğinden numunelerin doğrudan bant geçişi yapısına sahip olduğu, dolayısıyla tüm numuneler için çizilen grafiklerin $(\alpha h\nu)^2$ 'nin $h\nu$ 'ye karşı grafiği olarak çizildi. Yasak enerji aralık değerleri, yukarıda belirtilen yöntem kullanılarak hesaplanmıştır[29,30,31].

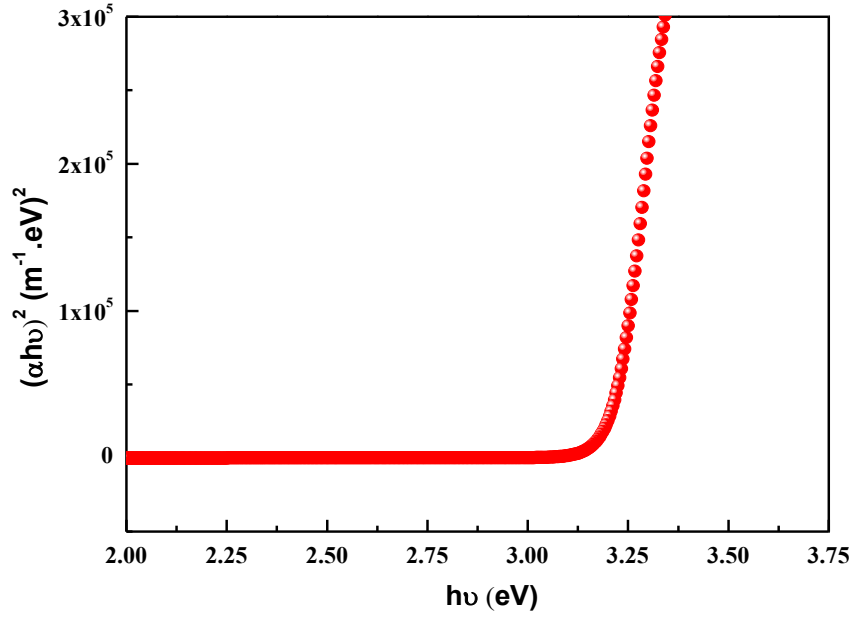


Sekil 5.14. UV Spektrofotometresi



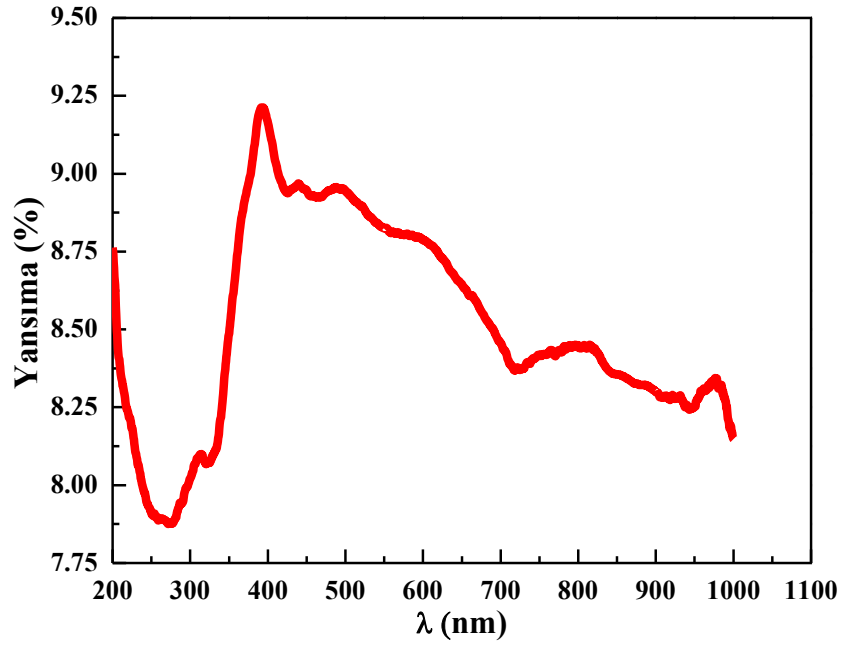
Şekil 5.15. ZnO tozunun yansırma eğrisi.

Sekil 5.15’de ZnO numunesinin yansırma spektrumu verilmiştir. Yansırma 370 nm’de bir artış gösteriyor ve yaklaşık olarak 459 nm sonra güçlü yansıtıcı özelliğe sahip olduğu görülmektedir.



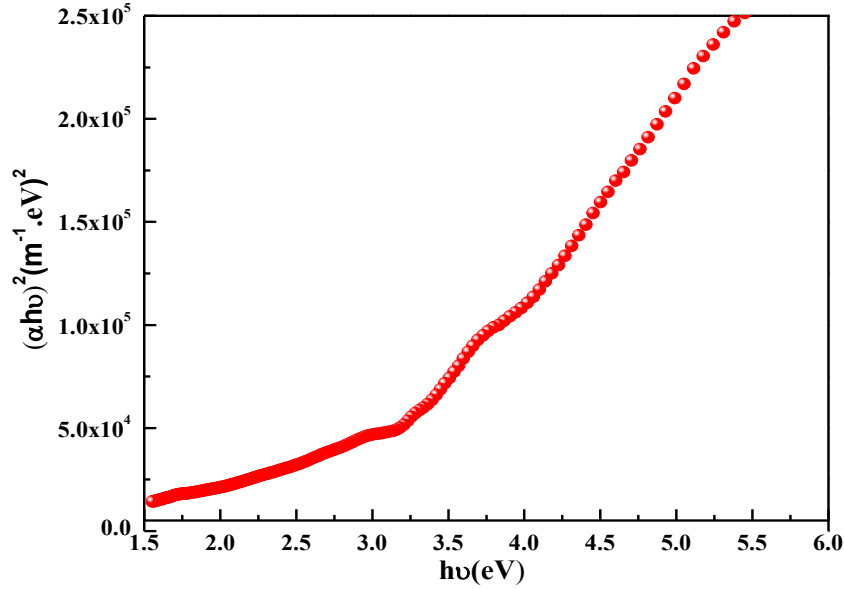
Şekil 5.16. ZnO numunesi için çizilen $(\alpha h\nu)^2$ 'nin $h\nu$ (foton enerjisi)'ye göre grafiği.

Şekil 5.16'da ise $(\alpha h\nu)^2$ ($\text{m}^{-1} \cdot \text{eV}^2$)'nin foton enerjisi $h\nu$ 'ye göre değişimi görülmektedir. Bu grafiğin lineer bölgesinin $h\nu$ enerji eksenini kestiği noktadan yasak enerji aralığı hesaplanmıştır. ZnO numunesi için yasak enerji aralığı E_g 3,189 eV olarak bulunmuş olup bu değer literatür ile uyumludur [32].



Şekil 5.17. NiO tozunun yansıtma eğrisi.

Şekil 5.17’de NiO numunesinin yansım spektrumu verilmiştir. Yansım eğrisi 370 nm ile 420 nm arasında güçlü bir pik göstermektedir.



Şekil 5.18. NiO numunesi için çizilen $(\alpha h\nu)^2$ 'nin $h\nu$ (foton enerjisi)'ye göre grafiği.

Şekil 5.18’ de ise $(\alpha h\nu)^2$ ($m^{-1}.eV$)²’nin foton enerjisi $h\nu$ ’ye göre değişimi görülmektedir. Bu grafiğin lineer bölgesinin $h\nu$ enerji eksenini kestiği noktadan yasak enerji aralığı hesaplanmış ve NiO numunesi için yasak enerji aralığı E_g 2,998 eV olarak bulunmuştur. Bu değer literatürde verilen değerler ile uyumludur [33].

Tablo 5.Numunelerin hesaplanan E_g yasak enerji aralığı değerleri.

Numune	E_g (eV)
ZnO	3,189
NiO	2,998

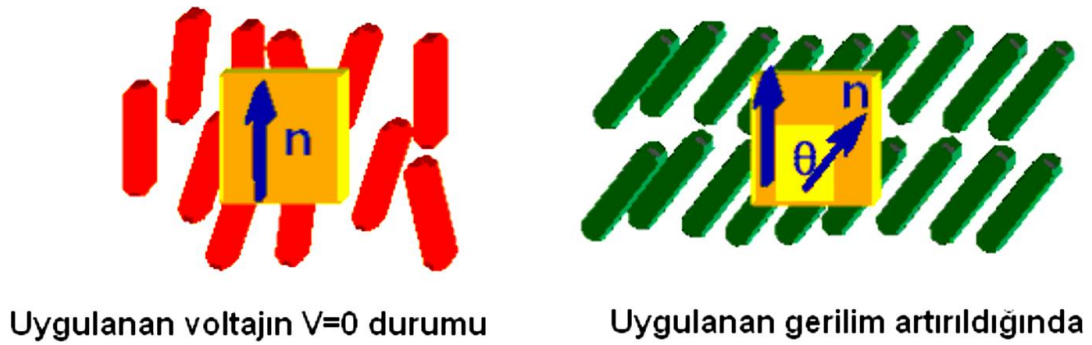
5.6. Dielektrik Anizotropi Özellikleri

Sıvı kristallerin dielektrik anizotropi ölçümleri, kapasite-voltaj metoduyla yapıldı. Sıvı kristal numunelerin kapasite-voltaj eğrileri şekil 5.21-5.22 ve 5.23 ’de görülmektedir.

Uygulanan voltaj ile kapasite değeri değişmesi ise moleküllerin yönelime başladıklarını göstermektedir(Şekil 5.19). Kapasitedeki artış moleküler yönelimden kaynaklanmaktadır çünkü sıvı kristalin dielektrik anizotropi özelliğinden dolayı kapasite değeri artmaktadır.

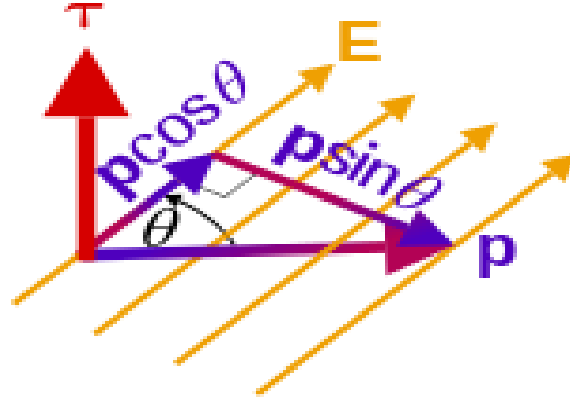
Hazırlanan sıvı kristallerin hesaplanan dielektrik anizotropi değerleri tablo 6’da verilmiştir. Tabloda verilen değerlerden de görüldüğü gibi, dielektrik anizotropi değerleri katkı malzemeleri ile değişmiştir. Dielektrik anizotropi için kritik frekans değerleri de hesaplanarak tablo 7’de verilmiştir. Kritik frekans değerlerinde katılan malzeme ile değiştiği görülmektedir.

Hazırlanan tüm sıvı kristaller, pozitif dielektrik anizotropiden negatif dielektriğe geçiş özelliği göstermişlerdir.



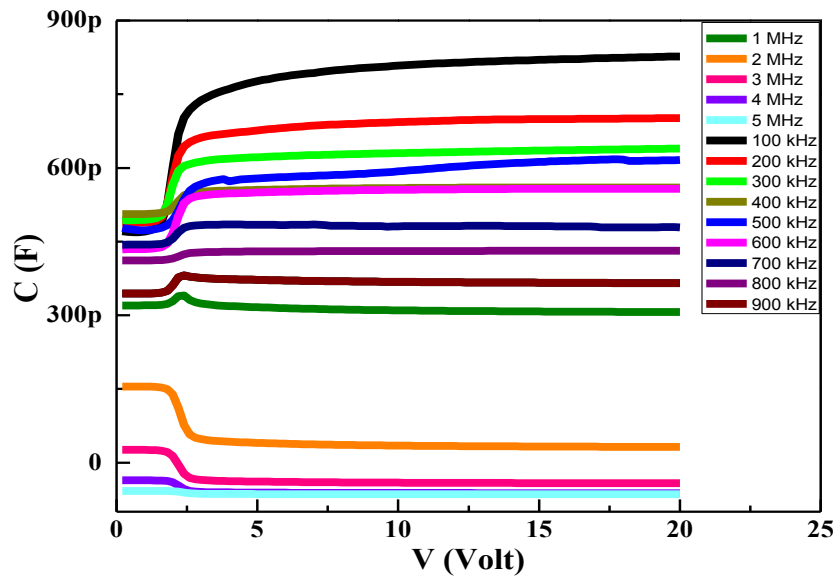
Şekil 5.19. Uygulanan voltajla moleküllerin yöneliminin değişimi.

Sürekli elektriksel iki kutupluluğa sahip bir SK molekülüne bir elektrik alan uygulama, dipolü (iki kutuplu molekül) elektriksel alanla aynı yönde uzanmaya sevk eder. Eğer molekül orijinal olarak iki kutupluluğa sahip değilse, elektriksel alan uygulandığı zaman aynı şekilde davranmaya ikna edilir. Bu durumların her ikisi de sonuçta sıvı kristal doğrultu vektörünü, uygulanmış olan elektriksel alanla aynı yöne getirme etkisine sahip olur. Elektriksel dipole bir elektrik alan uygulandığında sistemin torku sayesinde dönme hareketi yapar. Bu işlemde sıvı kristalin düzeni artmamıştır sadece doğrultu vektörünün yönelmesi sağlanmıştır. Elektrik alana yerleştirilen dipole etkileyen tork onu alan doğrultusuna getirmeye zorlar. Sisteme etkileyen tork şekil 5.20’de gösterilmiştir.

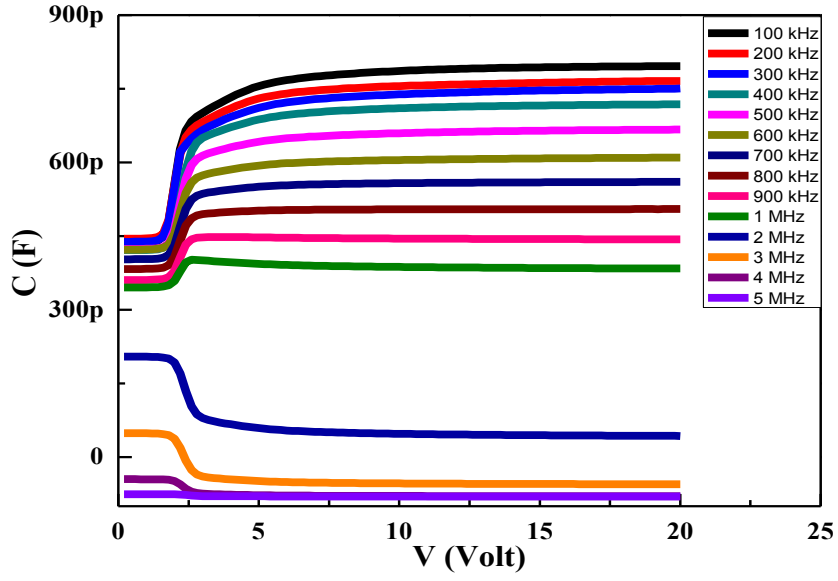


Şekil 5.20. Dipole elektrik alanda etkiyen tork.

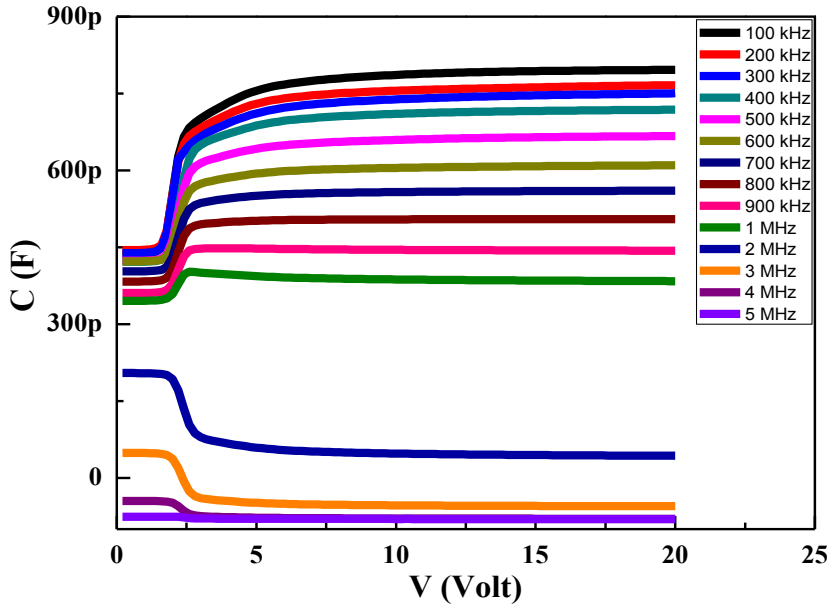
8CB, ZnO katkılı 8CB ve NiO katkılı 8CB numunesinin eşik voltajının 2 volt civarında olduğu görülmekte ve frekansın arttırılmasıyla buna bağlı olarak kapasitans değerlerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Kapasitans değerlerinin bu aralıkta pozitif değerler aldığı ve frekansın arttırılmasıyla negatif tipe doğru eğilim gösterdiği grafiklerde açıkça görülmektedir.



Şekil 5.21. 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile için numunenin 40°C’de karanlık ortamda farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri.



Şekil 5.22. ZnO katkılı 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile için numunenin 40°C’de karanlık ortamda farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri.



Şekil 5.23. NiO katkılı 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile için numunenin 40°C’de karanlık ortamda farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri.

Şekil 5.21, 5.22 ve 5.23’ de görüldüğü gibi, kapasite başlangıçta hemen hemen sabit değerde iken, belli bir voltaj değerinden sonra, kapasite değeri hızlı bir şekilde artmakta ve daha sonra sabit bir değere ulaşmaktadır. Uygulanan voltajın minimum değerlerinde kapasite minimumdur. Bu durum moleküllerin ilk konumlarında olduğunu göstermektedir.

Tablo 4’te numunelerin farklı frekanslarda pozitif dielektrik anizotropiden negatif dielektrik anizotropiye geçiş değerleri görülmektedir. Frekansın arttırılmasıyla her üç numunenin de parametresinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Tüm çalışmalar oda sıcaklığında ve 200kHz-2000kHz frekans ve 0V-20V aralığında yapılmıştır. Bu çalışmaların hepsi 3 numunenin her biri için ayrı ayrı yapılarak Dielektrik değişimi,

$$\Delta\epsilon = \epsilon_{//} - \epsilon_{\perp} \quad (5.3)$$

denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır. ϵ değeri ise,

$$\epsilon = C/C_0 \quad (5.4)$$

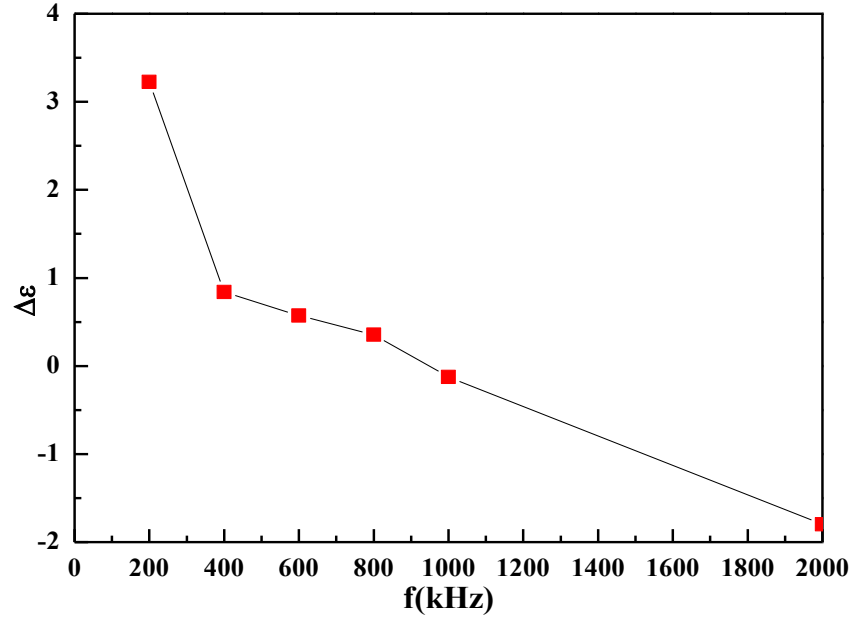
bağıntısı ile hesaplanmıştır. Şekil 5.24-5.25 ve 5.26’dan yararlanılarak kritik frekans değerleri 8CB için yaklaşık 949,38 kHz, ZnO katkılı 8CB için 1211,35 kHz ve NiO katkılı 8CB için 1214,62 kHz civarında olduğu gözlemlenmiştir. Bu da 8CB sıvı kristaline ZnO ve NiO katkılادığımızda kritik frekans değerinin arttığını göstermektedir.

Tablo 6. Farklı frekanslarda $\Delta\epsilon$ değerleri.

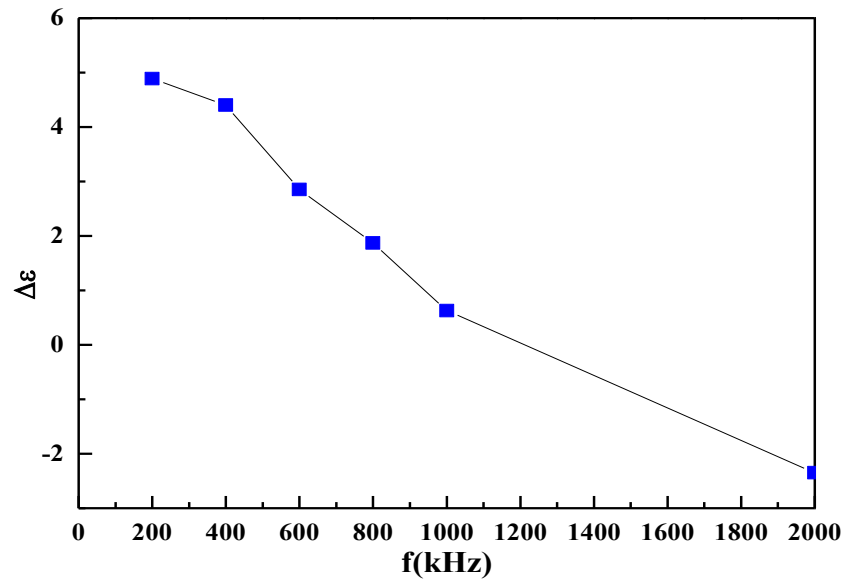
$\Delta \epsilon$	200kHz	400kHz	600kHz	800kHz	1000kHz	2000kHz
8CB	3.224	0.840	0.572	0.356	-0.125	-1.861
8CB-ZnO	4.886	4.401	2.853	1.870	0.627	-2.350
8CB-NiO	4.672	4.180	2.798	1.725	0.608	-2.300

Tablo 7. Farklı numunelerin kritik frekansları.

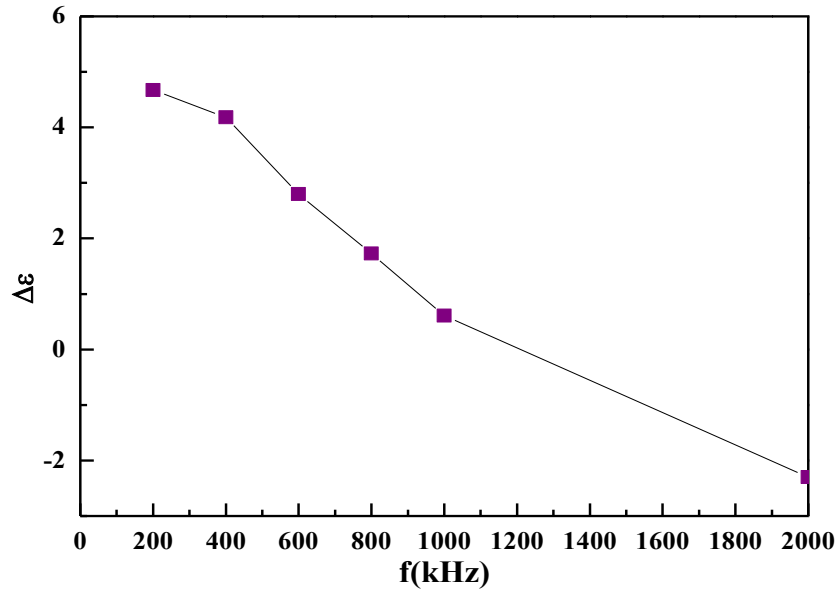
Numune	8CB	8CB-ZnO	8CB-NiO
f_c (kHz)	949.38	1211.35	1214.62



Şekil 5.24. 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile için $\Delta\epsilon$ 'nin frekansla değişimi.



Şekil 5.25. ZnO katkılı 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile için $\Delta\epsilon$ 'nin frekansla değişimi.

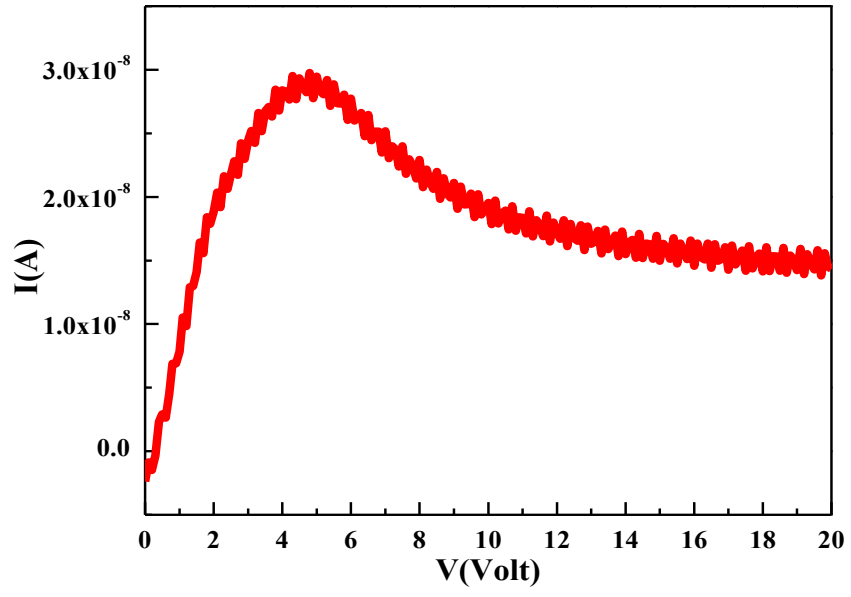


Şekil 5.26. NiO katkılı 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile için $\Delta\epsilon$ 'nin frekansla değişimi.

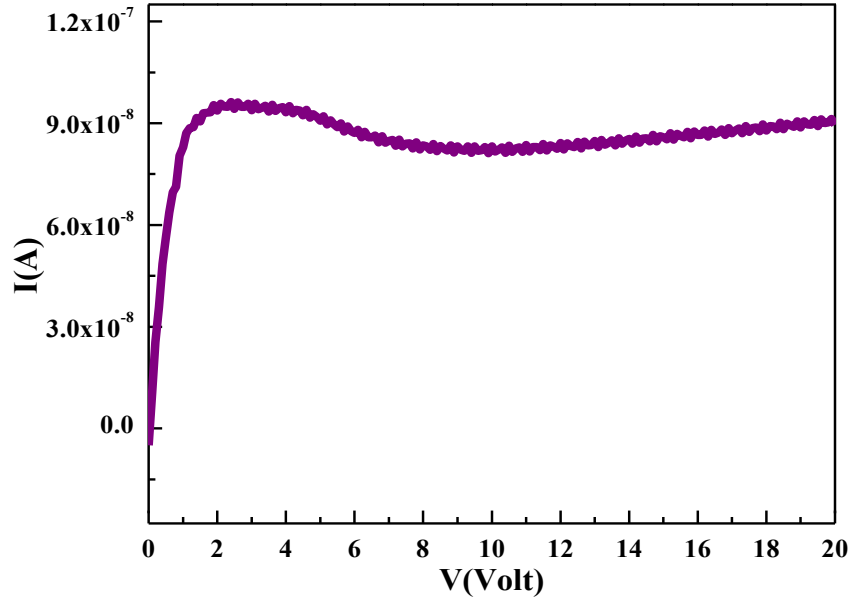
8CB, ZnO katkılı 8CB ve NiO katkılı 8CB sıvı kristallerinin molekülleri paralelken dielektriği $\epsilon_{\parallel}$, dikeyken dielektriği $\epsilon_{\perp}$ ve dielektrik anizotropi $\Delta\epsilon$ değişiminin frekansa bağlı değişimi Şekil 5.24, 5.25 ve 5.26'da gösterilmektedir. Frekansın artırılmasıyla parametrelerinin azaldığı görülmektedir. 8CB numunesinde $\Delta\epsilon$ değişiminin pozitif anizotropiden negatif anizotropiye geçtiği kritik frekans değeri 949.38kHz, ZnO katkılı 8CB numunesinde 1211.35kHz ve NiO katkılı numunesinde ise 1214.62kHz civarında olduğu gözlemlenmiştir.

5.7. Sıvı kristallerin Akım-Voltaj karakteristikleri

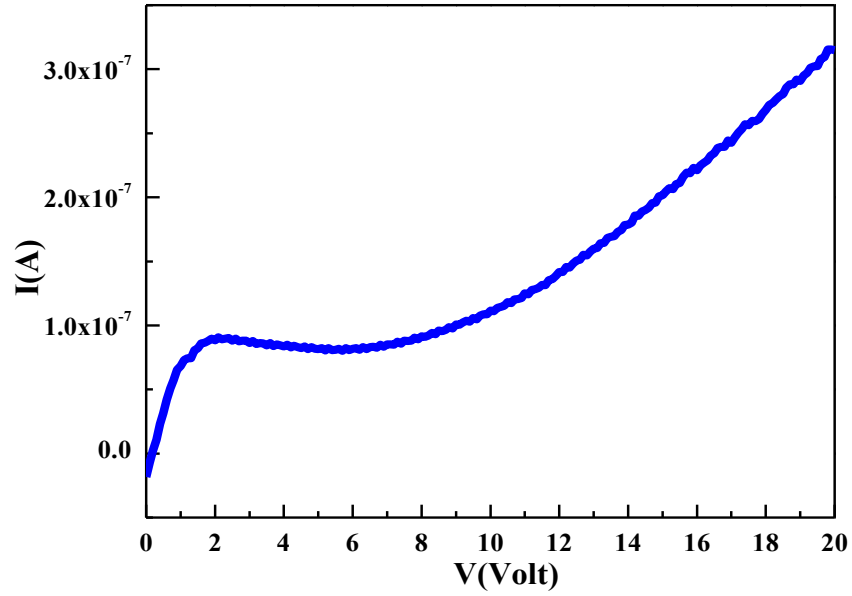
Çalışmada kullanılan 8CB, ZnO katkılı 8CB ve NiO katkılı 8CB sıvı kristallerinin akım-voltaj karakteristikleri karanlık ortamda incelenerek şekil 5.27-5.28-5.29'da verilmiştir.



Şekil 5.27. 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile 40 °C’de karanlık ortam için akım-voltaj grafiği.



Şekil 5.28. ZnO katkılı 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile 40 °C’de karanlık ortam için akım-voltaj grafiği.



Şekil 5.29. NiO katkılı 4-octyl-4-biphenylcarbonitrile 40 °C’de karanlık ortam için akım-voltaj grafiği.

Şekil 5.27’de 8CB sıvı kristalinin 0-5V aralığı, şekil 5.28’de ZnO katkılı 8CB sıvı kristalinin 0-2V aralığı, şekil 5.29’da NiO katkılı 8CB sıvı kristalinin 0-2,2V aralığı lineer bölge olup voltajın arttırılmasıyla akımın artış gösterdiği ve farklı akım değerlerinde sıvı kristallerin pik verdiği görülmektedir. Şekil 5.27 incelendiğinde 8CB sıvı kristalinin 5-12V arasında voltaj kontrollü diferansiyel negatif direnç davranışı sergilediği görülür. 8CB sıvı kristaline ZnO katkılандığında voltaj 2-8V arasında, 8CB sıvı kristaline NiO katkılандığında ise 2-5V arasında voltaj kontrollü diferansiyel negatif direnç davranışı sergilediği görülmektedir. ZnO ve NiO katkılama ile 8CB sıvı kristalinin voltaj kontrollü negatif direnç davranışını önemli ölçüde etkilediği görülmektedir. Negatif direnç etkisinden sonra 8CB, ZnO katkılı 8CB ve NiO katkılı 8CB sıvı kristallerinin akım voltaj grafiği lineerdir[34].

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında ZnO ve NiO tozları kimyasal çöktürme metodu ile üretildi. Sentezlenen ZnO ve NiO tozların yüzeyinde meydana gelen değişimleri gözlemleyebilmek amacıyla ZnO ve NiO numunesinin JEOL JSM 7001F elektron mikroskobu ve buna bağlı Oxford INCAx-actdetektörü vasıtasıyla görüntüleri çekilmiştir. SEM’de elde edilen görüntülerin EDX analizi sonucunda yapıda herhangi farklı bir elementin olmadığı incelenmiştir. Kimyasal çöktürme yöntemi ile sentezlenen ZnO tozların EDX cihazında yapılan analizlerinde elementel olarak yüksek şiddette Zn ve O pikleri, NiO tozların ise yüksek şiddette Ni ve O pikleri elde edilmiştir. EDX analizinde ZnO ve NiO atomik oranların literatür ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Hazırlanan ZnO ve NiO tozlarının UV ölçümleri yapılarak yansıma ve yasak enerji aralığı grafikleri çizildi. Çizilen grafiklerden faydalanılarak yasak enerji aralıkları (Eg) hesaplandı. Hesaplanan Eg değerleri literatürde verilen değerler ile karşılaştırıldı. Katkısız ZnO ve NiO tozlarının Eg aralıkları literatürde verilen Eg değerleri ile uyumlu olduğu görüldü [32,33]. Yapılan literatür taramasında Eg değerleri diğer yöntemler ile yapılan çalışmalarda elde edilen Eg değerleri ile de uyumlu olduğu görüldü.

Kimyasal çöktürme yöntemi ile üretilen ZnO ve NiO tozlarının FT-IR analizinde Zn=O titreşim piki 897cm^{-1} , Ni=O titreşim piki ise 698cm^{-1} bölgesinde ölçülmüş olup literatürde belirtilen çalışmalarda elde edilen sonuçlar ile uyumlu olduğu görüldü[26,27].

Bu çalışmada hazırlanan sıvı kristalin özellikle elektro-optik ve faz geçişi özellikleri araştırıldı. 8CB sıvı kristal malzemesi ZnO ve NiO tozları ile katkılanarak yeni sıvı kristal malzemeler hazırlandı. Sıvı kristallerin dielektrik anizotropi özellikleri, kapasite voltaj ve akım voltaj ölçümleri karanlık ortamda yapılarak belirlendi. Numuneler pozitif dielektrik anizotropiden (p-tipi) negatif dielektrik anizotropiye (n-tipi) bir geçiş gösterdikleri gözlemlendi. 8CB sıvı kristalinin dielektrik anizotropi değerleri katkılanan ZnO ve NiO nanomalzemesi ile arttığı gözlemlendi. Bu dielektrik anizotropi değerlerindeki artışlar LCD’ler için yüksek çözünürlük ve net görüntü olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak bu tez çalışmasında elde edilen veriler hazırlanan sıvı kristallerin elektro-optik özellikleri, elektrik alan ve molekül etkileşme mekanizmaları optoelektronik uygulamalarının yapılabileceği yeni bilgiler vermektedir ve geliştirilerek farklı alanlarda farklı amaçlar için kullanılabileceğini göstermiştir.

7. KAYNAKLAR

- [1] Reinitzer, F., *Monatsh. Chem*, Beitrage zur Kenntniss des cholesterins, **9**, 1888, 421.
- [2] Köysal, O., Okutan, M., Durmuş, M., Yakuphanoglu, F., San, S.E., Ahsen, V., 2006, *Synthetic Metals*, 156, 58–64.
- [3] Van der Meer, B.W., Postma, F., Dekker, A.J. and De Jeu, W.H., 1982, *Mol. Phys.* 45,1227.
- [4] Toriyama, K., Dunmur, D.A., 1986, *Mol Cryst.Liq.Cryst.*, 139, 123.
- [5] O. Lehmann, Über fließende Krystalle, *Zeitchriff für physikalische Chemie*, **4**, 1889, 462.
- [6] Gennes, P.G.De. and Prost, J. 1998, *The Physics of Liquid Crytals*, Oxford Universty Pres.
- [7] Karapınar, R., Gündüz, E.,1996, Light Scattaring Measurements in Nematic Liquid Crystals II, *Trj. Phys.* 20.
- [8] Blinov, L.M., Chigrinov, V.G., 1994, Electrooptic Effects in Liquid Crystal Materials, *Springer- Verlog, Newyork Inc.*
- [9] Bahadır, B., 1995, *Liquid Crystals Applications and uses*, World Scientitic Publishing Co. Pte. Ltd.
- [10] San, S.E., 2002, Boya Katkılı Nematik Sıvı Kristallerde Optik Nonlinearitenin Kırınım Ağı Difraksiyonu Yöntemi ile İncelenmesi. *Doktora Tezi*. Gebze İleri teknoloji Enstitüsü, Kocaeli.
- [11] Aslan, M.H., Oral, A.Y., Mensur, E., Gül, A. and Basaran, E., 2004. Preparation of c-axis-oriented zinc-oxide thin films and the study of their microstructure and optical properties, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, **82**, 543–552.
- [12] Chaabouni, F., Abaab, M. and Rezig, B., 2004. Effect of the substrate temperature on the properties of ZnO films grown by RF magnetron sputtering, *Materials Science and Engineering B*, **109**, 236–240.
- [13] Akyüz, İ., 2005, CdO Filmlerinin Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerine Al Katkılama ve Tavlama İşlemlerinin Etkileri, *Doktora Tezi*, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

- [14] Carballada-Galicia, D.M., Castanedo-Perez, R., Jimenez-Sandoval, O., Jimenez-Sandoval, S., Torres-Delgado, G. and Zuniga-Romero, C.I., 2000, High transmittance CdO thin films obtained by the sol-gel method, *Thin Solid Films*, **371**, 105-108.
- [15] Yakuphanoglu, F., 2010, Electrical characterization and device characterization of ZnO microring shaped films by sol-gel method, *Journal of Alloys and Compounds*, **507**, 184–189.
- [16] Ginley, D. S. and Bright, C., 2000, Transparent conducting oxides, *MRS Bulletin*, **25**, 15-18.
- [17] Yakuphanoglu, F., 2010, Nanocluster n-CdO thin film by sol-gel for solar cell applications, *Applied Surface Science*, **257**, 1413–1419.
- [18] Ohta Y., Haga T. ve Abe Y.,1997, “Crystallographic features of ZnO single crystals”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **36**, 1040-1042.
- [19] Nagai, T., Yamamoto, T., Saito N., Ohashi, N., ve Haneda H., “Some properties of zinc oxide powder”, *Key Eng. Mat.* **169-170**, 257-260, 1999.
- [20] Brown H. E., “Zinc oxide rediscovered”, New Jersey Zinc Company, New York, 1957.
- [21] Özgür , Ü., Alivov ,I., Liu , C., Teke, A.,2005, “ Comprehensive review of ZnO materials and devices journal of applied physics ,98 ,pp.2-103.
- [22] D, Tao., F, Wei.,2004, *Materials Letters*, **58**, 3226
- [23] S.F, Wang., L.Y, Shi., X, Feng., S.R, Ma.,2007, *Materials Letters*, **61**, 1549.
- [24] X, Xin., Z, Lü., B, Zhou., X, Huang., R, Zhu., X, Sha., Y, Zhang., W, Su.,2007, *Journal of Alloys and Compounds*, **427**, 251.
- [25] Y,Wu., Y, He., T, Wu., W, Weng., H, Wan.,2006, *Materials Letters*, **61**, 2679.
- [26] D. Jesuvathy, Sornalatha., P,Murugakoothan.,2014. Characterization of hexagonal ZnO nanostructures prepared by hexamethylenetetramine (HMTA) assisted wet chemical method, *Materials Letters*, **124**,219–222.
- [27] S. Mohseni,Meybodi.,S.A, Hosseini., M, Rezaee., S.K, Sadrnezhaad., D, Mohammadyani.,2011. Synthesis of wide band gap nanocrystalline NiO powder via a sonochemical method, *Ultrasonics Sonochemistry*,**19**,841-845.
- [28] Yakuphanoglu, F., 2012, Semiconducting and quartz microbalance (QCM) humidity sensor properties of TiO₂ by sol gel calcination method, *Solid State Sciences*, **14**, 673–676.

- [29] **O’Sullivan, C.K., Guilbault, G.G.,** 1999, Commercial quartz crystals microbalances theory and applications, *Biosensors&Bioelectronics*, **14**, 663- 670.
- [30] **Han S., Lin J., Satjapipat M., Baca A.J., Zhou F.,** 2001, A three-dimensional heterogeneous DNA sensing surface formed by attaching oligodeoxynucleotide- capped gold nanoparticles onto a gold coated quartz crystal, *Chem. Commun.*, **7**, 609–610.
- [31] **Maiti, U.N., Ghosh, P.K., Nandy, S., Chattopadhyay, K.K.,** 2007, Effect of Mn doping on the optical and structural properties of ZnO nano/micro-fibrous thin film synthesized by sol–gel technique, *Physica B*, **387**, 103–108.
- [32] **A,Moezzi., A.M,McDonagh.,M.B,Cortie.,**2012 Zincoxide particles: synthesis, properties an dapplications, *Chem.Eng.J.*185–186,1–22.
- [33] **Zhenfeng,Zhu., Na, Wei., Hui, Liu., Zuoli, He.,**2010, Microwave-assisted hydrothermal synthesis of Ni(OH)₂ architectures and their in situ thermal convention to NiO, *Advanced Powder Technology*,**22**,422-426.
- [34] **Faten Al-Hazmi., Ahmed A. Al-Ghamdi., Noruh Al-Senany., Fowzia Alnowaiser., Fahrettin Yakuphanoglu.,** 2014 Dielectric anisotropy and electrical properties of the copper phthalocyanine (CuPc): 4–40-n-Heptylcyanobiphenyl (7CB) composite liquid crystals, *Composites: Part B* **56** , 15–19

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa İLHAN
Doğum Yeri : Çelikhan/ADİYAMAN
Doğum Tarihi : 02/10/1982
Medeni Hali : Evli
E posta : ilhan_m_02@hotmail.com
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Okul, başlama ve mezuniyet yılı, şehir) :

Lisans : Kafkas Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, 2001-2005, Kars
Yüksek Lisans : Fırat Üniversitesi, 2012-2014, Elazığ
Konu :LCD Ekranlar için Nanomalzeme Esaslı Sıvı Kristallerin Üretilmesi