

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LAZERİN POLİMER, BOYA MADDESİ VE KARBON
TANECİKLERİ KATKILANDIRILMIŞ SIVI KRİSTALLERİN
DİELEKTRİK ANİZOTROPİ ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Talip ALDANMA

Tez Yöneticisi:
Doç.Dr.Fahrettin YAKUPHANOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2007

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LAZERİN POLİMER, BOYA MADDESİ VE KARBON
TANECİKLERİ KATKILANDIRILMIŞ SIVI KRİSTALLERİN
DİELEKTRİK ANİZOTROPİ ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Talip ALDANMA

Tez Yöneticisi:
Doç.Dr.Fahrettin YAKUPHANOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI

Bu çalışma FÜBAP-1364 no'lu proje tarafından desteklenmiştir.
ELAZIĞ, 2007

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LAZERİN POLİMER, BOYA MADDESİ VE KARBON
TANECİKLERİ KATKILANDIRILMIŞ SIVI KRİSTALLERİN
DİELEKTRİK ANİZOTROPİ ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Talip ALDANMA

Yüksek Lisans Tezi
Fizik Anabilim Dalı

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

Danışman: Doç.Dr. Fahrettin YAKUPHANOĞLU

Üye:

Üye:

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

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans tezimin hazırlanmasında, yürütölmesinde maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen çok saygı değeri hocam Doç.Dr. Fahrettin YAKUPHANOĞLU ve Yrd. Doç.Dr. Faruk YILMAZ'a; bu çalışmanın Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından 1364 no'lu proje olarak desteklendiğinden dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİLLER LİSTESİ	II
TABLolar LİSTESİ	V
SİMGELER LİSTESİ	VI
ÖZET	VII
ABSTRACT	VIII
1. GİRİŞ.....	1
2. SIVI KRİSTALLER.....	4
2.1. Sıvı Kristallerde Faz Geçişleri.....	5
2.1.1. Sıvı Kristallerde İzotropik-Nematik Faz Geçişleri.....	5
2.1.2. Polimer Sıvı Kristallerde Faz Geçişleri.....	6
2.2. Sıvı Kristallerin Sınıflandırılması.....	6
2.2.1. Liyotropik Sıvı Kristaller.....	7
2.2.2. Termotropik Sıvı Kristaller.....	8
2.2.2.a. Nematik Sıvı Kristaller.....	9
2.2.2.b. Smektik Sıvı Kristaller.....	9
2.2.2.c. Kolesterolik Sıvı Kristaller.....	10
3. SIVI KRİSTALLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ.....	14
3.1. Sıvı Kristallerin Optik Özellikleri.....	14
4. DENEYSEL İŞLEMLER.....	16
4.1. Sıvı Kristal Hücrelerin Hazırlanması.....	16
4.2. Sıvı Kristalin Dielektrik Özellikleri.....	18
4.3. Dielektrik Anizotropi Özellikleri.....	26
4.4. Sıvı Kristallerin Elektriksel İletkenlik ve Akım Voltaj Karakteristikleri	35
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	43
KAYNAKLAR.....	44
ÖZGEÇMİŞ.....	46

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Katı kristal ile sıvı faz arasındaki geçişin sıcaklığa bağlı değişimi.....	4
Şekil 2.2. Farklı sıcaklıktaki fazların durumu.....	5
Şekil 2.3. Sıvı kristallerin sınıflandırılması.....	7
Şekil 2.4. Termotropik sıvı kristallerin molekül yapıları	8
Şekil 2.5. Sıvı kristallerde sıcaklığa bağlı olarak moleküller arasındaki açısal değişim ve faz geçişi.....	8
Şekil 2.6. Sıvı kristallerin moleküler yönelimi.	9
Şekil 2.7. Smektik sıvı kristaller.....	10
Şekil 2.8. Smektik kristallerde ara fazların sıcaklığa göre değişimi.....	10
Şekil 2.9. Kolestirik sıvı kristallerde moleküllerdeki yönelim değişiminin helisel burulması...	11
Şekil 3.1. Dielektrik sabiti uygulanan alan ile sıvı kristal madde arasındaki etkileşim.....	15
Şekil 4.1. Malzemelerin kimyasal yapısı	17
Şekil 4.2. Elektriksel ölçümler için deney düzeneği.....	17
Şekil 4.3. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil için dielektrik sabitinin reel kısmının frekansa göre değişim grafiği.....	19
Şekil 4.4. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile % 1 çift duvarlı karbon nanotüp için dielektrik sabitinin reel kısmının frekansa karşı değişim grafiği.....	19
Şekil 4.5. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 3-tiyenilmetil metakrilat ve 6-(4-sinobifenil-4-oksi) hekzil akrilat için dielektrik sabitinin reel kısmının frekansa karşı değişim grafiği.....	20
Şekil 4.6. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 bakır (II) fitalosiyanın için dielektrik sabitinin reel kısmının frekansa karşı değişimi.....	20
Şekil 4.7. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil için dielektrik sabitinin sanal kısmının frekansa göre değişim grafiği.....	21
Şekil 4.8. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile % 1 çift duvarlı karbon nanotüp için dielektrik sabitinin sanal kısmının frekansa karşı değişim grafiği.....	22
Şekil 4.9. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 3-tiyenilmetil metakrilat ve 6-(4-sinobifenil-4-oksi) hekzil akrilat için dielektrik sabitinin sanal kısmının frekansa karşı değişim grafiği.....	22

Şekil 4.10. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 bakır (II) fitalosiyanin için dielektrik sabitinin sanal kısmının frekansa karşı değişimi.....	23
Şekil 4.11. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil için dielektrik sabitlerinin sanal kısmının reel kısmına karşı değişimi ($\epsilon'' - \epsilon'$) grafiği.....	24
Şekil 4.12. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile % 1 çift duvarlı karbon nanotüp için dielektrik sabitlerinin sanal kısmının reel kısmına karşı değişimi ($\epsilon'' - \epsilon'$) grafiği.....	25
Şekil 4.13. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 3-tiyenilmetil metakrilat ve 6-(4-sinobifenil-4-oksi) heksil akrilat için dielektrik sabitlerinin sanal kısmının reel kısmına karşı değişimi ($\epsilon'' - \epsilon'$) grafiği.....	25
Şekil 4.14. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 bakır (II) fitalosiyanin için dielektrik sabitlerinin sanal kısmının reel kısmına karşı değişimi ($\epsilon'' - \epsilon'$) grafiği.....	26
Şekil 4.15. Uygulanan voltajla moleküllerin yöneliminin değişimi.....	27
Şekil 4.16. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil için;(a) karanlık ortamda numunenin farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri, (b) 4-siyano-4'-n-heptilbifenil için numunenin karanlık-lazer ortamında farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri	28
Şekil 4.17. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile % 1 çift duvarlı karbon nanotüp için; (a) karanlık ortamda numunenin farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri, (b) numunenin karanlık-lazer ortamında farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri.....	29
Şekil 4.18. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 3-tiyenilmetil metakrilat ve 6-(4-sinobifenil-4-oksi) heksil akrilat için, (a) karanlık ortamda numunenin farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri,(b) numunenin karanlık-lazer ortamında farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri.....	30
Şekil 4.19. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 bakır (II) fitalosiyanin için, (a) karanlık ortamda numunenin farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri, (b) numunenin karanlık-lazer ortamında farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri.....	31
Şekil 4.20. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil için $\Delta\epsilon$ 'nin frekansla değişimi	33
Şekil 4.21. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile % 1 çift duvarlı karbon nanotüp için $\Delta\epsilon$ 'nin frekansla değişimi.....	33
Şekil 4.22. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 3-tiyenilmetil metakrilat ve 6-(4-sinobifenil-4-oksi) heksil akrilat için $\Delta\epsilon$ 'nin frekansla değişimi.....	34
Şekil 4.23. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 bakır (II) fitalosiyanin için $\Delta\epsilon$ 'nin frekansla değişimi.....	34
Şekil 4.24. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil için $\sigma_{\perp}$ ve $\sigma_{//}$ 'in frekansla değişimi.	36

Şekil 4.25. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile % 1 çift duvarlı karbon nanotüp için $\sigma_{\perp}$ ve $\sigma_{//}$ 'in frekansla değişimi	37
Şekil 4.26. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 3-tiyenilmetil metakrilat ve 6-(4-sinobifenil-4-oksi) hekzil akrilat için $\sigma_{\perp}$ ve $\sigma_{//}$ 'in frekansla değişimi.....	38
Şekil 4.27. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 bakır (II) fitalosiyanin için $\sigma_{\perp}$ ve $\sigma_{//}$ 'in frekansla değişimi.....	39
Şekil 4.28. 4-siyano-4'-n-heptilbifenilin lazer-karanlık ortam için akım-voltaj grafikleri.....	40
Şekil 4.29. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile % 1 çift duvarlı karbon nanotüpün lazer-karanlık ortam için akım-voltaj grafikleri.....	41
Şekil 4.30. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 3-tiyenilmetil metakrilat ve 6-(4-sinobifenil-4-oksi) hekzil akrilatın lazer-karanlık ortam için akım-voltaj grafikleri.....	41
Şekil 4.31. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 bakır (II) fitalosiyaninin lazer-karanlık ortam için akım-voltaj grafikleri.....	42

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Termotropik sıvı kristallerin sergiledikleri karakteristik desenler ve fazların moleköl yapıları.....	12
Tablo 2. Termotropik sıvı kristallerde sıcaklık değışimine bağı olarak gerçekleşebilen sıvı kristal faz geçişleri.....	13
Tablo.3. Farklı voltajlarda numuneler için relaksasyon zamanları.....	26
Tablo 4. Farklı frekanslarda $\Delta\epsilon$ değeri.....	32
Tablo 5. Farklı numunelerin kritik frekansları.....	32
Tablo 6. Numunelerin dik ve paralel elektrik iletkenlikleri için s değeri.....	35

SİMGELER LİSTESİ

α :Dağılım parametresi

$\Delta\varepsilon$:Dielektrik anizotropi

f_c :Kritik frekans

ε_0 :Boş uzayın dielektrik geçirgenliği

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

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

ε' :Dielektrik sabitinin reel kısmı

ε'' :Dielektrik sabitinin sanal kısmı

ε^* :Kompleks dielektrik sabiti

ε_{∞} :Yüksek frekans limitindeki dielektrik sabiti

σ :Öziletkenlik

δ :Dielektrik kayıp tanjantı açısı

τ :Relaksasyon zamanı

ω :Açısal frekans

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

LAZERİN POLİMER, BOYA MADDESİ VE KARBON TANECİKLERİ KATKILANDIRILMIŞ SIVI KRİSTALLERİN DİELEKTRİK ANİZOTROPİ ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Talip ALDANMA

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı

2007, Sayfa: 46

Bu çalışmada, 4-siyano -4'-n-heptilbifenil sıvı kristali polimer, boya ve karbon nanotüp malzemeleriyle katkılındı. Hazırlanan sıvı kristallerin dielektrik anizotropi özellikleri dielektrik spektroskopisi yöntemiyle araştırıldı. Laser aydınlatması polimer, boya ve karbon nanotüp katkılındırılmış sıvı kristallerin dielektrik anizotropi değerlerini nasıl değiştirdiği incelendi. Sıvı kristallerin dielektrik mekanizması Cole ve Cole eğrileri ile analiz edildi. Sıvı kristallerin elektriksel iletkenliğinin dik ve paralel bileşenleri frekansın bir fonksiyonu olarak ölçüldü. Sıvı kristallerin karanlık ve aydınlık şartlar altında akım-voltaj karakteristikleri araştırıldı.

Sonuç olarak, polimer boya ve karbon nanotüp katkılındırılmış sıvı kristallerin dielektrik parametreleri ve dielektrik anizotropi değerleri lazer etkisi ile değiştiği gözlemlendi.

Anahtar Kelimeler: Sıvı kristal, lazer, dielektrik anizotropi, polimer, boya, karbon nanotüp.

ABSTRACT

Thesis of Master

INVESTIGATING OF LASER EFFECT ON DIELECTRICAL ANISOTROPY PROPERTIES OF LIQUID CRYSTALS DOPED POLYMER, DYE AND CARBON PARTICLES

Talip ALDANMA

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Physics

2007, Page: 46

In this study, 4-cyano-4'-n-heptylbiphenyl liquid crystal has been doped by polymer, dye and carbon nanotube materials. The dielectrical properties of the liquid crystals have been investigated using dielectrical spectroscopy method. Laser illumination changed dielectrical anisotropy values of the liquid crystals doped polymer, dye and carbon nanotube. The dielectrical relaxation mechanism of the liquid crystals was analyzed by Cole and Cole curves. The perpendicular and parallel components of the electrical conductivity of the liquid crystals were measured as a function of frequency. The current-voltage characteristics of the liquid crystals under dark and illumination conditions were investigated.

Consequently, it was observed that the dielectrical parameters and dielectrical anisotropy properties of the liquid crystals doped polymer, dye and carbon nanotube were changed by laser effect.

Keywords: Liquid crystal, laser, dielectrical anisotropy, polymer, dye, carbon nanotube

1.GİRİŞ

Maddeler katı, sıvı, gaz ve plazma olarak dört ana fazdan oluşmaktadırlar. Katıdan sıvıya geçiş, sıvı kristal faz denilen ara fazdan geçerek oluşmaktadır. Termotropik sıvı kristaller genel olarak nematik, smektik ve kolesterik olmak üzere üç grupta incelenir. Nematik sıvı kristaller, molekülleri uzun mesafe yönelim düzenine sahip, fakat konum uzun mesafe düzenine sahip değildirler. Bundan dolayı izotropik sıvıdan farklıdırlar. Yeteri kadar yüksek sıcaklıklarda numune izotropik sıvı, daha düşük sıcaklıklarda smektik A ve sıcaklık düştükçe diğer smektik sıvı kristaller oluşmaktadır (Smektik B, C, D, H). Bazı smektikler kısmen konum düzenine de sahip olduklarında katı kristallerden ayırt etmek zordur. Kolesterik sıvı kristaller nematik sıvı kristallerine benzemektedir, fakat optiksel olarak farklı görünümlere sahiptirler.

Liyotropik sıvı kristaller genellikle birisi kutupsal karakterde iki veya daha fazla bileşenden oluşurlar. Liyotropik sıvı kristallere örnek olarak su içinde sabunun çözünmüş hali verilebilir.

Bilim adamları maddenin doğadaki halleri için uzun yıllar genellikle sınır hallerini göz önüne almışlardır. Bunlar atomların periyodik bir örgü içinde üç boyutlu bir yerleşim gösterdiği kristal yapıli katılar ve diğer taraftan atom ve moleküllerin tümüyle düzensiz bir yerleşim gösterdiği akışkanlardır. Kristal yapıli katılar konumsal düzenlenmeden dolayı anizotropik bir davranış sergilerler, fakat akışkanlarda herhangi bir düzenin olmaması nedeniyle izotrop bir karakter mevcuttur. Maddenin bir ara halinin de var olabileceği teorik olarak öngörülmüş ise de, bu konu üzerinde pek fazla durulmamıştır. Bu ara halde, atom veya moleküller bir akışkanda olduğu gibi geliş güzel bir yerleşim göstermekte, ancak sistem bir kristal yapıli katıda olduğu gibi, makroskopik ölçekte bir yönelimsel düzenlenmeden dolayı, farklı doğrultularda farklı fiziksel özelliklere sahip bir anizotropik davranış sergilemektedir. Bu türden bir davranışa sahip, maddenin katı ve sıvı arasındaki ara hal sıvı kristal olarak bilinmektedir [1].

Küçük elektrik alanları uygulayarak, sıvı kristallerin moleküler dizilişlerini değiştirebiliriz. Böylece, ışık kaynağına bağlı olarak sıvı kristaller saydam ya da ışık geçirmez olabiliyorlar.

Sıvı kristaller hesap makinelerinde, saatlerde ve bilgisayarlarda kullanılırlar ve bu cihazlarda görüntünün kaynağıdırlar. Daha net bir görüntü elde edilmesi ve daha az enerji kullanılması bakımından elektronik gösterge sistemlerinde, kol saatleri, hesap makineleri ve televizyonlarda sıvı kristaller kullanılmaktadır. 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 edilir [1].

Bir sıvı kristal hücrenin uçlarında sıfır gerilim varken, hücreye giren ışık, polarizatörlerden, şeffaf iletken elektrotlardan ve sıvı kristalden geçer ve arkadaki yansıtıcı yüzey tarafından geriye yansıtılır. Hücrenin uçlarına farklı bir gerilim uygulandığında, ışık sıvı kristalden geçerken gelen ışığın polarizasyon yüzeyi döndürülür ve yansımadan sonra ışık polarizatörler tarafından geçirilmez. Böylece sıvı kristal hücre ekrana bakan kişi tarafından karanlık olarak görülür. Sıvı kristaller, moleküllerinin moleküler yönelimi sistemin elektro-optiksel davranışlarıyla belirlenir ve dış etkiler, moleküler etkileşmelerle moleküllerin tekrar yönelimine neden olabilir. Kırılma indisi, empedans ve dielektrik spektroskopisi gibi ölçüm metotları sıvı kristallerin elektro-optik özelliklerini belirlemek için kullanılan önemli metotlardır. Bu tip ölçümler ilk olarak boya ve polimer katkılanmış sıvı kristallerde yapılmıştır. Sıvı kristallerinin elektro-optiksel özellikleri üzerinde farklı çalışmalar yapılmıştır. Dielektrik spektroskopisi tekniği (DST) sıvı kristallerin moleküler yönelimlerini, detaylarını anlamak için kullanılan 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 negatif dielektrik anizotropi (n-tipi)'dir. Farklı frekanslarla dielektrik anizotropinin değişimi, sıvı kristallerinin moleküler yöneliminin düşük frekanslarda p-tipi özelliğe sahip olduğunu ve frekans artırıldığında dielektrik anizotropi özelliğinin n-tipine değiştiğini açıklar. Farklı frekanslarda dielektrik relaksasyon ölçümü moleküler hareket ve polar grupların dinamikleri hakkında bilgi elde etmek için, farklı başlangıç yönelimine sahip boya katkılanmış nematik sıvı kristallerin moleküler yönelim özellikleri dielektrik spektroskopisi ölçümleriyle araştırılmıştır [2].

Siyanobifenil türü sıvı kristal malzemeler üzerinde en iyi çalışma smektik veya nematik fazda olmuştur. Çok az miktarda bilinen literatürde nCB'nin moleküler özellikleri ile ilgili çok az miktarda bilgi vardır. İzotropik faz ve özellikle seyreltik çözeltiler için 4-siyano-4'-heptilbifenil (7CB) elde edilmiştir [3,4]. Bununla birlikte paralel olmayan dimerizasyon yüksek polar bileşikler, nitro veya siyano-fenil türevlerine benzer sıvı kristallere çalışılmıştır [5,6].

Son yıllarda elektriksel iletkenlik, optik ve polimerlerin özellikleri geniş bir araştırma konusu olmuştur. Elektrik optoelektronik kullanma teknolojilerinin gelişimi bu maddelerin diğer bileşenlerinin dahi elektronik kullanım potansiyellerini gösterir.

Bu çalışmada 4-siyano -4'-n-heptilbifenil (7CB) ile %1 çift duvarlı karbon nanotüp (DWNT), %1 bakır (II) fitalosiyanın (CuPc), %1 3-tiyenilmetil metakrilat ve 6-(4-sinobifenil-4-oksi) heksil akrilat (MTM-LC6) ile hazırlanan sıvı kristallerin dielektrik anizotropi özellikleri

ve fotoakım özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, kapasite-voltaj ölçümlerinde moleküler yönelimler için, anizotropik dielektrik ölçümleri yapılarak, paralel ve dik dielektrik sabitleri, dielektrik anizotropi parametrelerinin katkılamayla ve lazerle nasıl değiştiği araştırılacaktır.

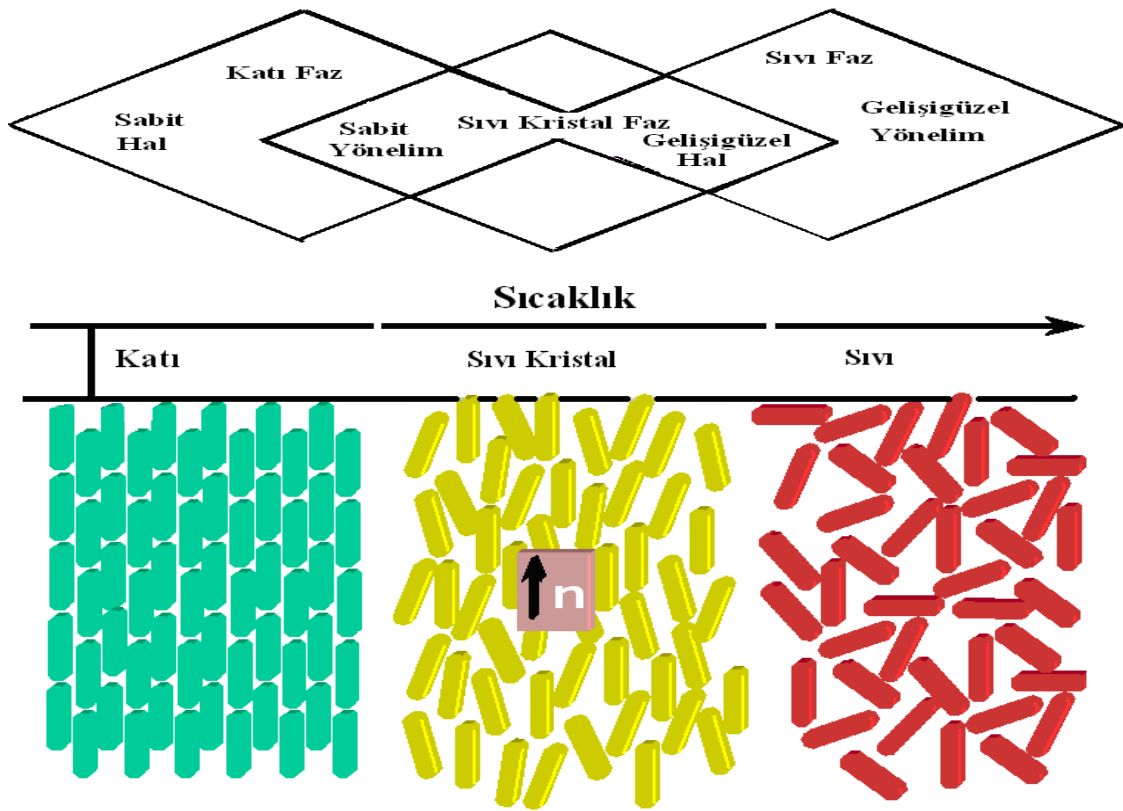
2. SIVI KRİSTALLER

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

Lehmann polarizasyon mikroskobu ile inceleme yaparak bu malzemelerin anizotropik özelliğe sahip olduğunu görmüş ve onları sıvı kristal diye tanımlamıştır.

Sıvı kristal hali, maddenin katı ve sıvı hal özelliklerinin birleştiği ve özelliklerinin çoğu bu iki hal arasında olan özel bir durumu ifade etmektedir.

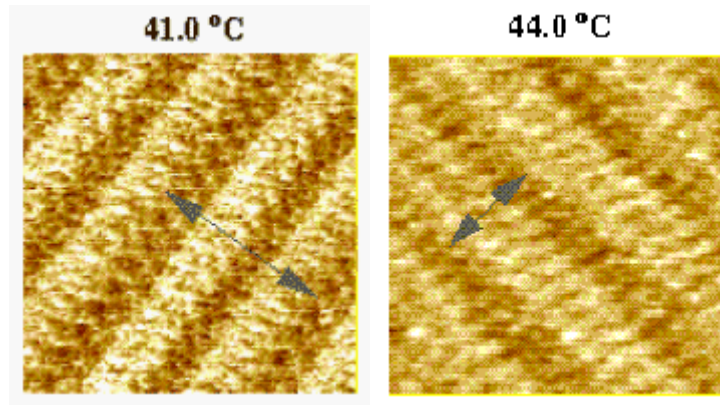
Şekil 2.1’de katı kristal ile sıvı faz arasındaki bu geçişin sıcaklığa bağlı değişimi gösterilmektedir. Sıcaklık arttıkça katı kristal yapıda moleküllerin üç boyutlu örgü düzenliliği iki boyuta indirgenir. Belirli bir sıcaklık değerinde yapıdaki düzenli örgü, moleküller arasındaki bağların kopması ile kaybolmaktadır ve yapı izotropik sıvı faza geçmektedir. Katı ile sıvı arasındaki bu ara fazlarda madde sıvı kristal halinde bulunmaktadır. Bu fazda moleküller arası düzenlilik ve yönelim en belirgin özellik olup yapı anizotropiktir [1].



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

2.1.Sıvı Kristallerde Faz Geçişleri

Taramalı Tünelleme Mikroskobu (STM) kullanılarak sıvı kristallerin adsorbe edilmiş monomoleküler tabakalarındaki sıcaklık değışimleri boyunca farklı buz kütesi yapıları belirlenmiştir [7]. Bu değışiklikler farklı faz geçişleri ile ilişkilendirilmiştir. Dahası bu moleküllerin iki boyutlu dizilimlerinin bulk fazları diyagramları ile sıkı bir ilişkisi olduğu ortaya çıkarılmıştır. Farklı sıcaklıktaki fazların durumu, şekil 2.2’de gösterilmiştir. Katı fazdan izotropik sıvıya geçiş birden bire olmamakta, bazı ara fazlardan geçerek izotropik sıvı oluşmaktadır. Bu ara fazlar smektik, nematik ve kolesterik sıvı kristal fazlardır. Sıvı kristallerin molekülleri yönelimde düzenli, fakat konumda düzensizdirler. Sıcaklığın artırılması ile katı-nematik ve nematik-izotropik sıvı faz geçişleri oluşmaktadır.



Şekil 2.2. Farklı sıcaklıktaki fazların durumu [7].

2.1.1. Sıvı Kristallerde İzotropik-Nematik Faz Geçişleri

Sıvı kristallerde izotropik-nematik faz geçişlerinin moleküler alan tarifi yapıldığında dalgalanma etkilerinin gözlemlenebilir olduğu bulunmuştur. İzotropik fazda magnetik çift kırınım ve ışık yayılımındaki dalgalanmalarının ilk düzeltmeleri yapılmıştır.

Faz geçişlerinin üzerinde uygulanmış alanların etkileri araştırıldığında ortaya çıkan şey moleküler belirlenen bir alanda, çapraz sıraya girecekse faz geçişleri ikinci sırada yer alır.

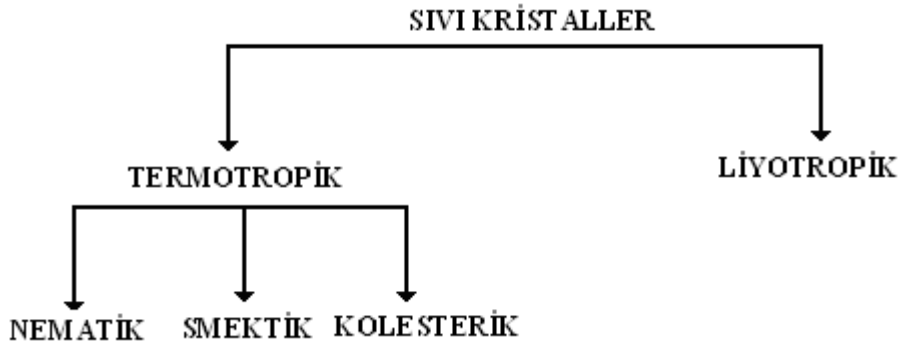
2.1.2. Polimer Sıvı Kristallerde Faz Geçişleri

Polimer sıvı kristaller, polimerlerin ve sıvı kristallerin özelliklerini bir arada bulunduran malzemelerdir. Hibrit yapılar sıvı kristallerle, aynı mezofaz özelliklerini gösterirken diğer yandan da polimerlerin faydalı ve çok yönlü birçok özelliği bir arada gösterirler. Esnek polimerlerin, sıvı kristallerin özelliklerini göstermesi için, çubuk ya da disk şeklindeki mezojenik birimlerin esnek köprülerle polimer ana zincire bağlanması gereklidir. Mezojenlerin polimer ana zincirindeki yeri, polimer sıvı kristalin tipinin belirlenmesinde büyük rol oynar. Yan zincir sıvı kristal polimerler, mezojenlerin polimere esnek köprülerle bir yan zincir olarak bağlanmasıyla oluşturulur. Yan zincir polimer sıvı kristallerde, polimere özgü en önemli özellik, soğuma sürecinde esnek ana zincirden yan zincirlerin kısmen çözünmesiyle oluşan camsı halin oluşumudur. Sıvı kristal polimerlerde faz yapılarının ve faz geçişlerinin belirlenmesi esas olarak termal analiz, optik mikroskopu ve X-ışını ölçümlerine dayanmaktadır [8].

Polimerler ve sıvı kristallerin her ikisi için en uygun olan ifade sıvılaştıran madde sınıfı, bazen kompleks sıvı veya yumuşak madde demektir [9,10]. Camlar ve doğal sentetik polimerler, yapıları sıvıların düzensizliği ile kristallerin periyodikliği arasında olan tanınmış malzemelerdir. Onların fiziksel, kimyasal özellikleri ve davranışı oldukça son yıllarda büyük çalışmalara konu olmuştur. İçinde yumuşak madde, geniş moleküllerle karakterize edilen katı hali zorlayan tipik hali bir arada tutan termik iniş çıkışlı sıvı hal baskın olur. Bazı polimer malzemeler, 19.yüzyıldan beri bilinir, fakat onların özellikleri ve karakteristikleri 20.yüzyılda çalışmaların başlamasına geniş imkân sağlamıştır. Polimerlerin farklı yapısı, farklı malzeme üretimine yeni imkânlar sağlamaktadır [11]. Sıvı kristal polimerler, yüksek gerilim gücü, alışılmamış en genel özellikleri ve çok iyi termal dengesi olan tek bileşiklerdir.

2.2. Sıvı Kristallerin Sınıflandırılması

Sıvı kristaller, oluşum sebeplerine bağlı olarak termotropik ve liyotropik olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Sıvı kristallerin sınıflandırılması.

2.2.1. Liyotropik Sıvı Kristaller

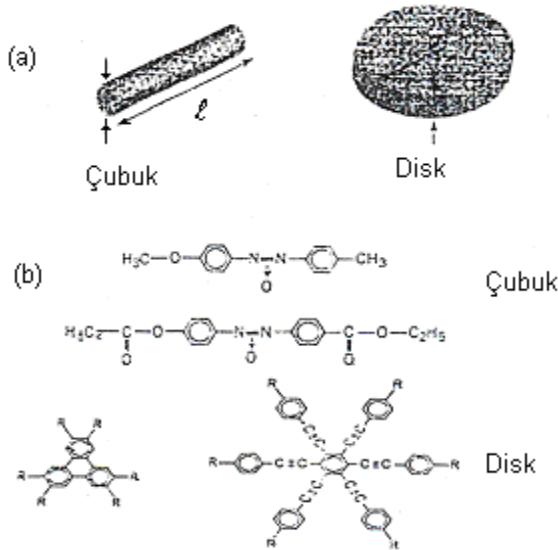
Liyotropik sıvı kristaller iki veya daha çok bileşenli sistemlerdir ve bu grupta faz değişimine sebebiyet veren etken konsantrasyondur. Bu sistemler belirli konsantrasyon ve sıcaklık aralıklarında, izotropik, anizotropik fazların farklı türlerini gösterirler. İzotropik ve anizotropik fazlar, farklı yapısal özelliklere sahiptirler ve farklı noktasal simetrilerle karakterize edilirler. Liyotropik fazların yapısal ve fiziksel özellikleri, liyotropik sistemin bileşenlerinin sayısı, türü ve konsantrasyonundaki değişimlerle değişir.

Liyotropik sistemlere olan ilgi bu arafazların; elektriksel, manyetik alanların, deformasyonların, akışkanların, v.b. etkilerine olan yüksek duyarlılıklarıyla ve bu arafazlarda meydana gelen elektro, manyeto ve termo-optik etkilerin büyük farklılıklarıyla ilişkilidir. Bütün bunlar; bilim, teknik ve teknolojinin değişik evrelerinde bu fazların pratik uygulamalarına imkân sağlamaktadır. Belirli bir katıya bir çözücünün ilavesi ile elde edilen sıvı kristaller olarak bilinirler.

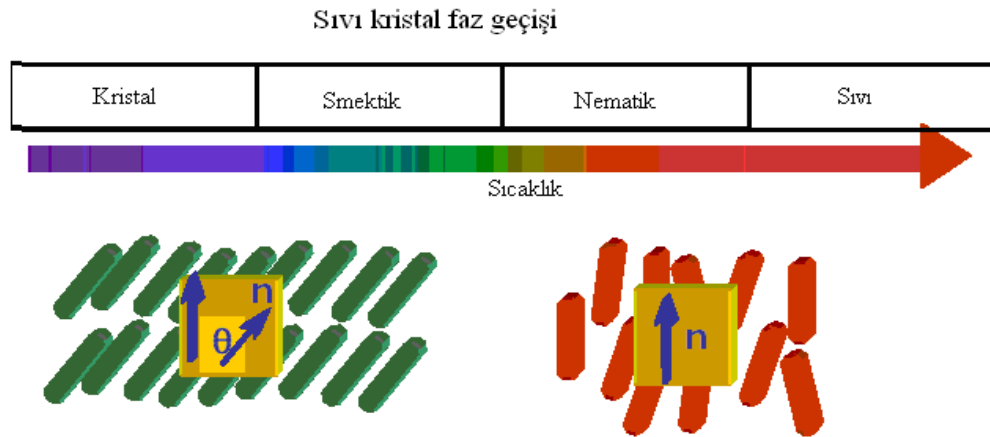
Sıcaklık bu tip için fazla önemli bir parametre değildir. Böyle bir sisteme en iyi örnek sudaki sabundur. Bu sistemler belirli konsantrasyon ve sıcaklık aralıklarında izotropik ve anizotropik fazların çeşitlerini gösterirler. Bu sistemlerin teknolojik uygulamalarının yapılabilmesi için sistemlerin faz hallerinin incelenmesi, liyotropik ve termotropik faz geçişleri belirlenerek faz diyagramlarının kurulması ve sahip oldukları arafazların fiziksel özelliklerinin araştırılması çok önemlidir. Liyotropik sıvı kristaller doğada özellikle canlı sistemlerde bolca bulunmaktadır. Liyotropik sıvı kristaller deterjanlar, gıda endüstrisi, petrol çıkarma endüstrisi, tıp teknolojisi potansiyel uygulamalarında kullanılmaktadırlar [12].

2.2.2. Termotropik Sıvı Kristaller

Kristal yapı ısıtıldığında izotropik sıvıya doğru olan geçişte tek basamaklı bir geçiş yerine birkaç arafaz oluşuyorsa bu tip sıvı kristallere “termotropik sıvı kristaller” denir. Termotropik sıvı kristallerde bu ara fazların oluşumunun ana sebebi sıcaklıktır. Bu tip sıvı kristallerin molekül yapılarına bakıldığında, moleküllerin ince çubuksu veya disk şeklinde olduğu görülür [1,12]. Termotropik sıvı kristaller sıcaklıkla ara değişim fazlarına göre üç gruba ayrılırlar. Bunlar nematik, smektik ve kolesterik tipteki sıvı kristallerdir. Belirli bir katıdan sıcaklık değişimi ile elde edilen sıvı kristallerdir. Termotropik sıvı kristaller, sıvı kristallerin çubuksu, diskli veya polimerik molekülü, sıcaklıkla oluşan fazlardır (Şekil 2.4). Kısaca sıcaklık artışı ile termotropik arafazlar kristalden smektik, nematiğe ve sıvı faza dönüşür (Şekil 2.5).



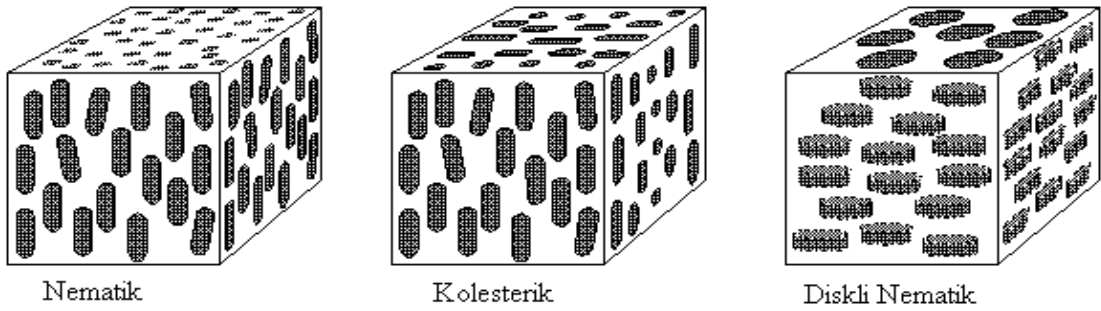
Şekil 2.4. Termotropik sıvı kristallerin molekül yapıları.



Şekil 2.5. Sıvı kristallerde sıcaklığa bağlı olarak moleküller arasındaki açısal değişim ve faz geçişi.

2.2.2.a. Nematik Sıvı Kristaller

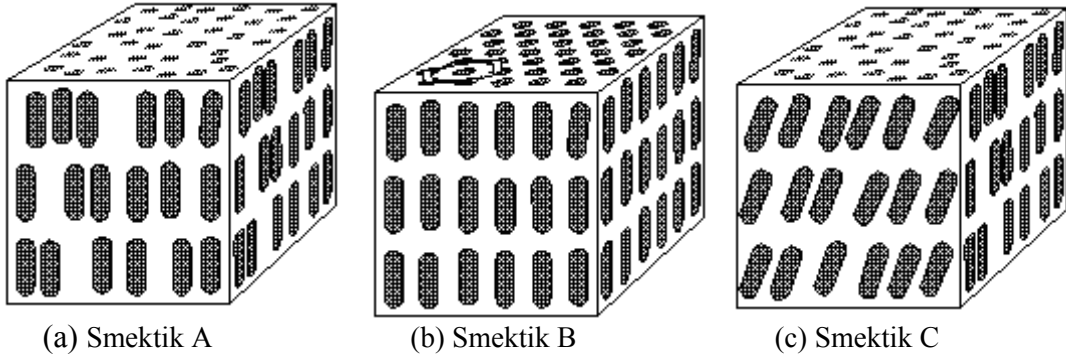
Smektik yapıdaki molekül demeti katmanlarının bozulup tüm moleküllerin farklı aralıklar ve farklı yönlerde fakat aynı doğrultuda yönelmesiyle nematik yapı oluşur. Bu fazda moleküllerin ortalama yönelim doğrultusunda yöneldiği görülür. Yapıdaki moleküller üç yönde hareketlidir ve bir eksen etrafında dönebilirler. Bu özel sıvı kristal formunda, kristal moleküllerinin uzun eksenleri birbirlerine ya paralel ya da paralele çok yakın bir diziliş gösterirler. Şekil 2.6'da, bir nematik sıvı kristalin molekülleri arasındaki paralellik görülmektedir. Sıvı kristal fazlar içerisinde en düzensiz yapı nematik fazlardır. Nematik sıvı kristallerin elektrik alana cevap sürelerinin milisaniye mertebelerinde olması, bu tip kristalleri elektro-optik cihazlarda yaygın olarak kullanılır hale getirmiştir. Bu sıvı kristaller; kol saatlerinde, hesap makinelerinde ve düz ekranlı panolarda kullanılmaktadır [13].



Şekil 2.6. Sıvı kristallerin moleküler yönelimi.

2.2.2.b. Smektik Sıvı Kristaller

Bu fazda 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 smektik alt sınıfı kategorize edilmiştir. Bu sınıflandırma X-ışını kırınım deneyleri ve polarize mikroskop gözlemleri ile gerçekleştirilmiştir. Smektik A'da moleküller tabaka düzlemine dik olacak şekilde yönelmişlerdir. Smektik C'de ise moleküllerin yönelimi tabaka düzlemiyle açı yapmaktadır. Smektik B fazı ise hegzogonal bir paketleme düzeni göstermektedir ve bu fazın bazı özellikleri sıvı kristalden çok katı kristale benzemektedir (Şekil 2.7) [12].



Şekil 2.7. Smektik sıvı kristaller.

Şayet bir sıvı kristal her üç smektik fazda da bulunabiliyorsa ara fazların sıcaklığa göre değişimi şekil 2.8’deki gibi olur.



Sıcaklığın Artış Yönü

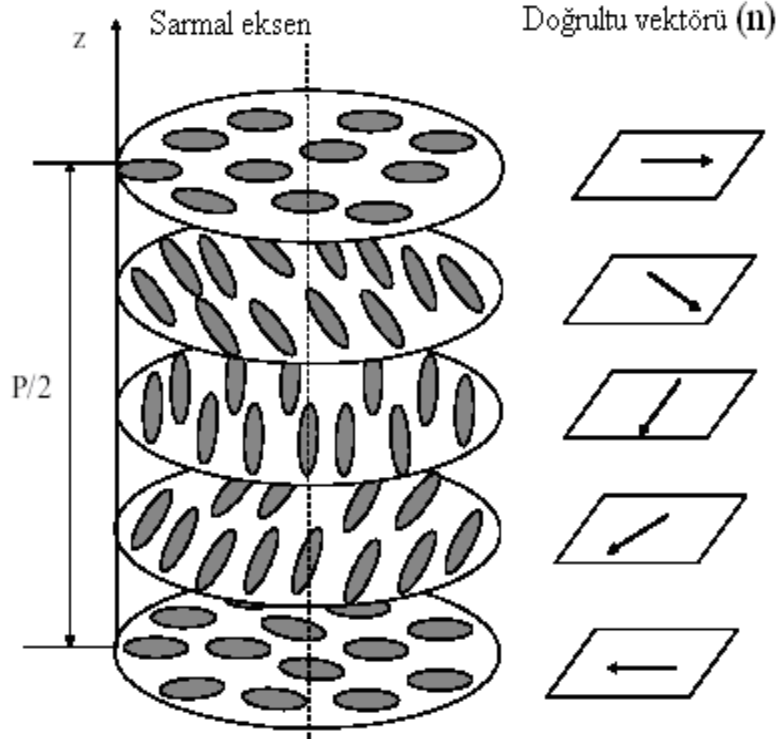
Şekil 2.8. Smektik kristallerde ara fazların sıcaklığa göre değişimi.

2.2.2.c. Kolesterik Sıvı Kristaller

Bu tür sıvı kristaller genel olarak kolesterol türevlerinde gözlendiğinden bu adı almıştır. Kolesterik sıvı kristal bir ortamda moleküllerin doğrultu boyunca yönelimleri söz konusu olmakla beraber, doğrultu ortam içersinde sabit kalmayarak helisel bir dönüş sergilemektedirler.

Kolesterik fazda madde; her biri nematik benzeri yapıya sahip tabakalardan oluşmaktadır. Fakat her bir tabakadaki moleküller normale göre yönelim değişimi göstermektedir. Moleküllerin tabakalar arası geçişi mümkündür ve moleküllerdeki yönelim değişimi madde boyunca helisel burulma göstermektedir (Şekil 2.10). Aynı yönelim turunu tamamlayan tabakalar arasındaki mesafe, helis adımı olarak adlandırılır. Helis adımı, görünür bölgedeki ışığın dalga boyu ile karşılaştırılabilir büyüklüktedir. Kolesterik fazda yansıyan ışığın görünür bölgede olmasından yararlanılarak 0,01°C duyarlılıkta sıcaklık değişimini algılayan sıvı kristal cihazlar yapılmıştır. Bu cihazlar elektronik devrelerin veya mikro yapıların kusurlarının

belirlenmesinde, şok dalgalarının uçakların yüzeylerindeki etkilerinin incelenmesinde ve hastalıklı dokuların teşhisinde kullanılmaktadırlar [14].



Şekil 2.9. Kolesterik sıvı kristallerde moleküllerdeki yönelim değişiminin helisel burulması.

Termotropik sıvı kristaller polarize mikroskopla incelendiklerinde, sıcaklık değişimlerine bağlı olarak faz geçişleri gözlenebilmektedir. Sergiledikleri karakteristik desenler ve bu fazların molekül yapıları tablo 1’de gösterilmiştir. Termotropik sıvı kristal göstermekte olan bir madde, kristal halde iken ısıtılmaya başlanınca erime noktasında bulanık bir sıvıya dönüşür. Isıtma işlemine devam edilince izotropik sıvı özelliği göstereceği başka bir geçiş noktasından geçmektedir. Termotropik sıvı kristaller hal değişimleri sırasında tek basamaklı geçiş yerine; ara fazlar içeren kademeli geçişler sergilemektedirler. Sıcaklığın artması sırasında, geçirilen faz kademeleri, sıcaklığın azaltılması durumunda aynı sırayla geri yönde işlemektedir. Termotropik sıvı kristallerde sıcaklık değişimine bağlı olarak gerçekleşebilen sıvı kristal faz geçişleri, tablo 2’de gösterilmiştir.

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

I	II	III	IV
İzotropik	İzotropik	İzotropik	İzotropik
	Nematik		Kolesterik
Nematik	Smektik A	Kolesterik	Smektik A
	Smektik C		
Katı	Smektik B	Katı	Katı
	Katı		

T

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

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

3. SIVI KRİSTALLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Lazer teknolojisindeki ilerlemeler sonrasında, malzemelerin optik özelliklerinde ışıqla meydana gelen değışiklikler kolaylıkla incelenabilmektedir. Sıvı kristaller sıradan olmayan özellikleriyle, optik yönden ilginç malzemelerdir. Bu malzemelerde, moleküler yönelim mertebesi ve ortalama moleküler yönelim dış etkilerle değışebilir. Bu etkiler mekanik gerginlik, manyetik veya elektrik alan gibi parametrelerdir. Sıvı kristaller ileri seviyede çift kırıcı maddelerdir ve yüksek elektro-optik ve magneto-optik katsayılara sahiptirler [15].

3.1. Sıvı Kristallerin Optik Özellikleri

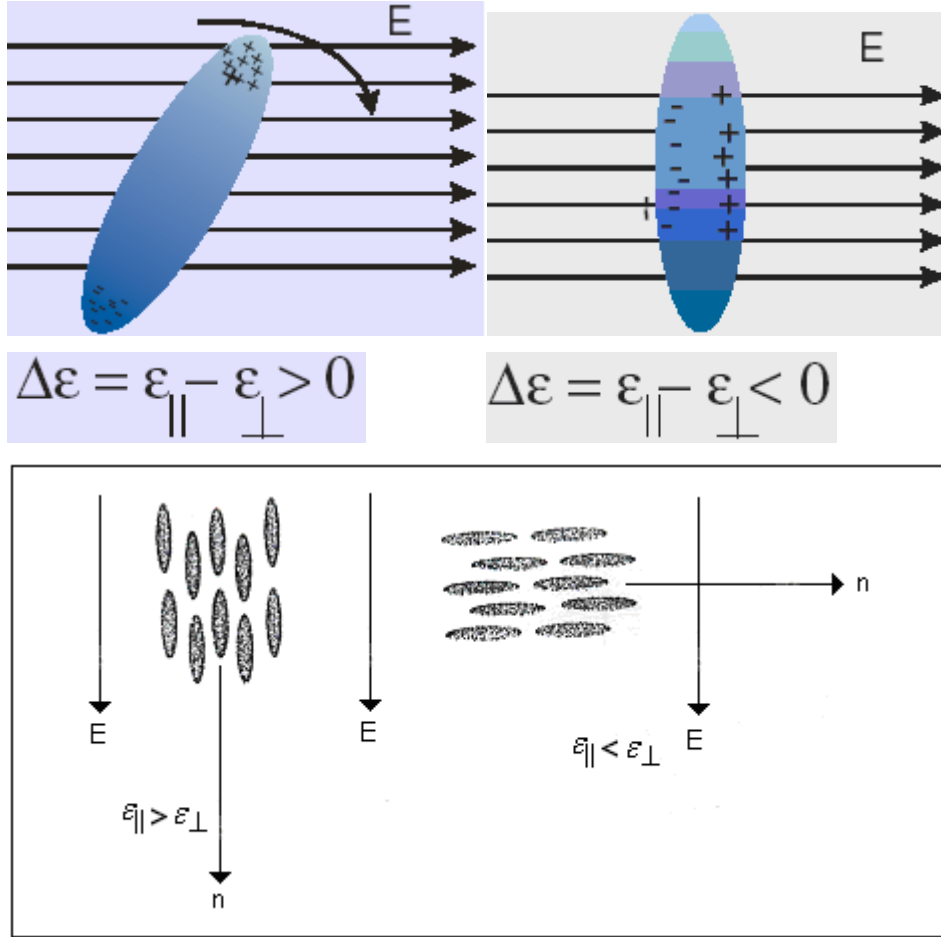
Nematik sıvı kristallerde ortam, çift kırıcı özelliktedir. Doğrultu ve buna dik yönde ölçülen kırılma indisleri arasında belirgin bir fark ortaya çıkmaktadır. Böyle bir madde sıvılara ait akışkanlık özelliklerine sahip olmakla ancak elektrik, manyetik ve optik özellikleriyle anizotropi göstermektedir.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

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

şeklinde tanımlanır. Denklem 3.1’de, $\epsilon_{\parallel}$ ve $\epsilon_{\perp}$ ise sırasıyla elektrik alana paralel ve dik yönde ölçülen dielektrik sabitlerdir. Dielektrik anizotropinin iki tipi vardır. İlki pozitif dielektrik anizotropi olarak isimlendirilir (p-tipi) ve yönelim eksen boyunca dielektrik sabiti, doğrultu eksene dik alan boyunca daha büyüktür. $\Delta\epsilon$ bu durumda sıfırdan büyüktür. Yönelim doğrultu eksenini boyunca olan pozitif dielektrik sabiti, doğrultuya dik eksen boyunca olandan daha

büyüktür ve bu durumda $\Delta\epsilon > 0$ şeklindedir. Öteki tipi ise, negatif dielektrik anizotropidir ve $\Delta\epsilon < 0$ şeklindedir [16]. $\Delta\epsilon > 0$ ise doğrultu elektrik alana paralel, toplam $\Delta\epsilon < 0$ ise alana dik olarak yönelir.

Şekil 3.1’de açıklanan durumun çift kırıcılık olayının başka bir yansıması olduğunu anlamak için kırılma indisiyle dielektrik sabiti arasındaki ilişkiyi hatırlamak yeterlidir. Polarize bir ışık demeti sıvı kristale girdiği zaman iki demete ayrılır, bu demetlerde düzlem polarizedir. Elektrik alan vektörleri dik yönelimlerde ve sıvı kristal ortamda farklı hızlarda yayılmaktadırlar, dolayısıyla da iki farklı kırılma indisi olmaktadır. Optik anizotropi $\Delta n = n_2 - n_1$ olarak adlandırılan çifte kırınım sıvı kristallerin karakterizasyonunda önemli rol oynamaktadır. Şayet optik eksene paralel yayılan demetin kırılma indisi diğer bileşenlerden daha büyükse optik anizotropi pozitifdir, aksi durumda ise negatiftir [17].



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

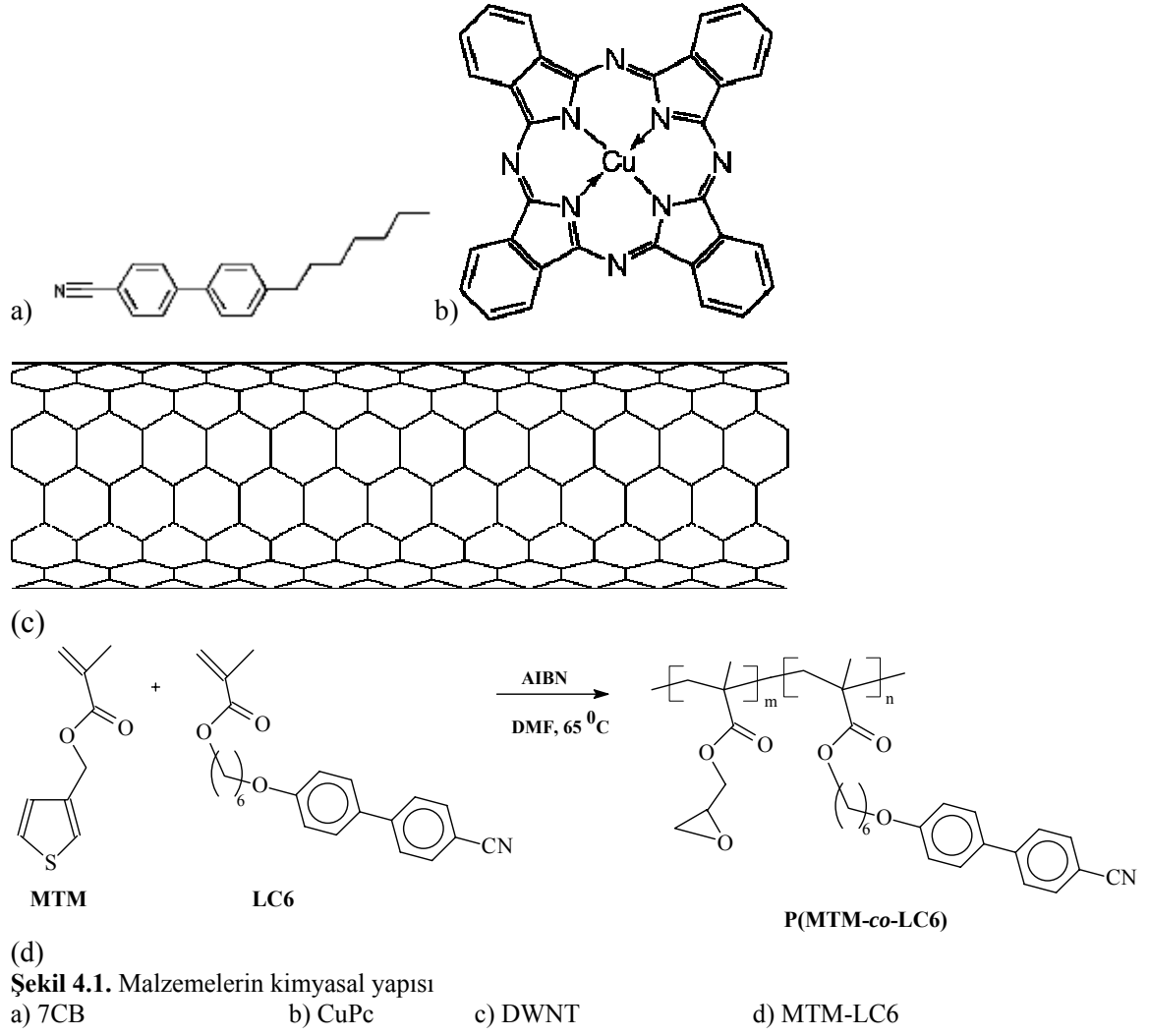
4. DENEYSEL İŞLEMLER

4.1. 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, v.b. her kullanım öncesi alkol ve aseton ile dezenfekte edildikten sonra saf su ile yıkanıp durulandı. Hazırlanan sıvı kristallerin elektro-optik ölçümleri malzemelerin hazırlandığı ortamın dışında farklı laboratuvarlarda yapıldı.

Bu çalışmada kullanılan organik bileşikler, 4-siyano-4'-n-heptilbifenil (7CB), çift duvarlı karbon nanotüpü (DWNT), bakır(II) fitalosiyenin (CuPc) ve 3-tiyenilmetil metakrilat ve 6-(4-sinobifenil-4-oksi) hekzil akrilat (MTM-LC6) malzemeleridir. Malzemelerin kimyasal yapısı şekil 4.1'de verilmiştir.

Hazırlanan sıvı kristal hücrelerin kalınlığı, 7CB için 5,5 μm ; 7CB-DWNT için 5,3 μm ; 7CB-CuPc için 5,3 μm ve 7CB-MTM-LC6 için 5,4 μm 'dir. Numuneler hazırlanırken önce elektronik terazide tartımları yapıldı ve hazırlanan sıvı kristaller deney tüpüne dolduruldu, sırasıyla vorteks ve ultrasonik karıştırıcılarda karıştırıldılar. Ayrıca karışımın daha iyi sağlanması için, zaman zaman ısıtıldılar. Sonuçta hazırlanan 7CB, 7CB-DWNT, 7CB-CuPc ve 7CB-MTM-LC6 numuneleri enjektör yardımı ile indiyum tin oksit (ITO) kaplı sıvı kristal hücrelere dolduruldu. Dielektrik özellikler, akım-voltaj, kapasite-voltaj ölçümleri şekil 4.2'de gösterilen düzenek yardımıyla yapıldı.



Şekil 4.2. Elektriksel ölçümler için deney düzeneği.

4.2. Sıvı Kristalin Dielektrik Özellikleri

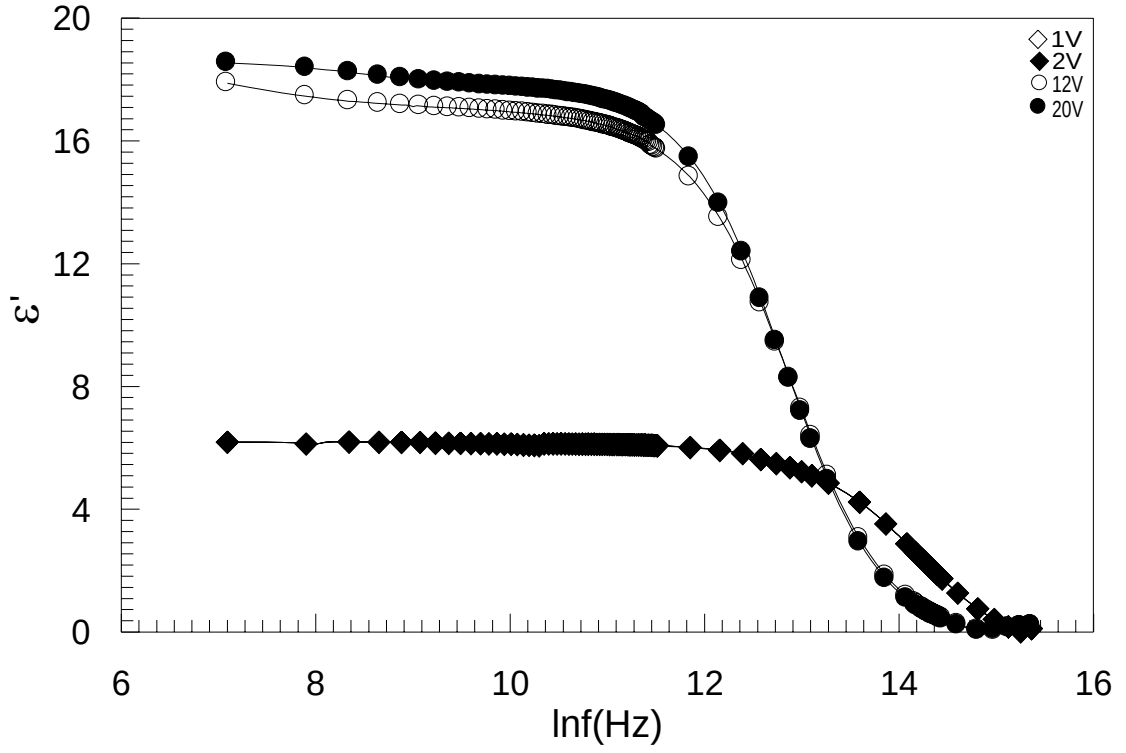
Sıvı kristaller için kompleks dielektrik sabiti [18];

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

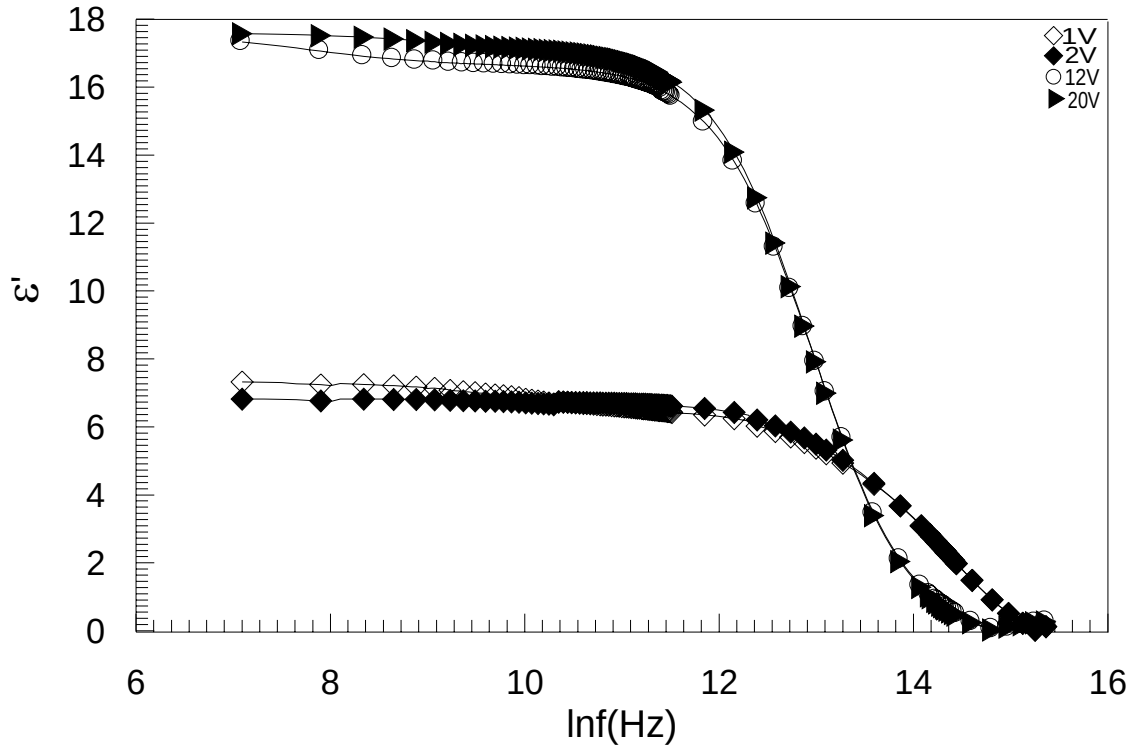
olarak tanımlanır. Bu denklemde ε' dielektrik sabitinin reel kısmı ve ε'' ise sanal kısmı olup

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

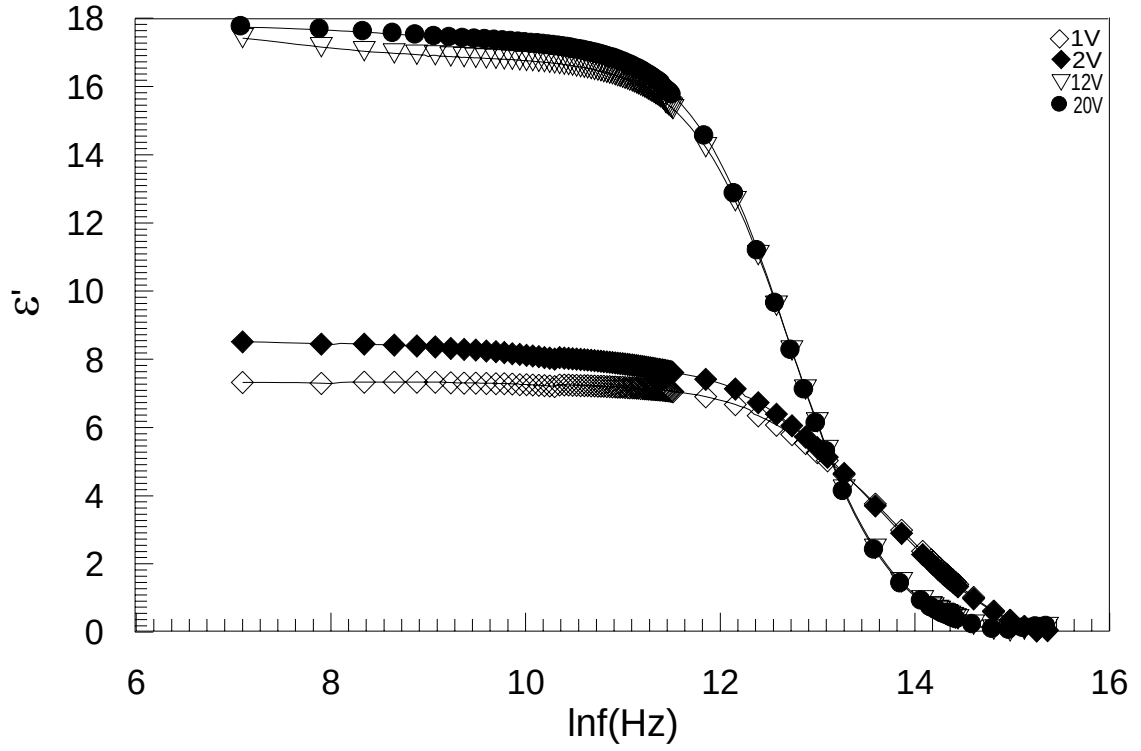
eşitliği ile verilir. Denklemdeki $\tan \delta$ dielektrik kayıp olarak tanımlanır. Hazırlanan sıvı kristallerin dielektrik dispersiyon eğrileri şekil 4.3–4.6’da verilmektedir. Şekillerden görüldüğü gibi dielektrik sabiti düşük voltajda minimum değere sahiptir. Bu da moleküler yönelimin minimum olduğunu gösterir. Uygulanan gerilim artırıldığında, dielektrik sabitinde önemli bir artış görülmekte ve belli bir voltaj değerinden sonra sabit kalmaktadır. Bu sonuç, başlangıçta uygulanan elektrik alana dik olan sıvı kristaller moleküllerin elektrik alana paralel duruma geçtiğini gösterir. Uygulanan gerilim artırıldığı zaman, moleküler yönelim başlar ve bunun sonucunda dielektrik sabiti artar ve belli bir gerilim değerinden sonra dielektrik sabiti, sabit bir değere ulaşır.



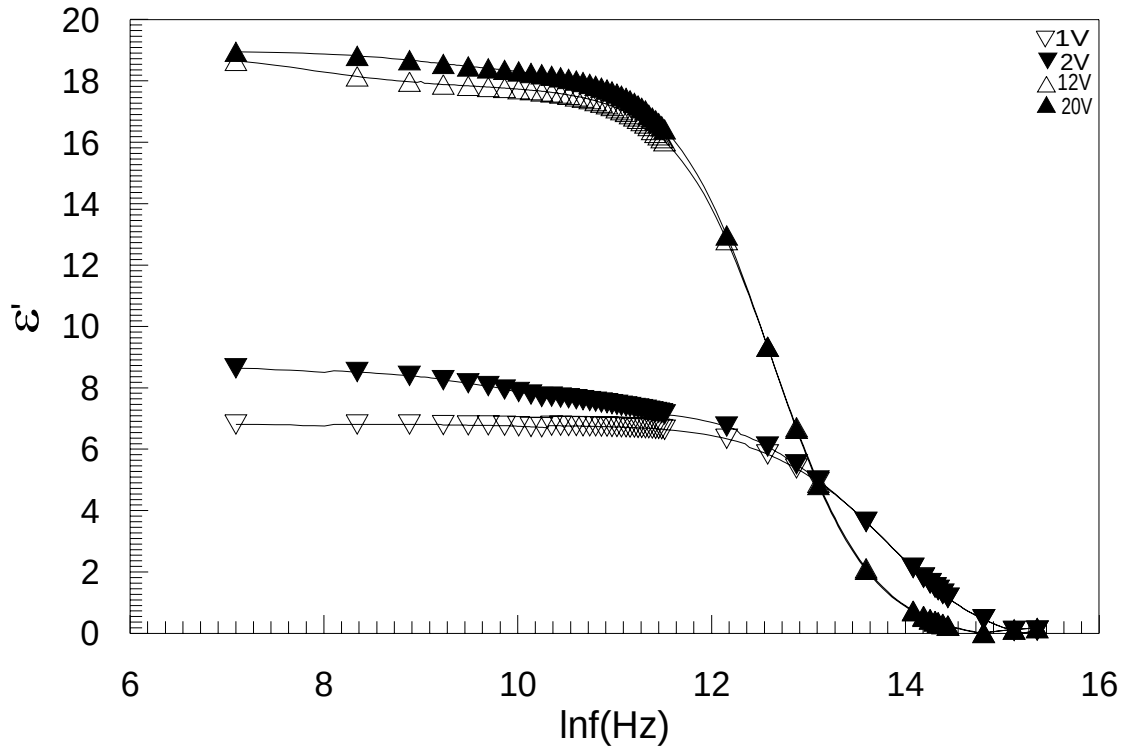
Şekil 4.3. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil için dielektrik sabitinin reel kısmının frekansa göre değişim grafiği.



Şekil 4.4. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile % 1 çift duvarlı karbon nanotüp için dielektrik sabitinin reel kısmının frekansa karşı değişim grafiği.

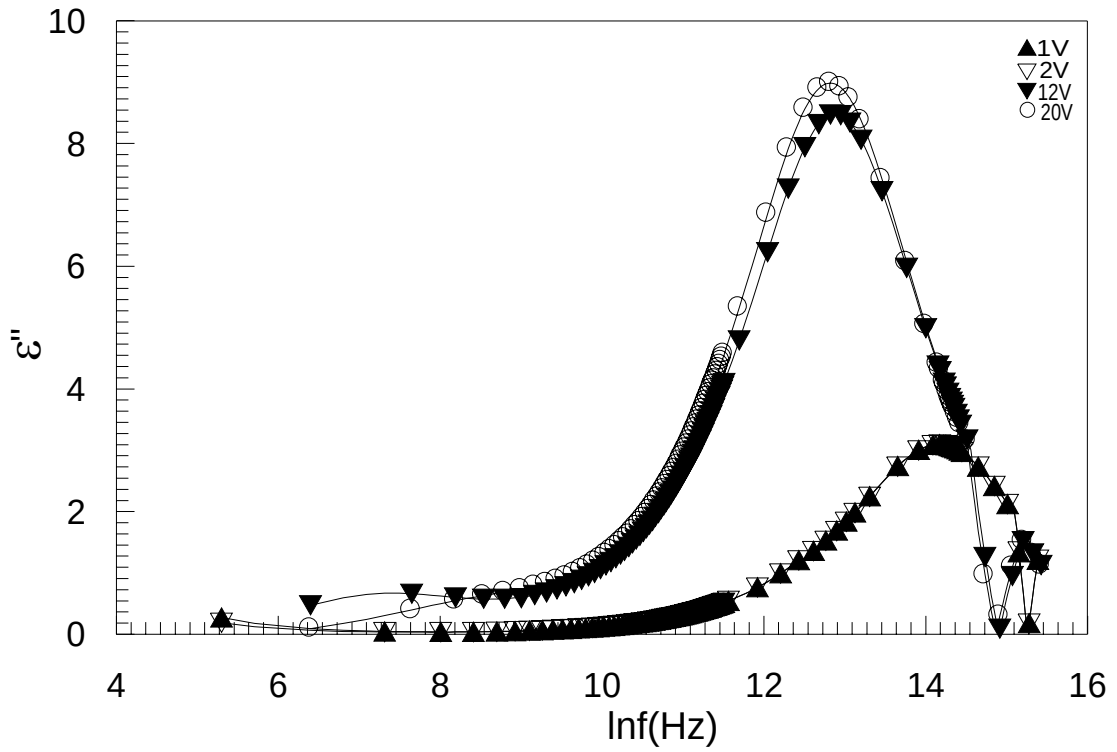


Şekil 4.5. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 3-tiyenilmetil metakrilat ve 6-(4-sinobifenil-4-oksi) hekzil akrilat için dielektrik sabitinin reel kısmının frekansa karşı değişim grafiği.

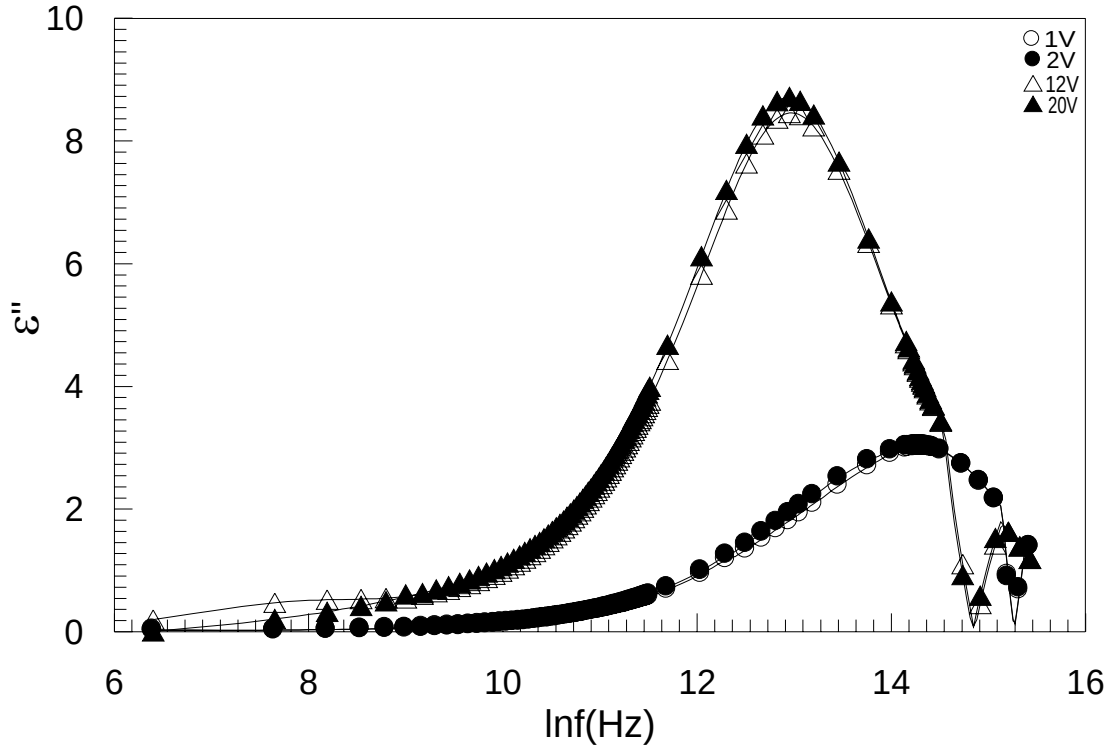


Şekil 4.6. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil le %1 bakır (II) fitalosiyanın için dielektrik sabitinin reel kısmının frekansa karşı değişimi.

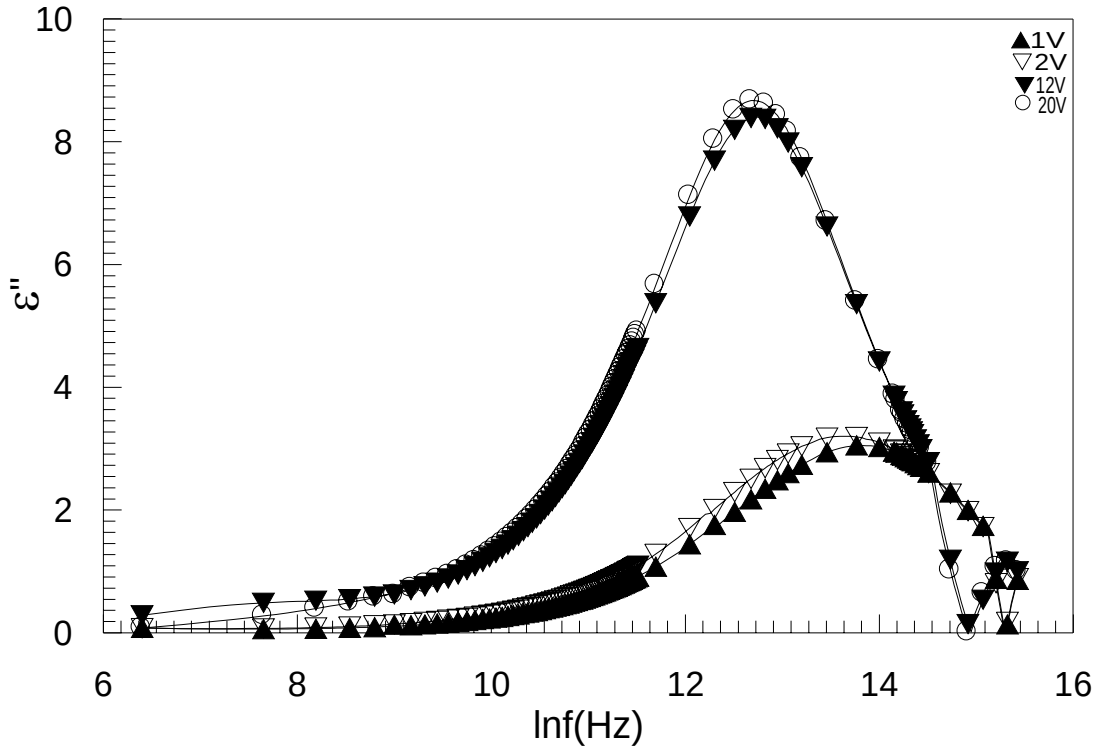
Sıvı kristal numunelerin dielektrik absorpsiyon değişimi (4.2) denkleminde ve numunelerin kapasite-voltaj değerleri kullanılarak ölçüldü ve sonuçlar alındı. Elde edilen sonuçlar ise şekil 4.7-4.10'da verilmektedir. Eğrilerden de görüldüğü gibi absorpsiyon eğrileri, bir relaksasyon piki göstermektedirler. Relaksasyon pikin pozisyonu uygulanan gerilimle düşük frekanslara kaymaktadır. Bu sıvı kristal moleküllerinin yönelimlerinden kaynaklanmaktadır, yani uygulanan gerilim moleküllerinin hareketini kolaylaştırmakta, bundan dolayı yönelim alternatif akımın düşük frekanslarında meydana gelmektedir. Meydana gelen relaksasyon olayı da gerilime bağlı bir relaksasyon olayıdır.



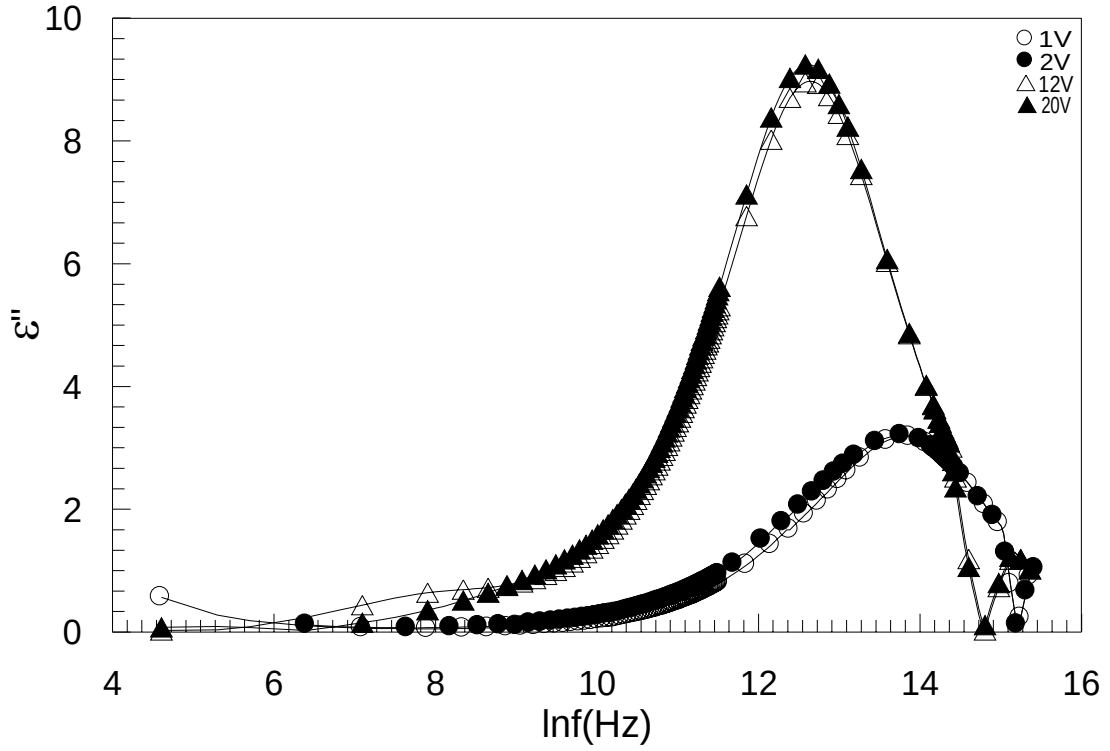
Şekil 4.7. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil için dielektrik sabitinin sanal kısmının frekansa göre değişim grafiği.



Şekil 4.8. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile % 1 çift duvarlı karbon nanotüp için dielektrik sabitinin sanal kısmının frekansa karşı değişim grafiği.



Şekil 4.9. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 3-tiyenilmetil metakrilat ve 6-(4-sinobifenil-4-oksi) hekzil akrilat için dielektrik sabitinin sanal kısmının frekansa karşı değişim grafiği.



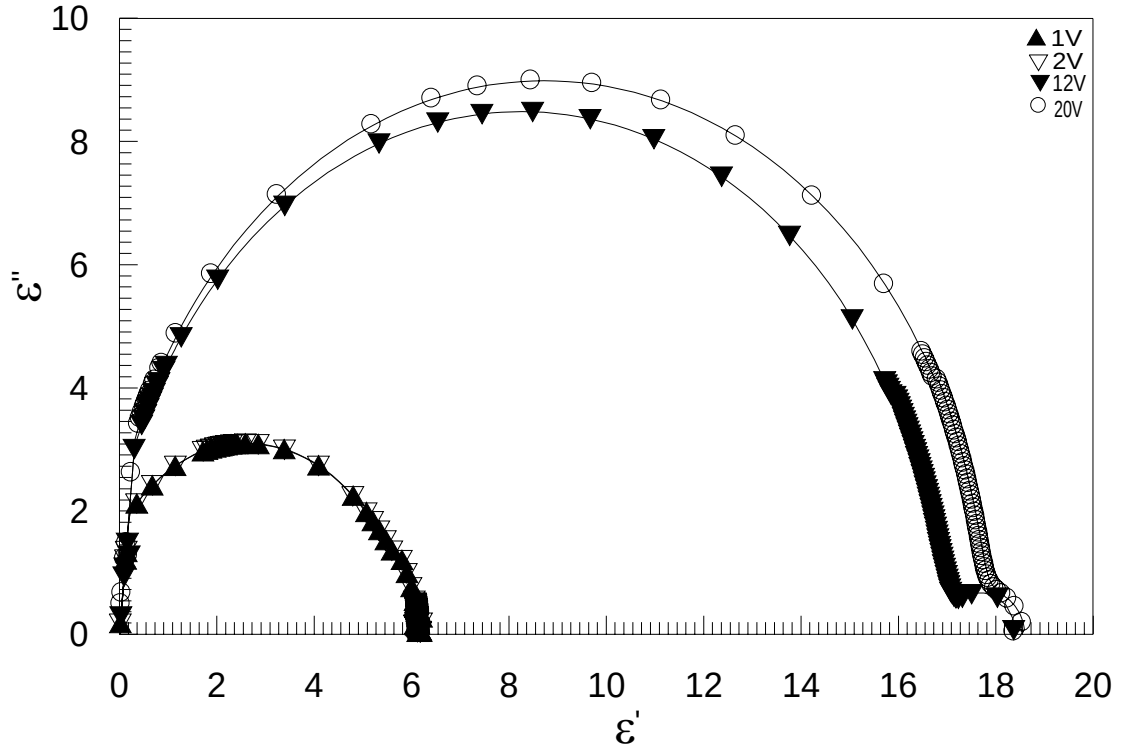
Şekil 4.10. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 bakır (II) fitalosiyanın için dielektrik sabitinin sanal kısmının frekansa karşı değişimi.

Sıvı kristal numunelerde meydana gelen relaksasyon olayının incelenmesi için Cole-Cole eğrilerine göre analiz edildi. Bu eğriler relaksasyon olayının tipini ve zamanını vermektedir. Şekil 4.11–4.14'te dielektrik sabitinin sanal kısmının reel kısmına bağlılığı verilmektedir. Şekilden görüldüğü gibi, eğriler bir yarım daire çizmektedir. Dairelerin merkezi x-ekseni üzerindedir. Bu sıvı kristal numunelerde Debye tipi relaksasyon olayının meydana geldiğini gösterir. Uygulanan voltajla dairenin yarıçapı artmaktadır. Bu artış, moleküllerin elektrik alana dik durumdan paralel duruma geçtiğini gösterir. Böyle sıvı kristaller için dielektrik relaksasyon olayı,

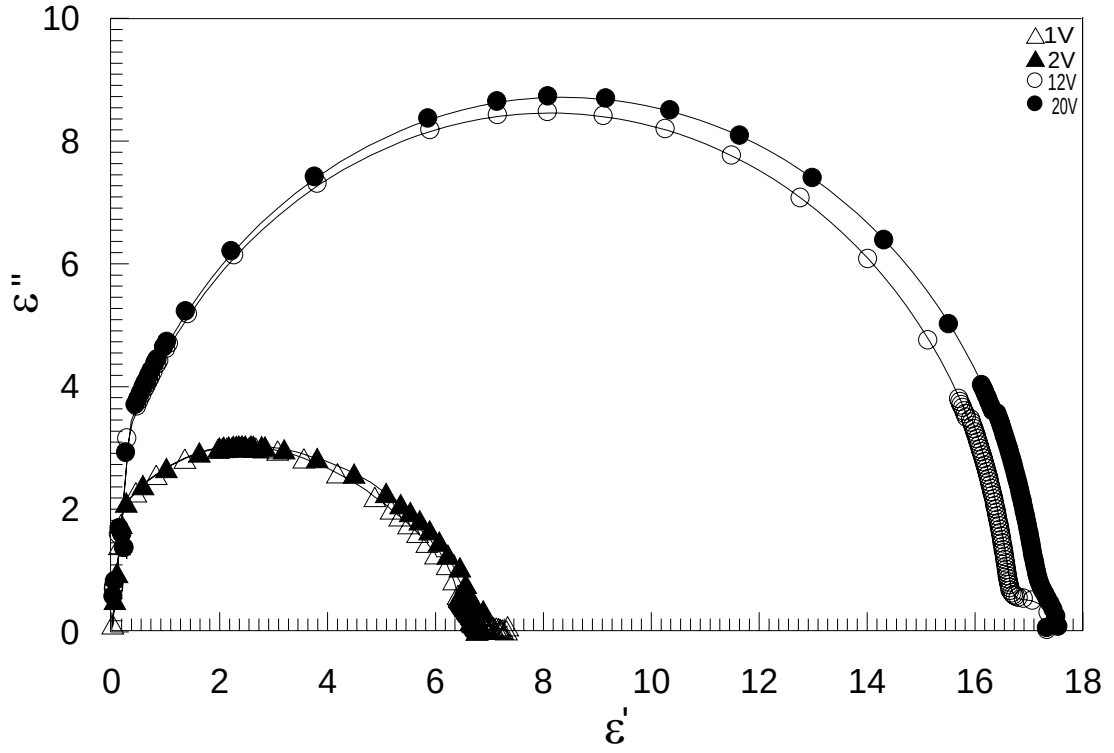
$$\varepsilon^*(\omega) = \varepsilon_{\infty} + \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_{\infty}}{1 + (i\omega\tau)^{-\alpha}} \quad (4.3)$$

ifadesiyle analiz edilir. Burada ε^* kompleks dielektrik sabiti ε_0 düşük frekans limitindeki dielektrik sabiti, ε_{∞} yüksek frekans limitindeki dielektrik sabiti, τ relaksasyon zamanı, ω açısal frekans, α dağılım parametresidir [19,20,21]. $\alpha = 1$ için Debye tipi relaksasyon olayı meydana gelir. α Değerleri Cole-Cole eğrilerinden belirlenir. α 'nın daha küçük değerleri geniş bir simetrik relaksasyon eğrisini verir. Bu eğriler numunelerin relaksasyon mekanizması

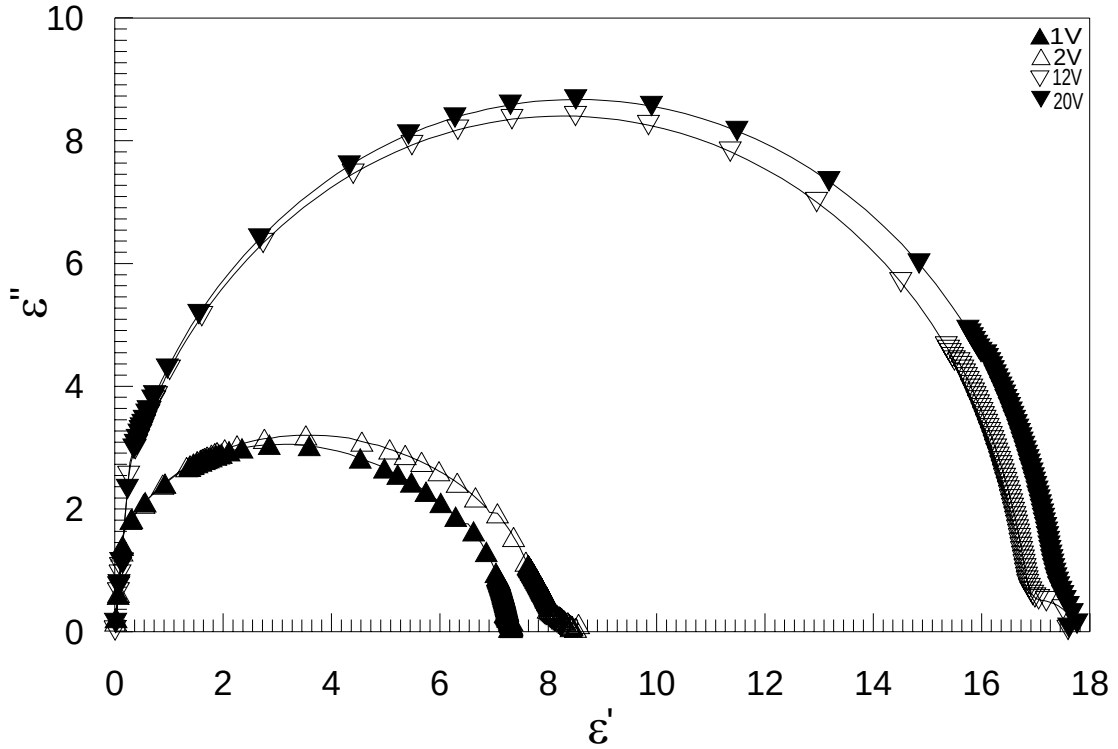
hakkında faydalı bilgiler verir. Sıvı kristal numuneler için relaksasyon zamanı relaksasyon pikinden hesaplandı ve bulunan değerler tablo 3'te verildi.



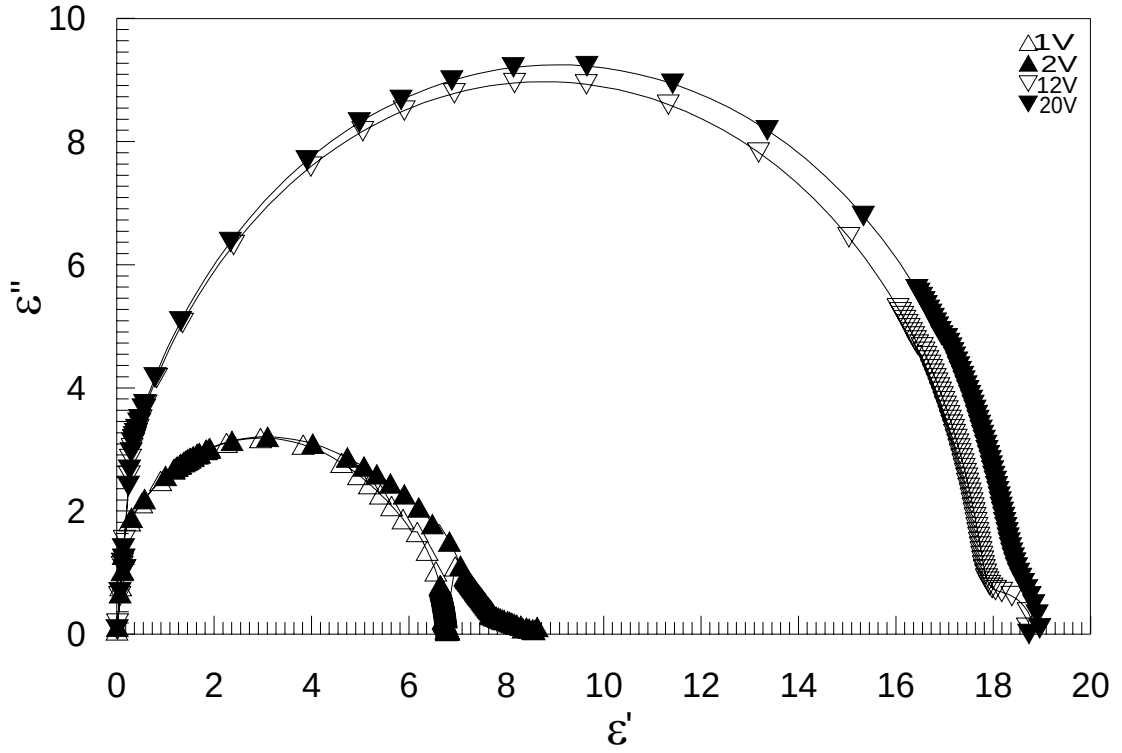
Şekil 4.11. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil için dielektrik sabitlerinin sanal kısmının reel kısmına karşı değişimi ($\epsilon'' - \epsilon'$) grafiği.



Şekil 4.12. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile % 1 çift duvarlı karbon nanotüp için dielektrik sabitlerinin sanal kısmının reel kısmına karşı değişimi (ϵ'' - ϵ') grafiği.



Şekil 4.13. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 3-tiyenilmetil metakrilat ve 6-(4-sinobifenil-4-oksi) hekzil akrilat için dielektrik sabitlerinin sanal kısmının reel kısmına karşı değişimi (ϵ'' - ϵ') grafiği.



Şekil 4.14. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 bakır (II) fitalosiyanın için dielektrik sabitlerinin sanal kısmının reel kısmına karşı değişimi (ϵ'' - ϵ') grafiği

Tablo.3. Farklı voltajlarda numuneler için relaksasyon zamanları.

τ (s)	1 V	2V	12V	20 V
7CB	$1,13.10^{-7}$	$1,13.10^{-7}$	$4,15.10^{-7}$	$4,36.10^{-7}$
7CB-DWNT	$1,01.10^{-7}$	$0,96.10^{-7}$	$3,75.10^{-7}$	$3,95.10^{-7}$
7CB-MTM-LC6	$1,61.10^{-7}$	$1,92.10^{-7}$	$4,59.10^{-7}$	$4,82.10^{-7}$
7CB-CuPc	$1,61.10^{-7}$	$1,67.10^{-7}$	$5,33.10^{-7}$	$5,33.10^{-7}$

4.3. Dielektrik Anizotropi Özellikleri

Sıvı kristallerin dielektrik anizotropi ölçümleri, kapasite-voltaj metoduyla yapıldı. Sıvı kristal numunelerin kapasite-voltaj eğrileri şekil 4.16-4.19'da verilmiştir.

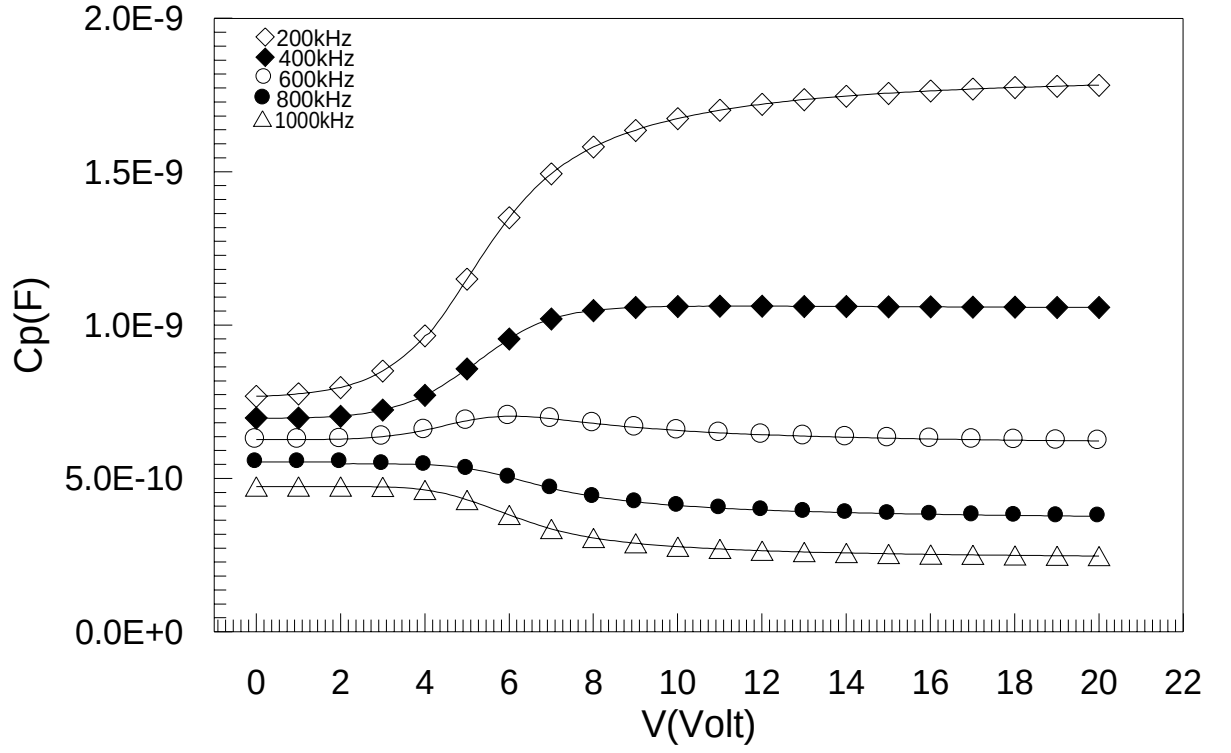
Şekillerden görüldüğü gibi, kapasite başlangıçta hemen hemen sabit değerde iken, belli bir voltaj değerinden sonra, kapasite değeri hızlı bir şekilde artmakta ve daha sonra sabit bir

değere ulaşmaktadır. Uygulanan voltajın minimum değerlerinde kapasite minimum, yani moleküllerin ilk konumlarında olduğunu gösterir. Uygulanan voltajla kapasite değerinin değişmesi ise moleküllerin yönelime başladıklarını gösterir (Şekil 4.15). Kapasitedeki artış moleküler yönelimi yüzündendir, çünkü sıvı kristalin dielektrik anizotropi özelliği yüzünden kapasite değeri artmaktadır. Lazerin, sıvı kristallerin dielektrik anizotropisi üzerindeki etkileri araştırıldı. Kapasite-voltaj eğrilerinden görüldüğü gibi, lazer moleküllerin yönelimlerini kolaylaştırmıştır. Lazer etkisi altında hesaplanan dielektrik anizotropi değerleri tablo 4'te verildi. Lazer etkisi altında hesaplanan dielektrik anizotropi değerleri değişmektedir.

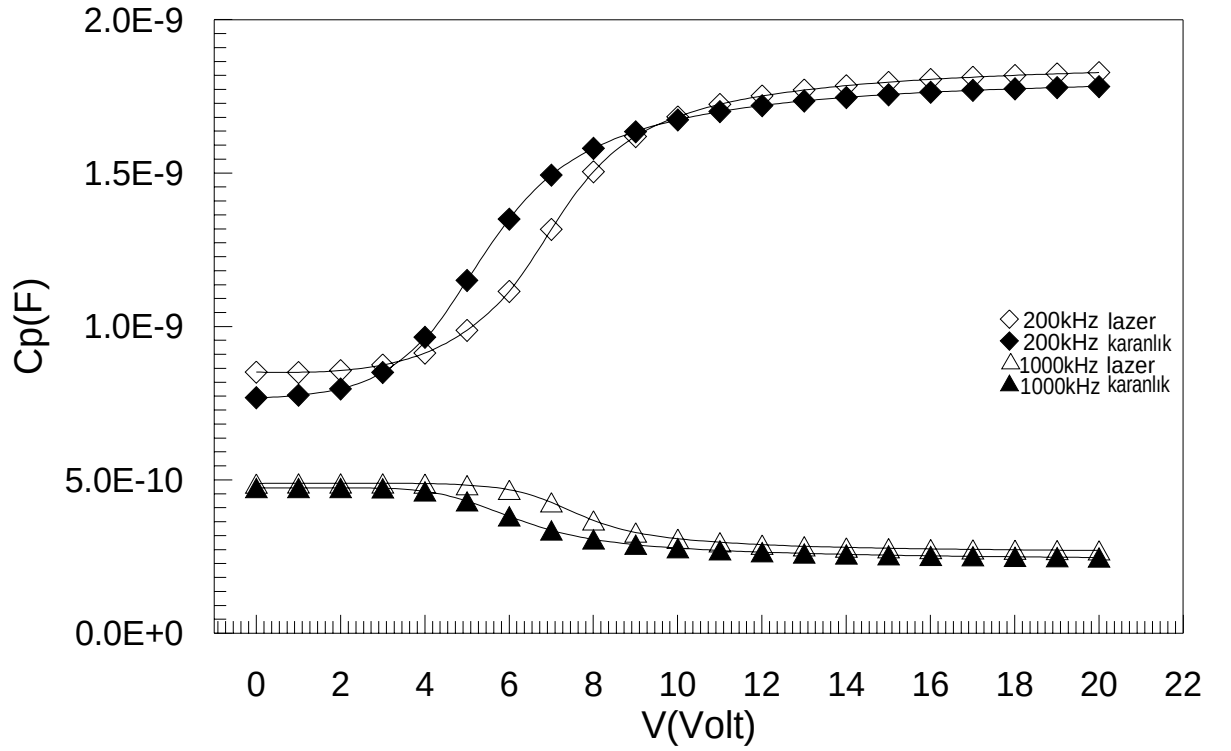
Hazırlanan sıvı kristallerin dielektrik anizotropi değerleri hesaplandı ve tablo 4'te verildi. Tablodan görüldüğü gibi, dielektrik anizotropi değerleri katkı malzemeleri ile değişmektedir. Dielektrik anizotropi için kritik frekans değerleri de hesaplandı ve tablo 5'te verildi. Kritik frekans değerlerinin katkılanan malzemelerle değişmektedir. Lazer etkisi ile dielektrik anizotropi değerleri değişmektedir. Hazırlanan tüm sıvı kristaller, pozitif dielektrik anizotropiden negatif dielektriğe geçiş özelliği göstermişlerdir.



Şekil 4.15. Uygulanan voltajla moleküllerin yöneliminin değişimi.

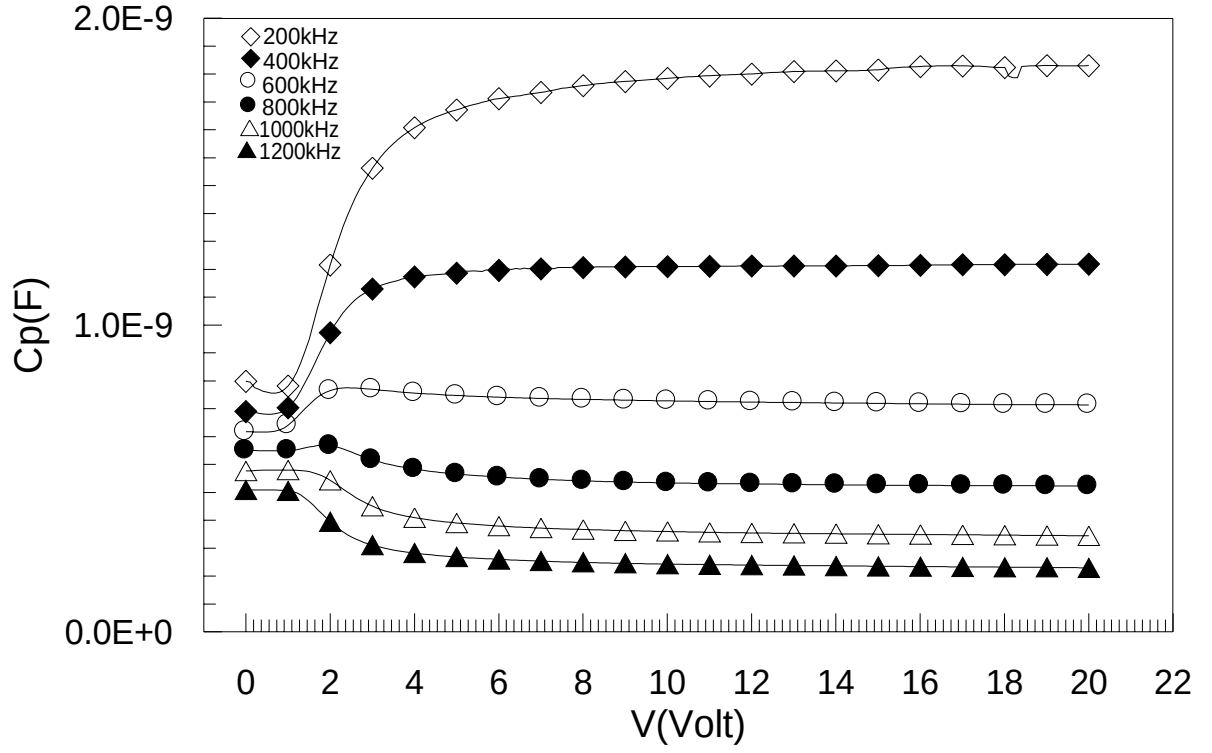


(a)

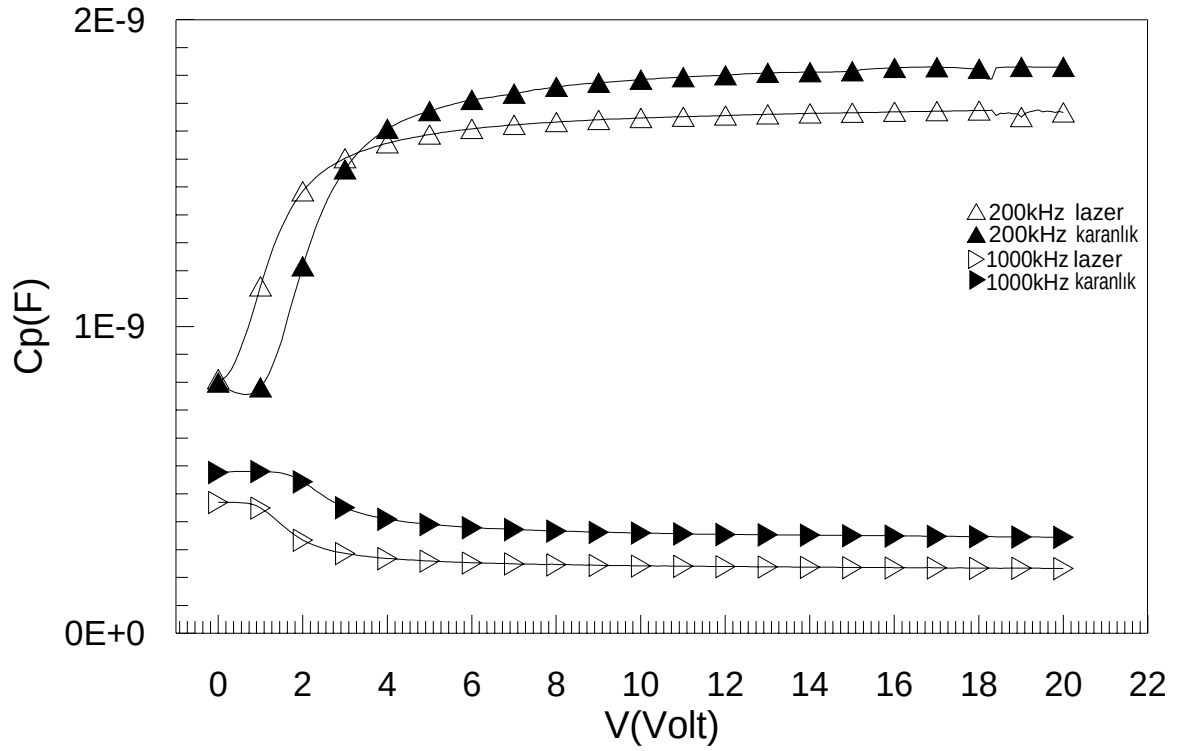


(b)

Şekil 4.16. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil için, (a) karanlık ortamda numunenin farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri, (b) 4-siyano-4'-n-heptilbifenil için numunenin karanlık-lazer ortamında farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri.

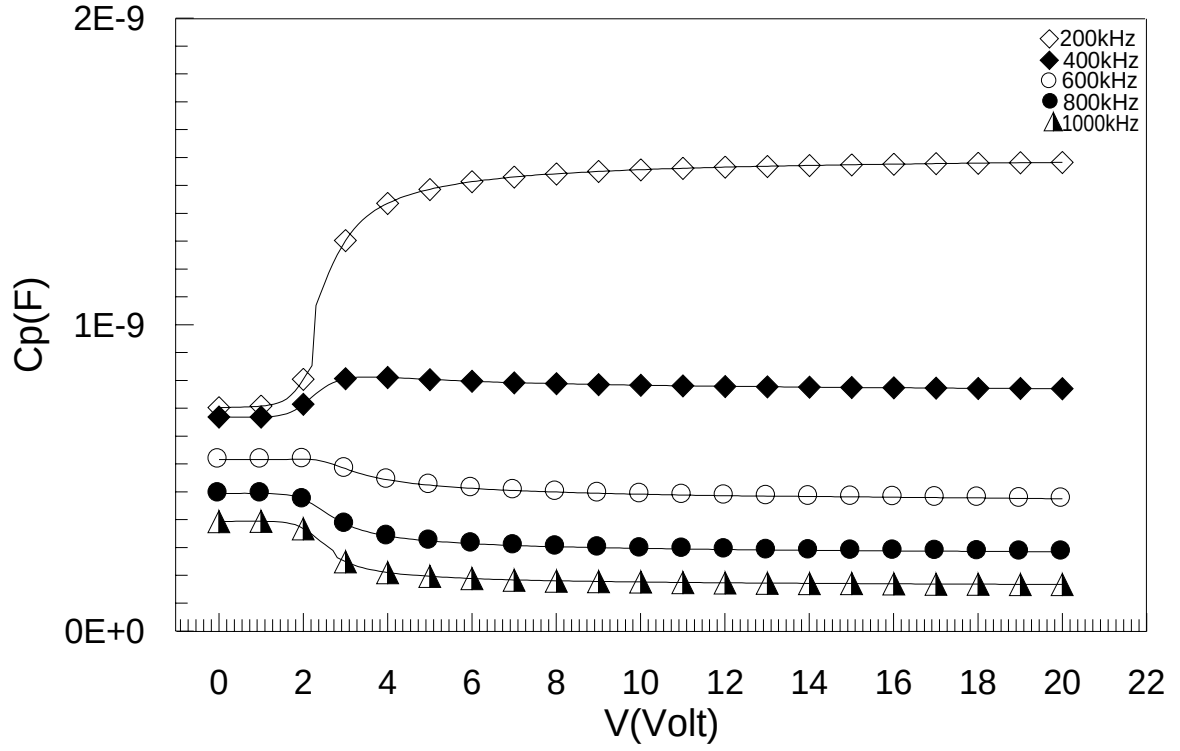


(a)

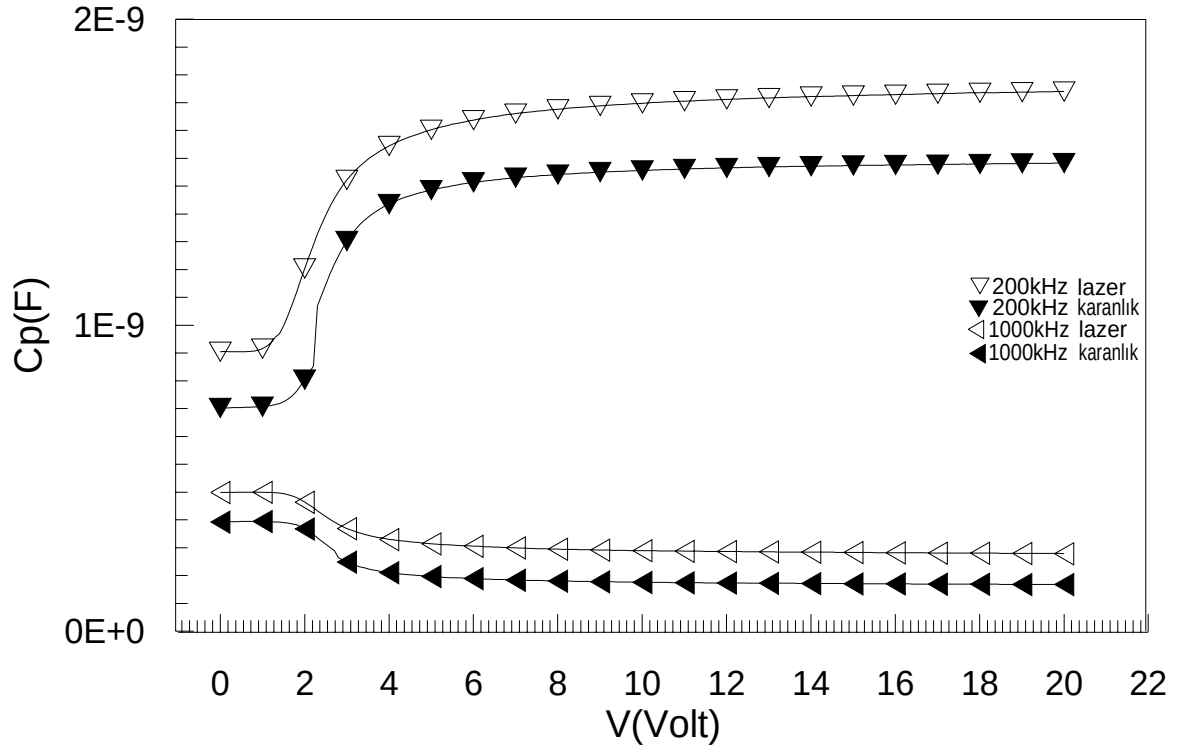


(b)

Şekil 4.17. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile % 1 çift duvarlı karbon nanotüp için, (a) karanlık ortamda numunenin farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri,(b) numunenin karanlık-lazer ortamında farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri.

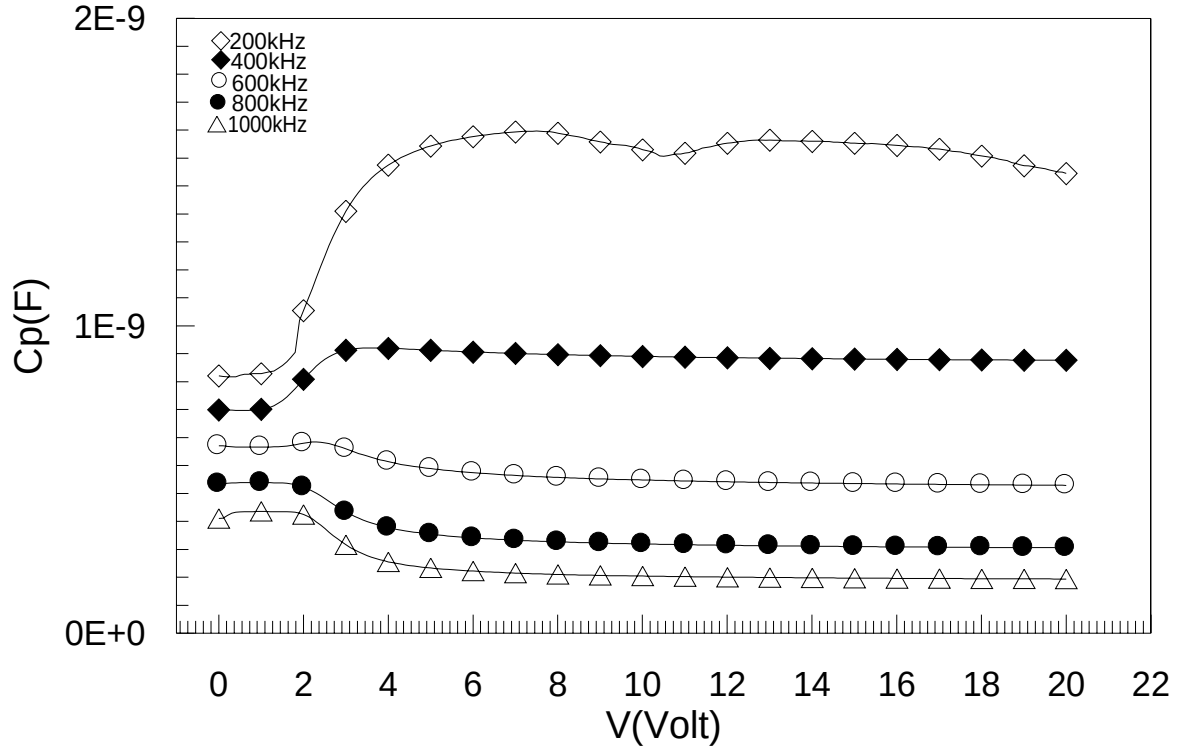


(a)

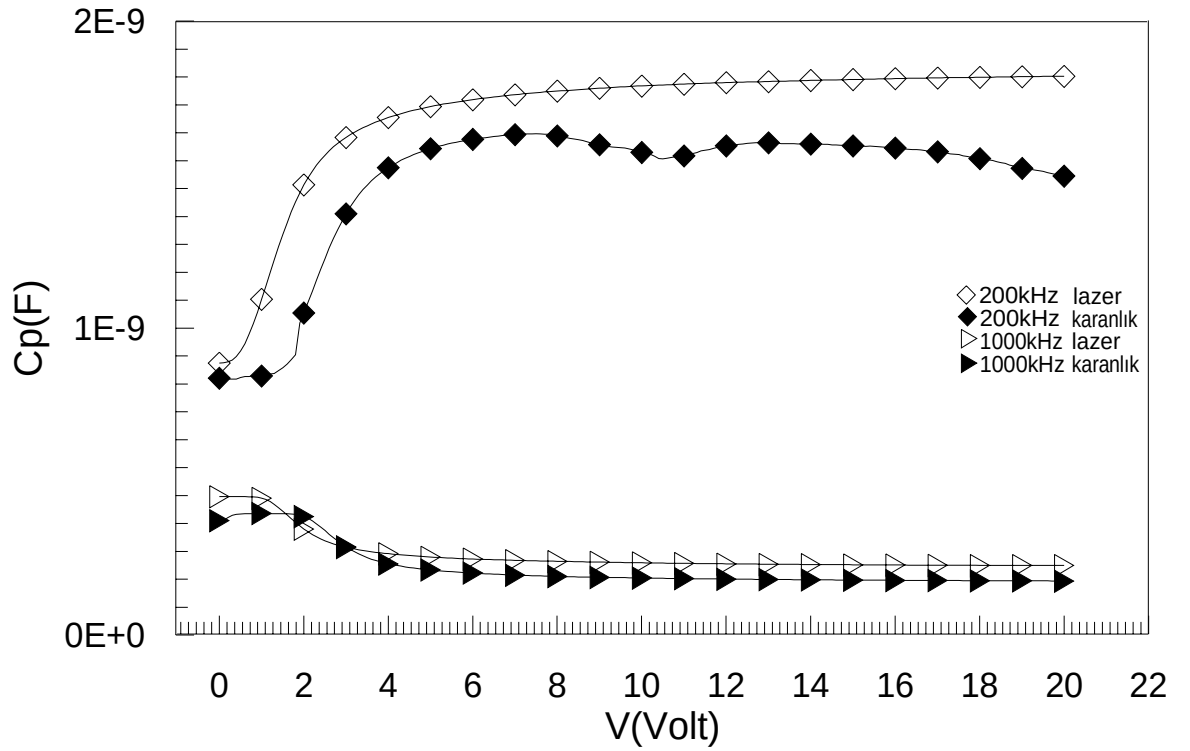


(b)

Şekil 4.18. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 3-tiyenilmetil metakrilat ve 6-(4-sinobifenil-4-oksi) hekzil akrilat için , (a) karanlık ortamda numunenin farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri, (b) numunenin karanlık-lazer ortamında farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri.



(a)



(b)

Şekil 4.19. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 bakır (II) fitalosiyenin için, (a) karanlık ortamda numunenin farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri, (b) numunenin karanlık-lazer ortamında farklı frekanslardaki kapasite-voltaj grafikleri.

Tablo 4'te numunelerin farklı frekanslarda pozitif dielektrik anizotropiden negatif dielektrik anizotropiye geçiş değerleri görülmektedir.

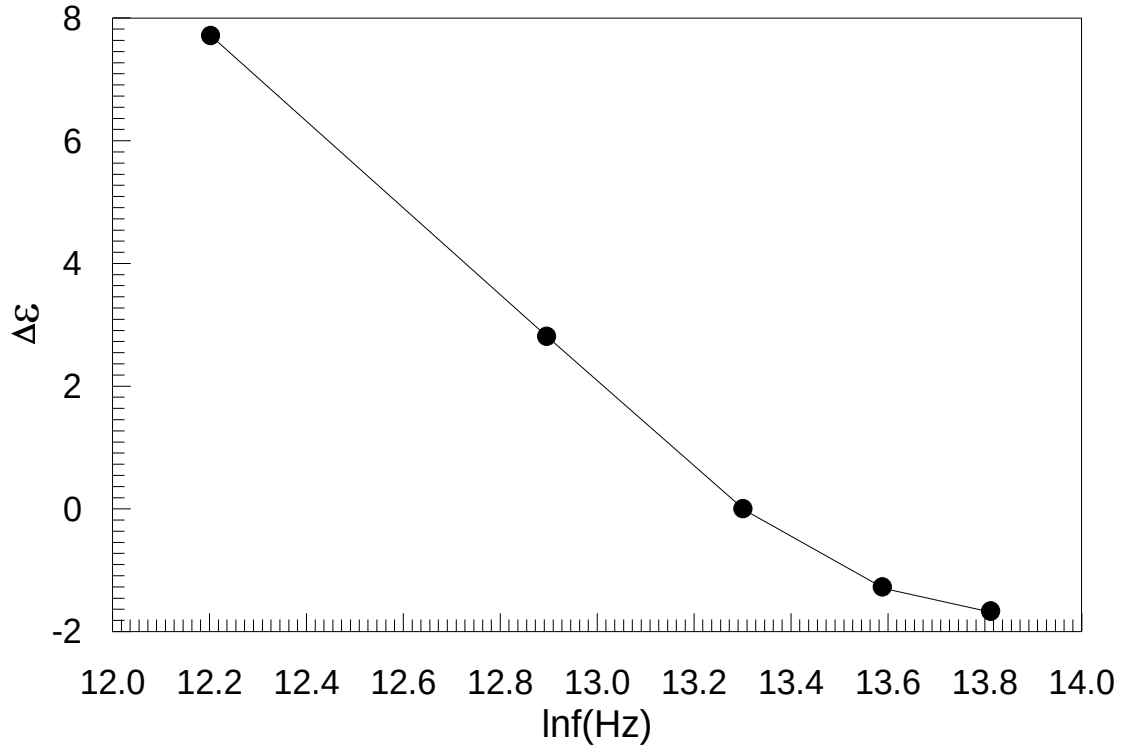
Tablo 4. Farklı frekanslarda $\Delta\epsilon$ değerleri.

$\Delta\epsilon$	200kHz	400kHz	600kHz	800kHz	1000kHz
7CB	7.683	2.783	-0.028	-1.300	-1.691
7CB-DWNT	7.739	3.551	0.713	-0.820	-1.820
7CB-MTM-LC6	5.975	0.726	-0.928	-1.407	-1.519
7CB-CuPc	5.629	1.241	-0.876	-1.538	-1.636

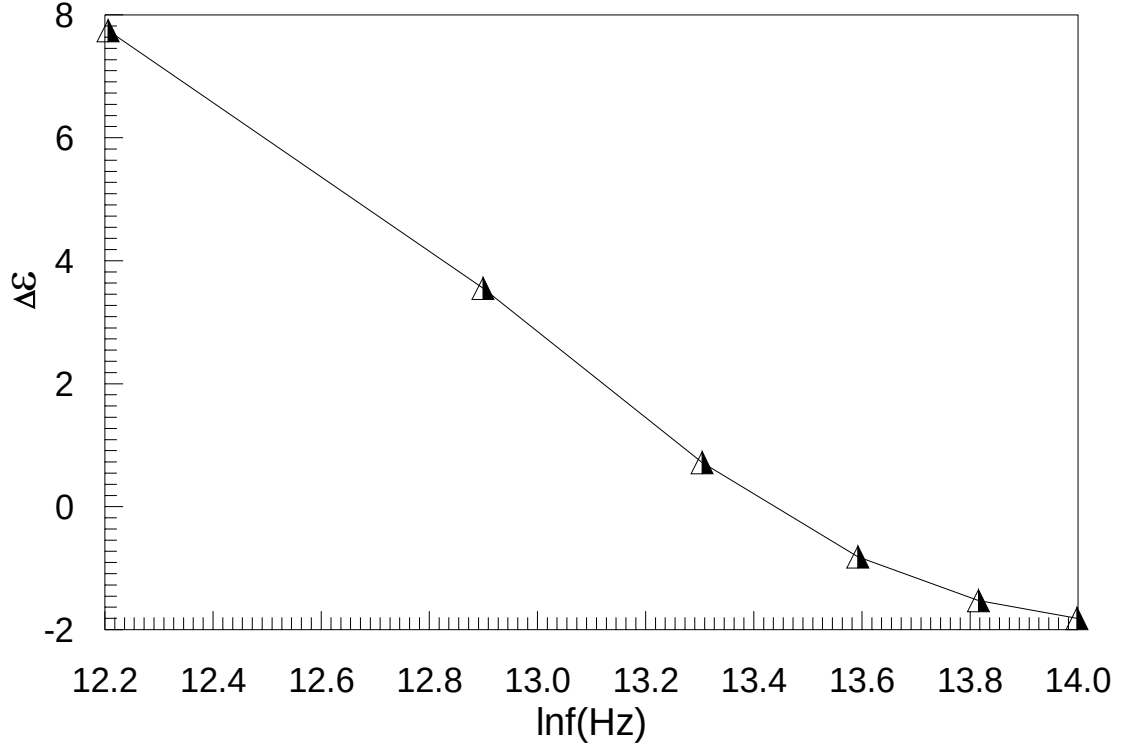
$\Delta\epsilon$	200kHz	1000kHz
7CB (lazer)	7.357	-1.641
7CB-DWNT (lazer)	6.380	-1.567
7CB-MTM-LC6 (lazer)	6.305	-1.476
7CB-CuPc (lazer)	6.765	-1.648

Tablo 5. Farklı numunelerin kritik frekansları.

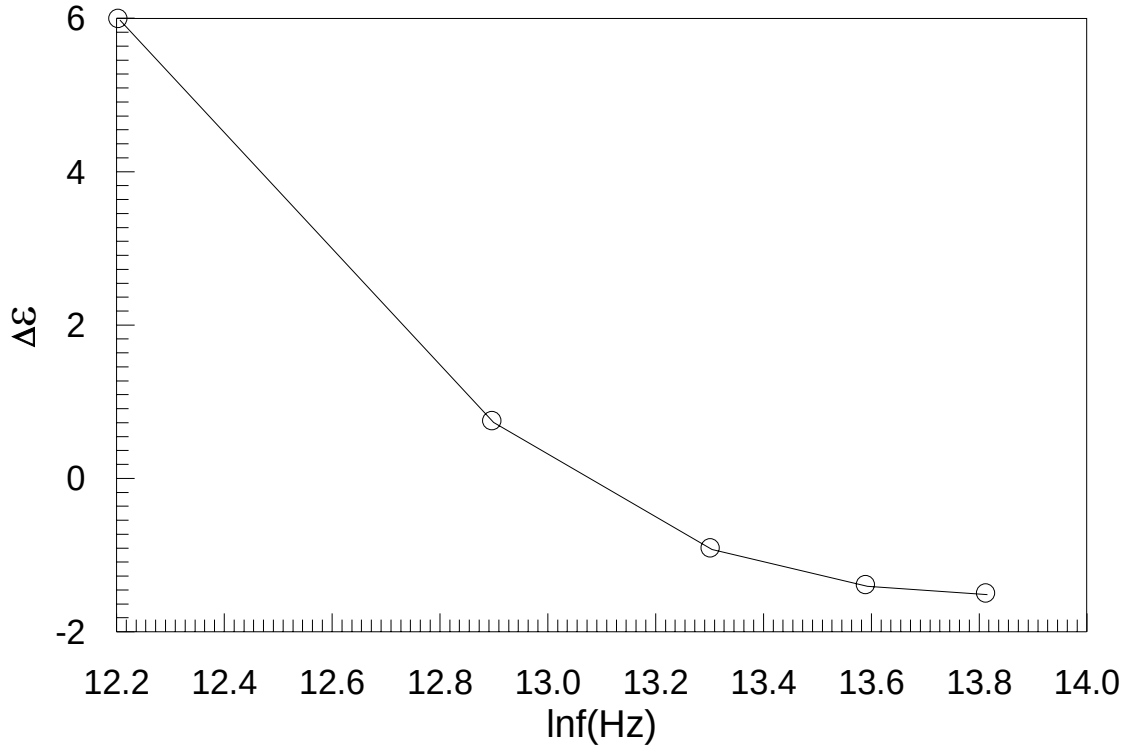
Numune	7CB	7CB-DWNT	7CB-MTM-LC6	7CB-CuPc
f_c (kHz)	593.02	684.84	478.77	506.09



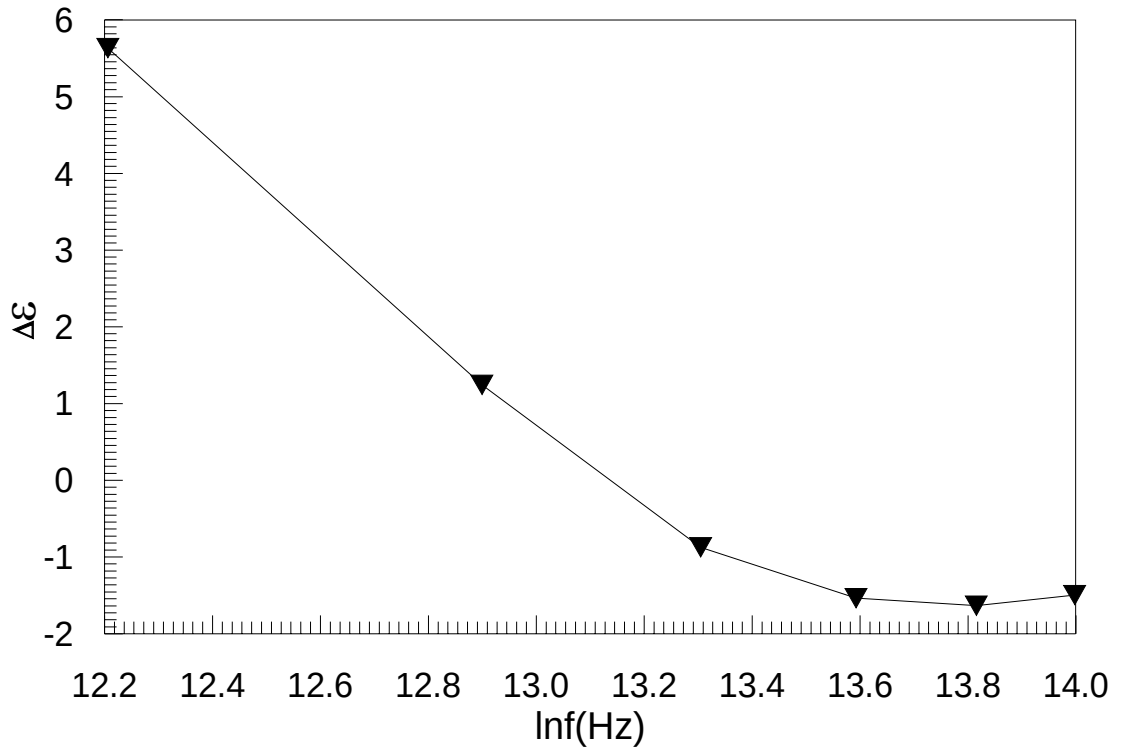
Şekil 4.20. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil için $\Delta\epsilon$ 'nin frekansla değişimi.



Şekil 4.21. 4-siyano -4'-n-heptilbifenil ile % 1 çift duvarlı karbon nanotüp için $\Delta\epsilon$ 'nin frekansla değişimi.



Şekil 4.22. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 3-tiyenilmetil metakrilat ve 6-(4-sinobifenil-4-oksi) hekzil akrilat için $\Delta\epsilon$ 'nin frekansla değişimi.



Şekil 4.23. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 bakır (II) fitalosiyani için $\Delta\epsilon$ 'nin frekansla değişimi.

4.4. Sıvı Kristallerin Elektriksel İletkenlik ve Akım Voltaj Karakteristikleri

Hazırlanan sıvı kristaller için alternatif akım iletkenliği [16];

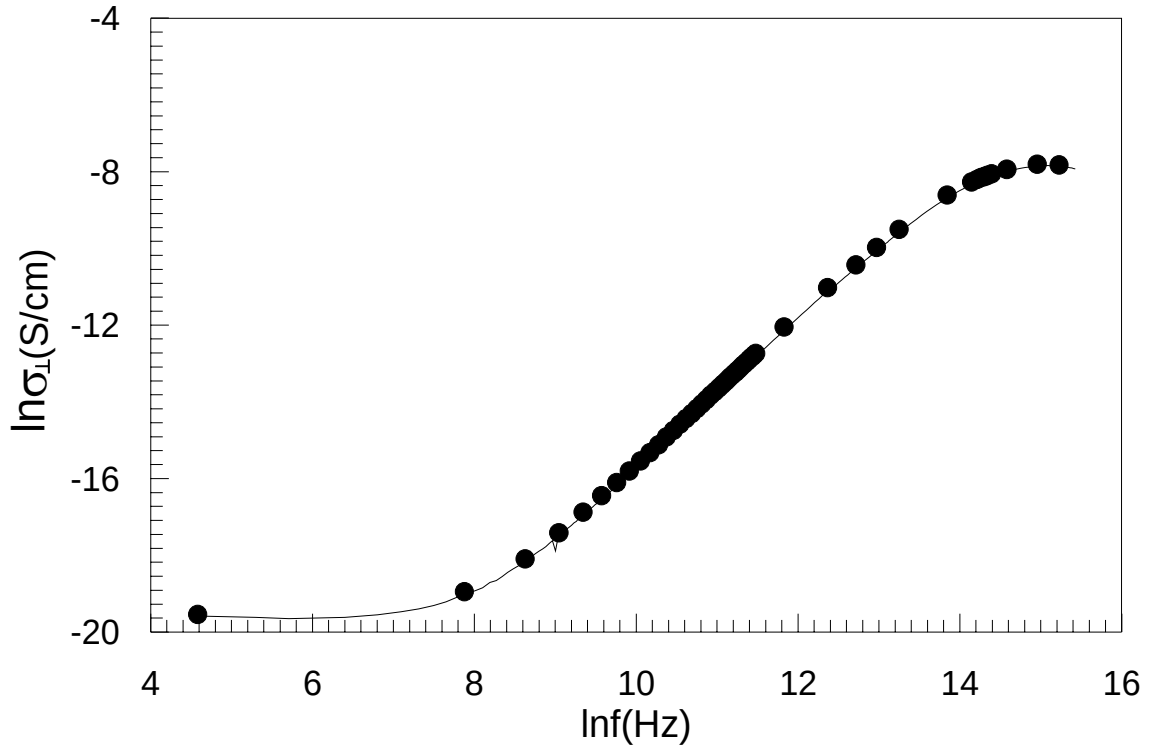
$$\sigma_{AC} = \sigma_{DC} + A\omega^s \quad (4.4)$$

bağıntısı ile tanımlanır. Elektriksel iletkenlik düşük ve yüksek frekans bölgesi olarak iki bölge göstermektedir. Birinci bölgede iletkenlik frekansla değişmemekte ve doğru akım elektriksel iletkenliğine karşı gelmektedir. Fakat ikinci bölgede ise elektriksel iletkenlik ω^s ile değişmektedir. Numune için s değerleri şekil 4.24-4.27'deki eğrilerin eğiminden bulundu. Bulunan bu değerler tablo 6'da verildi. Lazerin sıvı kristalin elektriksel iletkenlik özellikleri üzerindeki etkisi düşük frekans bölgesinde görülmekte ve elektriksel iletkenlik lazer ile azalmaktadır. Bulunan bu sonuç akım-voltaj karakteristikleriyle uyusmaktadır.

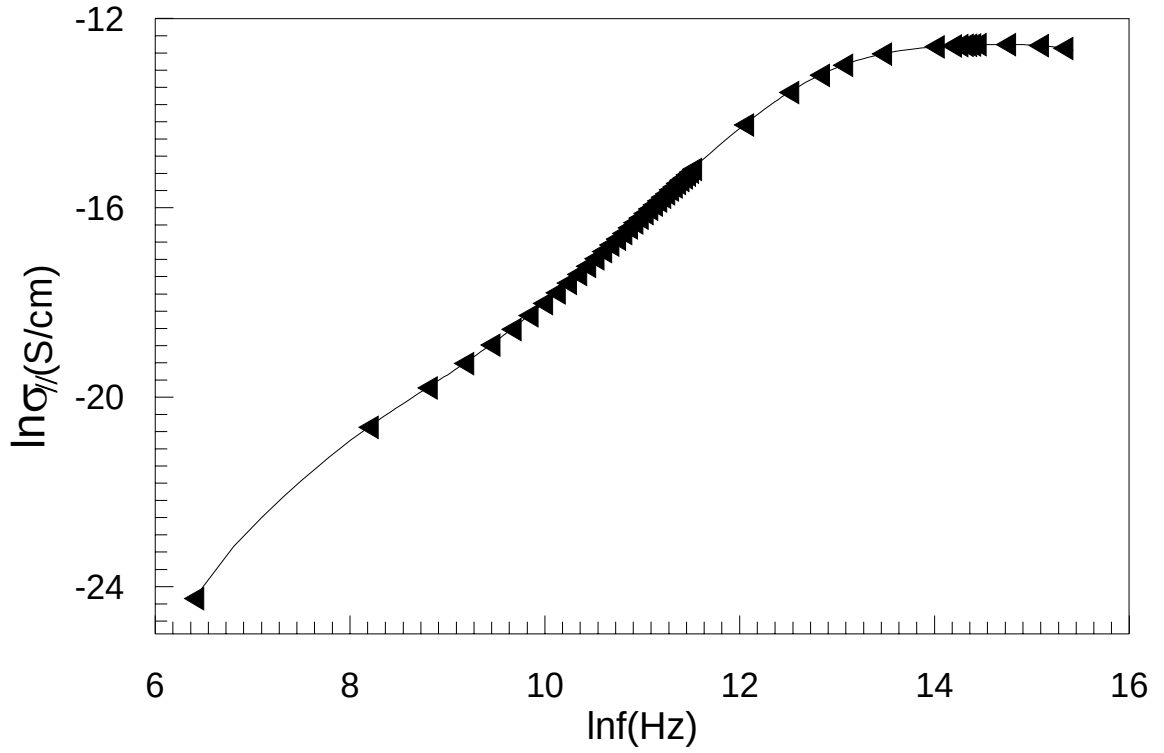
Sıvı kristallerin dik ve paralel iletkenlikleri frekansa bağlı olarak değişmektedirler. Dik iletkenlik düşük frekanslarda doğru akım iletkenliği gösterirken, paralel iletkenlik eğilimi göstermemektedirler [22].

Tablo 6. Numunelerin dik ve paralel elektrik iletkenlikleri için s değerleri.

	7CB	7CB-DWNT	7CB-MTM-LC6	7CB-CuPc
$s(\sigma_{\perp} için)$	1.86	1.81	1.78	1.89
$s(\sigma_{\parallel} için)$	1.69	1.76	1.74	1.76

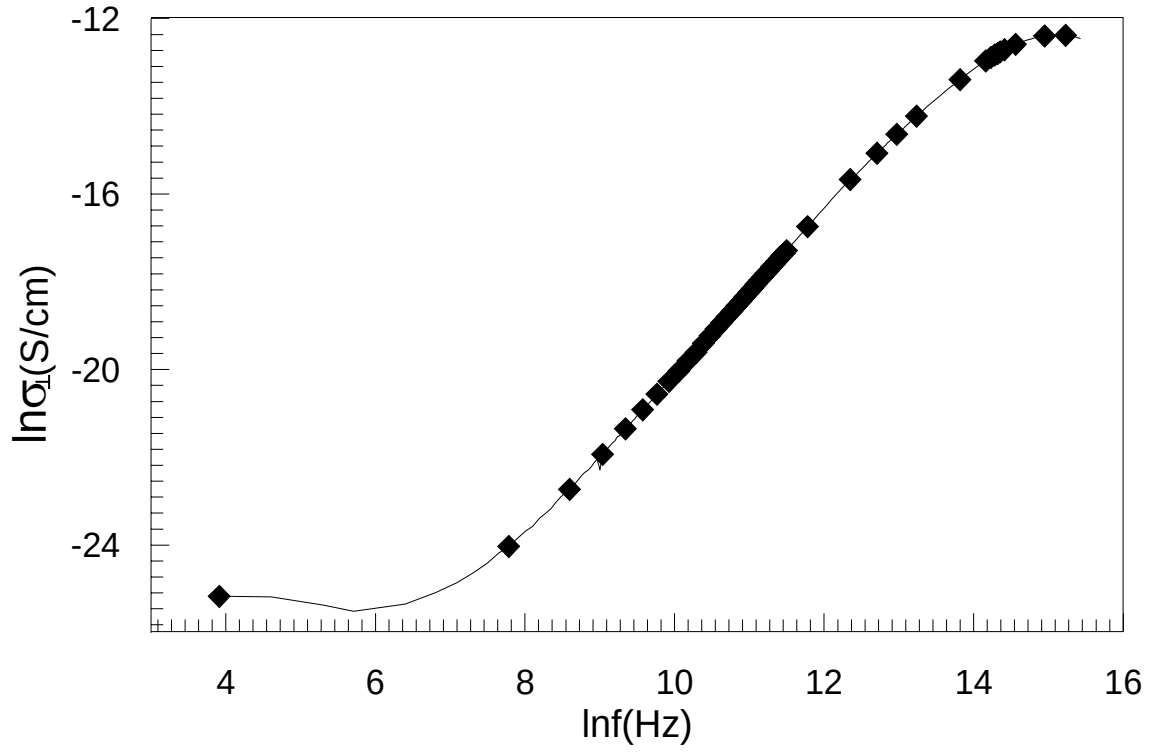


(a)

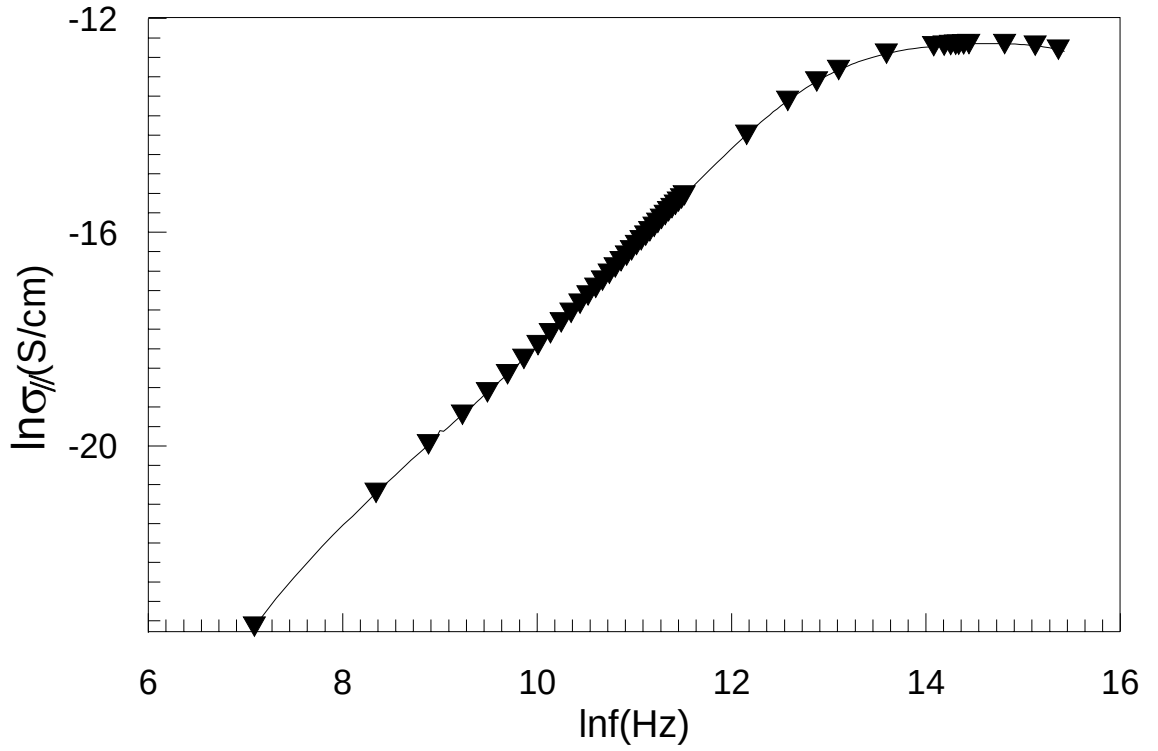


(b)

Şekil 4.24. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil için $\sigma_{\perp}$ ve $\sigma_{\parallel}$ 'in frekansla değişimi.

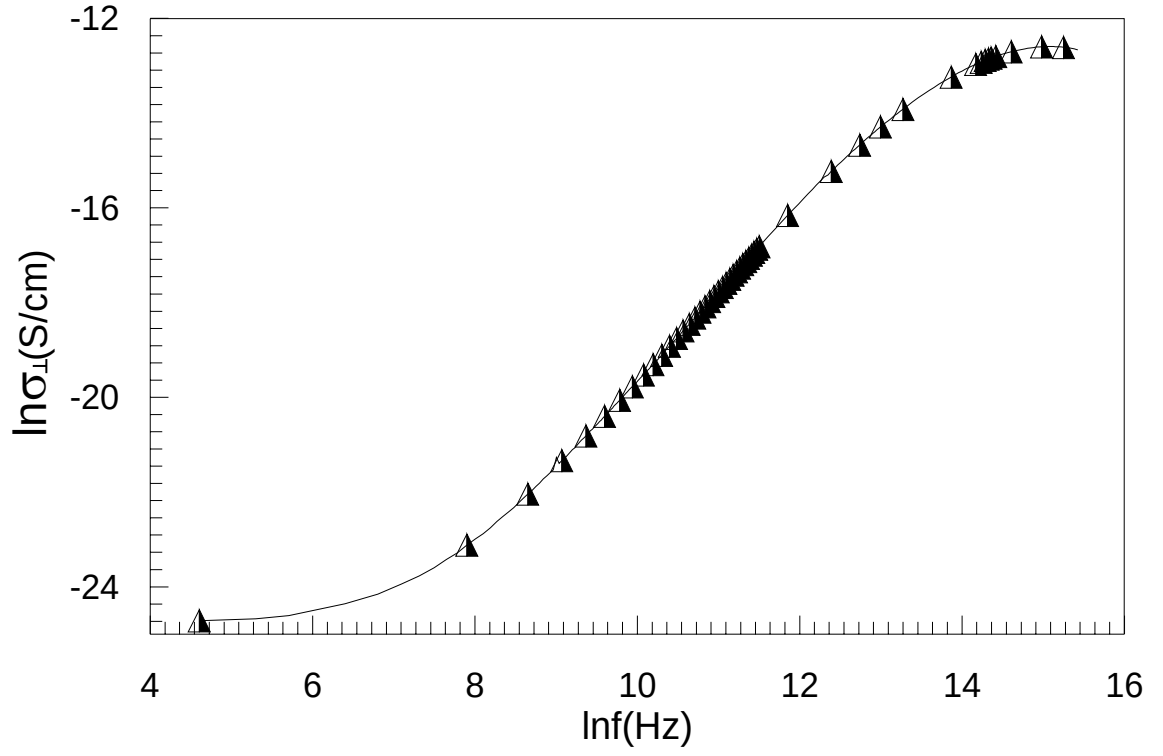


(a)

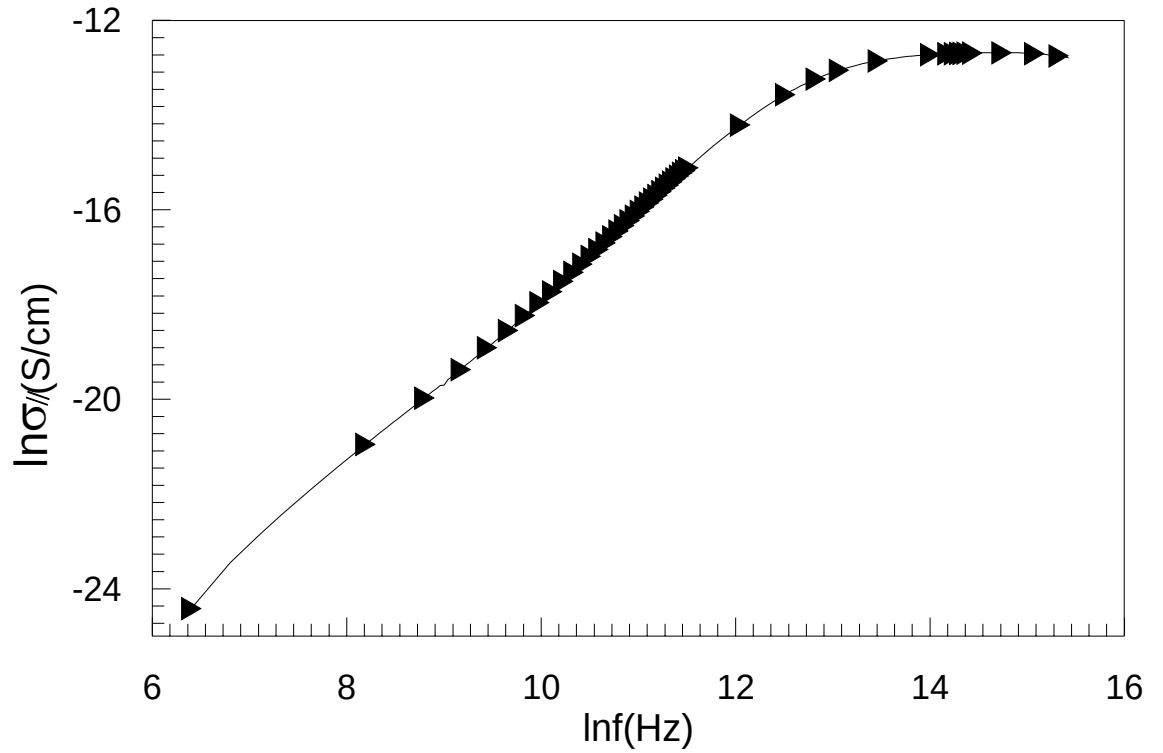


(b)

Şekil 4.25. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile % 1 çift duvarlı karbon nanotüp için $\sigma_{\perp}$ ve $\sigma_{\parallel}$ 'in frekansla değişimi.

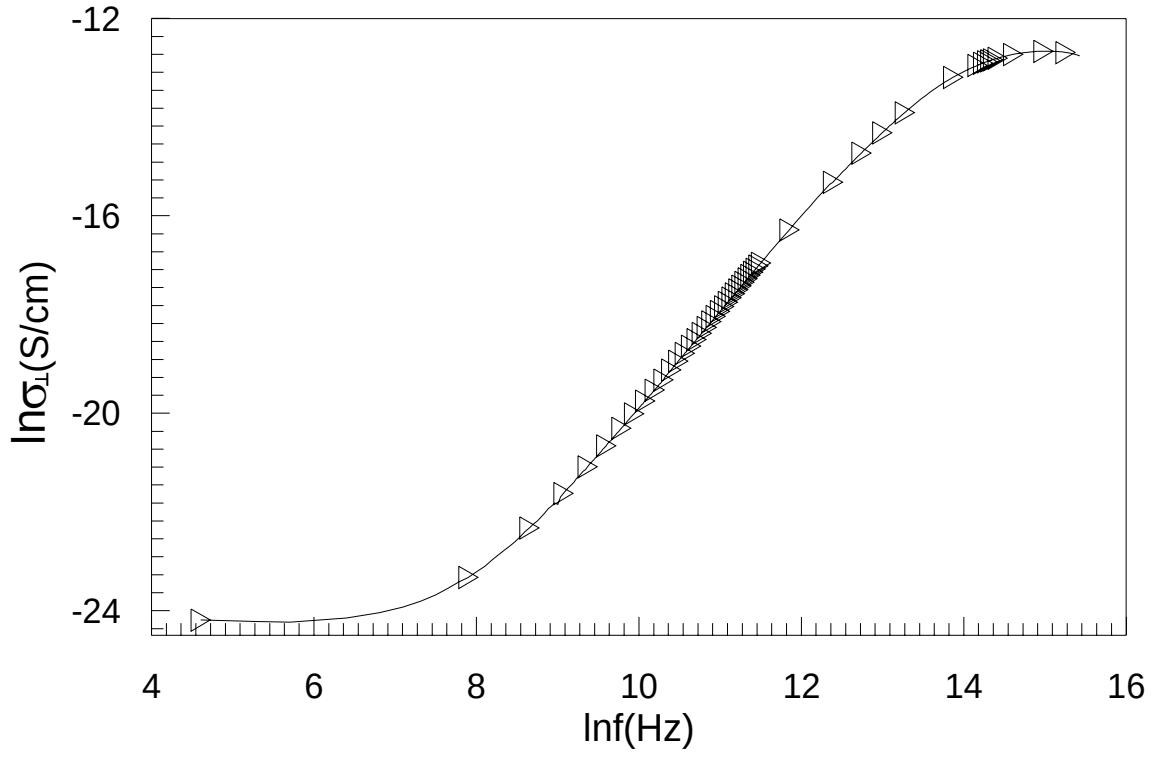


(a)

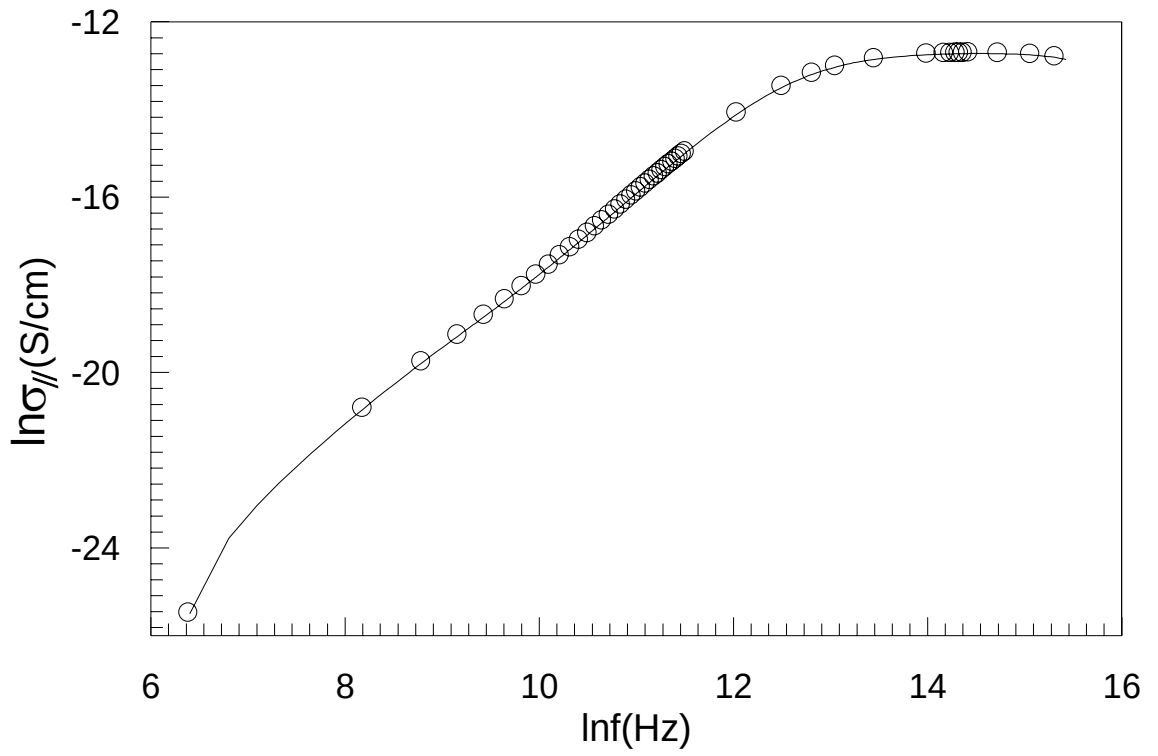


(b)

Şekil 4.26. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 3-tiyenilmetil metakrilat ve 6-(4-sinobifenil-4-oksi) hekzil akrilat için $\sigma_{\perp}$ ve $\sigma_{\parallel}$ 'in frekansla değişimi.



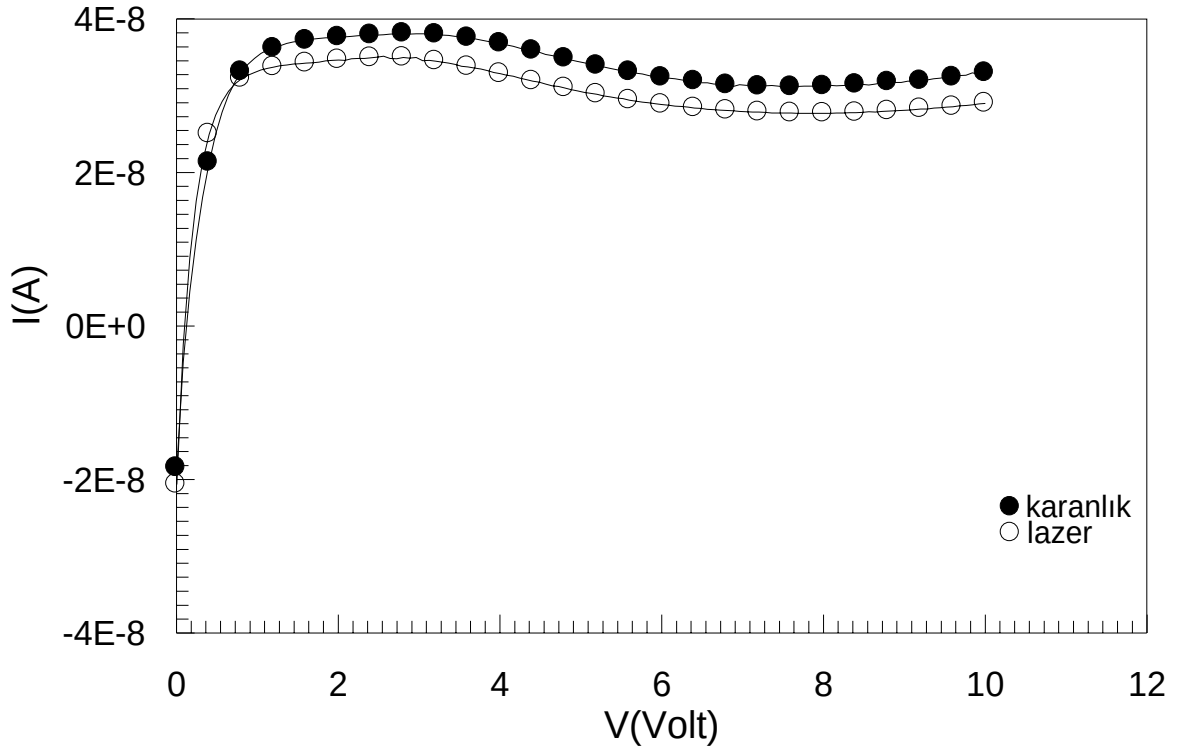
(a)



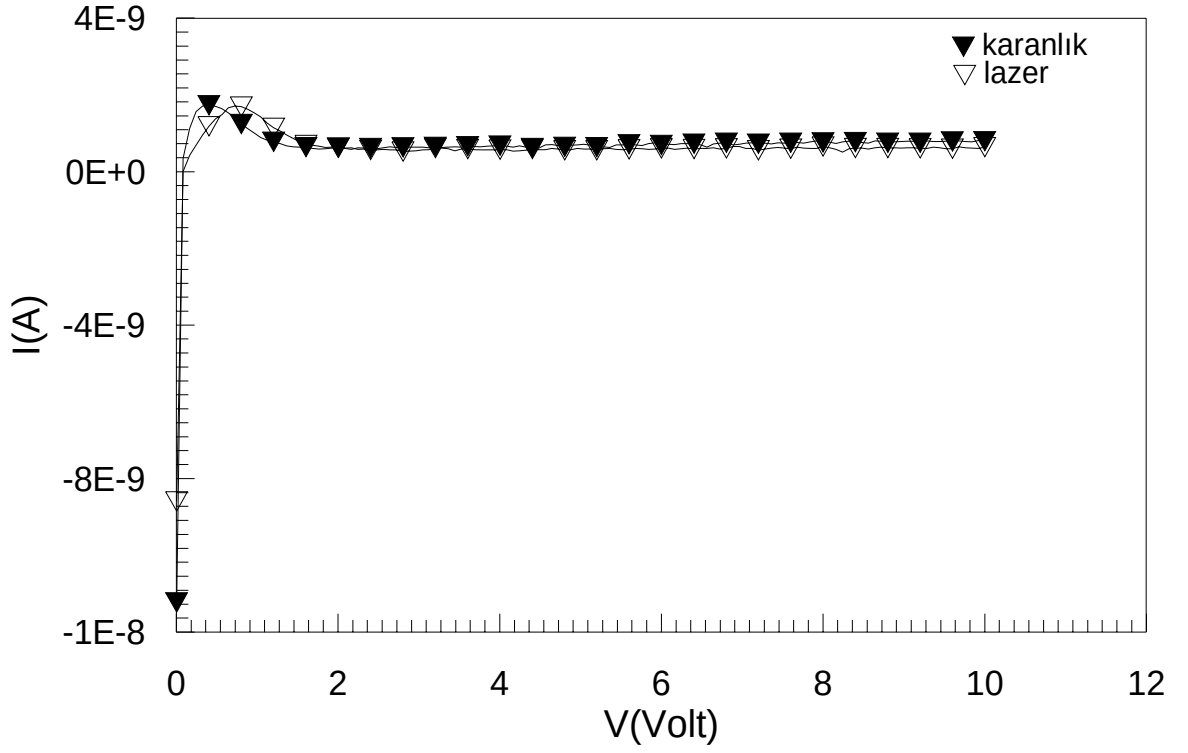
(b)

Şekil 4.27. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 bakır (II) fitalosiyanın için $\sigma_{\perp}$ ve $\sigma_{\parallel}$ 'in frekansla değişimi.

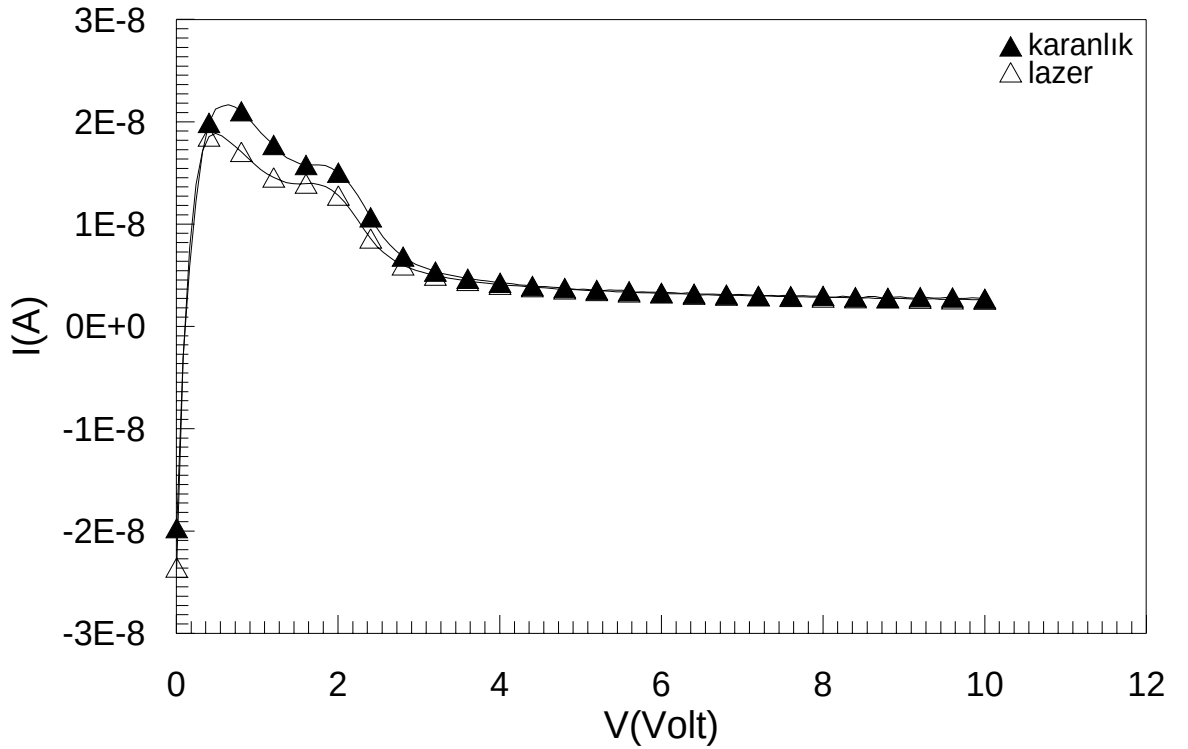
Çalışmada kullanılan sıvı kristalin akım voltaj karakteristikleri karanlık ve lazer etkisi altında incelendi ve akım-voltaj karakteristikleri sonucu şekil 4.28-4.31’da verilmektedir. Şekillerde görüldüğü gibi, numunenin karanlık akım değerleri lazer altındaki akım değerlerinden daha büyüktür. Lazer sıvı kristaldeki moleküllerin yönelimlerini değiştirdiğinden dolayı, lazer etkisi altında akımda bir düşme meydana gelmiştir.



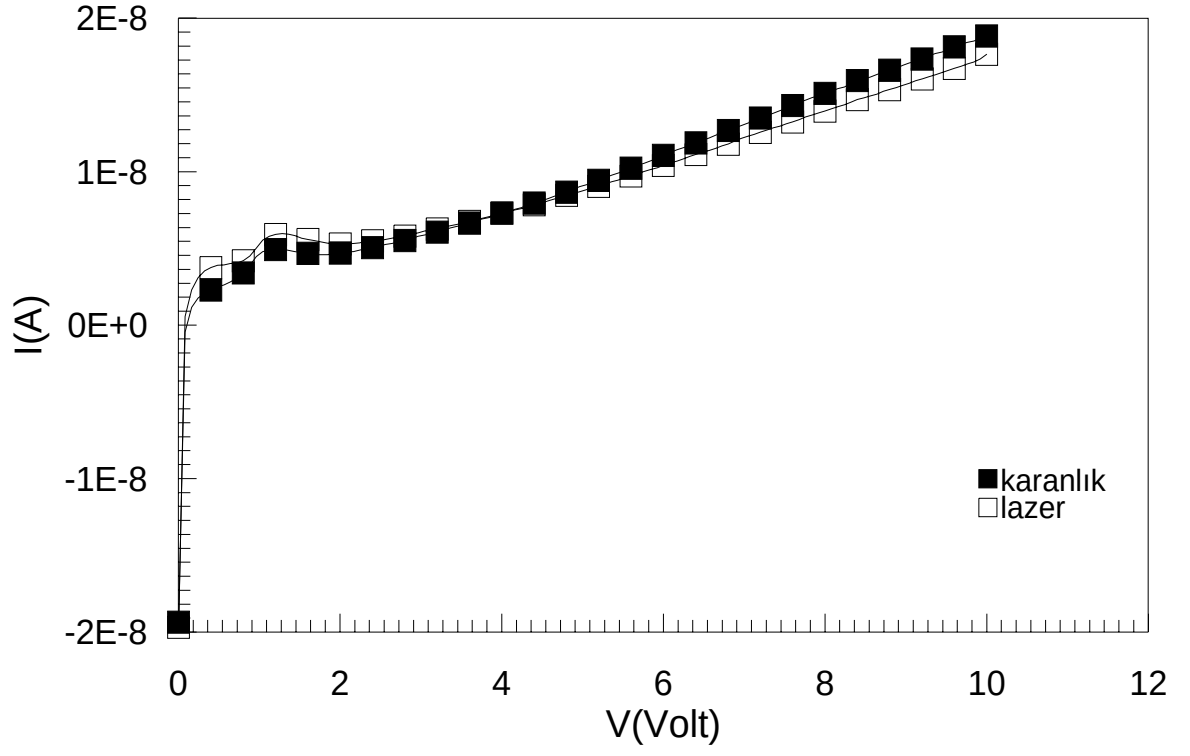
Şekil 4.28. 4-siyano-4'-n-heptilbifenilin lazer-karanlık ortam için akım-voltaj grafikleri.



Şekil 4.29. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile % 1 çift duvarlı karbon nanotüpün lazer-karanlık ortam için akım-voltaj grafikleri.



Şekil 4.30. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 3-tiyenilmetil metakrilat ve 6-(4-sinobifenil-4-oksi) hekzil akrilatın lazer-karanlık ortam için akım-voltaj grafikleri.



Şekil 4.31. 4-siyano-4'-n-heptilbifenil ile %1 bakır (II) fitalosiyanınin lazer-karanlık ortam için akım-voltaj grafikleri.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Nematik sıvı kristalin dielektrik ve dielektrik anizotropi özellikleri empedans spektroskopisi ve akım voltaj karakteristikleriyle lazer ve karanlık ortamda araştırıldı. Numunelerin kompleks dielektrik ölçümleri yapılarak, dielektrik sabitinin reel ve sanal kısımlarının nasıl değiştiği belirlendi. Lazer nematik sıvı kristalin dielektrik parametrelerini değiştirmektedir. Numuneler dielektrik olarak pozitif dielektrik anizotropiden (p-tipi) negatif dielektrik anizotropiye (n-tipi) olan bir geçiş göstermektedirler. Dielektrik relaksasyon olayı Debye tipi relaksasyon olayıdır ve dielektrik relaksasyon piki düşük frekans bölgesine uygulanan voltajla kaymaktadır. Bu kayma sıvı kristal moleküllerin yönelimlerinin değişmesinden kaynaklanmaktadır. Sıvı kristalin karanlık ve lazer ortamındaki akım voltaj karakteristikleri farklı özellik gösterdi. Lazer etkisiyle, akımda bir düşme gözlemlendi.

Sonuç olarak, hazırlanan nematik sıvı kristalin dielektrik anizotropi, elektriksel iletkenlik özellikleri ve akım voltaj karakteristikleri lazerin etkisi ile değişmektedir. Elde edilen verilere göre, hazırlanan sıvı kristalin elektro-optik özellikleri ışık-molekül ve elektrik alan-molekül etkileşme mekanizmaları ve optoelektronik uygulamaları hakkında yeni bilgiler vermektedir. Ayrıca elde edilen sonuçlar sıvı kristalin lazer-molekül etkileşmesiyle sıvı kristalin elektronik özelliklerinin nasıl değişebileceğinin bir göstergesidir.

KAYNAKLAR

- [1] P.G.De Gennes and J.Prost, The Physics of Liquid Crytals, Oxford Universty Press 1998.
- [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] Piekara, A., Acta Phys. Polon, 1959, 18, 361
- [6] Dukiewicz, M., 1979, Chem. Phys. Letters, 60, 496.
- [7] Dr. M.Rivera. D.Carberry H.H. Wills Physics Laboratory, University of Bristol, Bristol, BS8
- [8] Yıldız S., Pekcan, Ö., Kasım 2004, İTÜ Fen-Edebiyat Fak. Fizik Müh. Bölümü, İTÜ Dergisi/c Cilt:2, Sayı:1,90–98, 34469, İstanbul.
- [9] de Gennes, P.G., 1992 Rev. Mod. Phys. 64, 645–648,
- [10] Witten, T A, 1999, Rev. Mod. Phys.71, 367-373.
- [11] Vicari, L., Optical Applications of Liquid Crystals, Università di napoli’Federico II, Napoli, Italy, INFN-Instituto Nazionale per la Fisica della Maateria.
- [12] Epik, H., 1995, Nematik ve Simektik Fazlarda Işık Transmisyonu, Ege Üniversitesi, Y.Lisans Tezi.
- [13] Collings, P.J., Hird, M.,1998, Introduction to Liquid Crystals, Taylar and Francis Ltd. Sect. I.
- [14] Karapınar, R., Gündüz, E., 1996, Light Scattaring Measurements in Nematic Liquid Crystals II, Trj. Phys. 20.
- [15] Blinov, L.M., Chigrinov, V.G., 1994, Electrooptic Effects in Liquid Crystal Materials, Springer- Verlog, Newyork Inc.
- [16] Bahadır, B., 1995, Liquid Crystals Applications and uses, World Scientitic Publishing Co. Pte. Ltd.
- [17] San, S.E., 2002, Boya Katkılı Nematik Sıvı Kristallerde Optik Nonlinearitenin Kırınım Ağı Difraksiyonu Yöntemi ile İncelenmesi. Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Doktora Tezi.
- [18] Okutan, M., Köysal, O., San, S.E., 2003, Displays 24, 81.
- [19] Okutan, M., Yakuphanoglu, F., San, S.E., Köysal, O., 2005, Physical B, 368, 308.
- [20] Johscher, A.K., 1983, Dielectric Relaxation in Solids, Chelsea Dielectrics Press, London.

- [21] Chelkowski, A., 1980, Dielectric Physics, Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, Warsaw.
- [22] Yakuphanoglu, F., Okutan, M., Qixin Zhuang, Zhewen Han, 2005, Phys. B 365, 13–19.

ÖZGEÇMİŞ

Talip ALDANMA 01.09.1970 Bingöl-Genç doğumludur. İlköğretim ve lise eğitimini Adana’da tamamladıktan sonra 1991 tarihinde K.T.Ü. Fatih Eğitim Fakültesi Fizik Öğretmenliği programına girdi. 1995’te Fizik Öğretmeni ünvanı ile mezun olmuştur. Aynı yılın eylül ayında M.E.B.’nda öğretmen olarak göreve başladı. Halen bu görevine devam etmektedir.

2005 yılında F.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü’nde Fizik Anabilim Dalı’nın Katıhal Fiziği Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans yapmaya hak kazanmış olup şuan elinizde bulunan “Lazerin Polimer, Boya Maddesi Ve Karbon Tanecikleri Katkılandırılmış Sıvı Kristallerin Dielektrik Anizotropi Özellikleri Üzerindeki Etkisinin Araştırılması” adlı bu çalışma ile Yüksek Lisans Programını tamamlamıştır.