

**T.C.
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

MALZEME BİLİMİ VE NANOTEKNOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**β -HİDROKSİ AMİN TABANLI KALİKS[4]AREN LANGMUIR-BLODGETT İNCE
FİMLERİN KARAKTERİZASYONU VE ORGANİK BUHAR DUYARLILIK
ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NURSEL ZEYBEK

**TEMMUZ 2021
UŞAK**

**T.C.
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

MALZEME BİLİMİ VE NANOTEKNOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**β -HİDROKSİ AMİN TABANLI KALİKS[4]AREN LANGMUIR-BLODGETT İNCE
FİLMLEİN KARAKTERİZASYONU VE ORGANİK BUHAR DUYARLILIK
ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NURSEL ZEYBEK

UŞAK 2021

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Nursel ZEYBEK



**β -HİDROKSİ AMİN TABANLI KALİKS[4]AREN LANGMUIR-BLODGETT İNCE
FİLMLERİN KARAKTERİZASYONU VE ORGANİK BUHAR DUYARLILIK
ÖZELLİKLERİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Nursel ZEYBEK

UŞAK ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2021

ÖZET

Bu tez çalışmasında β -hidroksi amin tabanlı kaliks[4]aren (NHDACx) maddesi kullanılarak, Langmuir-Blodgett (LB) ince film tekniği ile tek ve çok katlı ince filmler üretilmiştir. Katı alttaş olarak kuartz cam, kuartz kristal ve altın kaplı cam yüzeyleri seçilmiş ve su yüzeyinde bulunan NHDACx molekülleri katı yüzey üzerine transfer edilmiştir. NHDACx LB ince filmleri Ultraviyole-Görünür Bölge Spektroskopisi, Kuartz Kristal Mikrobals (KKM) ve Yüzey Plazmon Rezonans (SPR) teknikleri ile karakterize edilmiştir. NHDACx LB ince filmleri altın kaplı cam yüzey üzerine kaplandıktan sonra üç farklı zararlı organik buhara (diklorometan, aseton ve benzen) maruz bırakılmıştır. Sonuçlar NHDACx LB ince film maddesinin oda sıcaklığında sensör maddesi olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Aynı zamanda, NHDACx LB ince film sensörünün diklorometan buharına olan tepkisinin diğer zararlı organik buharlara karşı olan tepkisinden daha çok olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler : Langmuir-Blodgett ince film, β -hidroksi amin, kaliks[4]aren, kimyasal sensör, yüzey plazmon rezonans.
Sayfa Adedi : 76
Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Yaser AÇIKBAŞ

THE CHARACTERIZATION AND ORGANIC VAPOR SENSING PROPERTIES OF β -HYDROXY AMINE BASED CALIX[4]ARENE LANGMUIR-BLODGETT THIN FILMS

Nursel ZEYBEK

USAK UNIVERSITY
GRADUATE EDUCATION INSTITUTE

July 2021

ABSTRACT

In this study, single and multi-layered thin films were produced by Langmuir-Blodgett (LB) thin film technique using β hydroxy amine-based calix[4]arene (NHDACx). Quartz glass, quartz crystal and gold-coated glass surfaces were selected as solid substrates and NHDACx molecules on the water surface were transferred onto these solid surfaces. NHDACx LB thin films were characterized by UV-Visible Spectroscopy, Quartz Crystal Microbalance (QCM) and Surface Plasmon (SPR) techniques. NHDACx LB thin films were exposed to three different harmful organic vapors (dichloromethane, acetone and benzene) after being coated on a gold-coated glass surface. The results showed that the NHDACx LB thin film material can be used as sensor element at room temperature. At the same time, it was observed that the NHDACx LB thin film sensor was more responsive to dichloromethane vapor than other harmful organic vapors.

Keywords : Langmuir-Blodgett thin film, β -hydroxy amine, calix[4]arene, chemical sensor, surface plasmon resonance.
Page Number : 76
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Yaser AÇIKBAŞ

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim hayatım ve tez çalışmalarım boyunca bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen maddi ve manevi her türlü desteği sağlayan danışmanım, değerli hocam Doç. Dr. Yaser AÇIKBAŞ'a teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Bu tez çalışmasında kullanılan kimyasal maddenin sentezini sağlayan Doç. Dr. Selahattin BOZKURT' a, tez çalışmalarımı gerçekleştirmemi sağlayan Prof. Dr. Rifat ÇAPAN'a, Prof. Dr. Matem ERDOĞAN'a ve Dr. Cansu ÖZKAYA'ya teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca maddi manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, bana verdikleri destek ve sabır için her zaman yanımda olan aileme ve nişanlıma sonsuz sevgilerimi sunarım.

Nursel ZEYBEK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
RESİM LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1.GİRİŞ	1
2.ÇEVRE.....	4
2.1 Çevre Kirliliği.....	4
2.2 Hava Kirliliği.....	5
2.2.1 Hava Kirliliğine Neden Olan Kaynaklar.....	5
2.2.1.1 Doğal Kaynaklar	5
2.2.1.2 Yapay Kaynaklar	5
2.2.2 Zararlı Uçucu Organik Bileşikler.....	6
2.2.2.1 Diklorometan	6
2.2.2.2 Benzen.....	7
2.2.2.3 Kloroform	8
2.2.2.4 Aseton	9
3. KALİKSAREN	11
3.1 Kaliksarenlerin Fiziksel Özellikleri.....	12
3.1.1 Erime noktası	12
3.1.2 Çözünürlük.....	12
3.2 Kaliksarenlerin LB İnce Film Maddesi Olarak Kullanılması.....	12

4. GAZ SENSÖRLERİ	13
4.1. Gaz Sensörlerinde Bulunması Gereken Özellikler:	14
4.2 Gaz Algılayıcı Devre Elemanları	14
4.3 Gaz Sensörlerinin Uygulama Alanları:.....	16
4.4Langmuir-Blodgett İnce Filmlerin Gaz Sensörlerinde Uygulamaları:	16
5. LANGMUIR-BLODGETT İNCE FİLM ÜRETİM TEKNİĞİ	17
5.1 Langmuir-Blodgett İnce Film Üretiminin Tarihçesi.....	177
5.2 Langmuir- Blodgett İnce Film Maddeleri	17
5.3 LB İnce Film Üretim Teknesi.....	199
5.3.1 Tek vagonlu Langmuir- Blodgett İnce Film Teknesi	19
5.3.2 Çift Vagonlu Langmuir-Blodgett İnce Film Teknesi.....	20
5.4 Organik Maddelerin Langmuir Özellikleri.....	21
5.4.1 Yüzey Basınç / Alan (İzoterm) Grafiği.....	21
5.5 LB İnce Film Üretimi	23
5.5.1 LB Filmlerinin Üretilmesinde Temizliğin Önemi	23
5.5.2 Tek Katlı İnce Film Üretimi	24
5.5.3 Çok Katlı İnce Film Üretimi	255
5.6 Lanmuir-Blodgett İnce Film Oluşturma Tekniğinin Avantajları.....	25
5.7 Langmuir-Blodgett İnce Film Tekniğinin Uygulama Alanları.....	26
6. KULLANILAN TEKNİKLER	277
6.1 UV Görünür Bölge Spektrofotometre Analiz Yöntemi.....	27
6.1.1 LB Film karakterizasyonu ve sensör ölçümleri	29
6.2 Kuartz Kristal Mikrobals	29
6.2.1 Piezoelektrik etki:	29
6.2.2 Kuartz Kristal Mikrobals (KKM) Sistemi.....	30
6.2.3 LB İnce Filmlerin Kuartz Kristal Mikrobals ile İncelenmesi	31
6.3 Yüzey Plazmon Rezonans Analiz Yöntemi.....	311

7. DENEYSEL BÖLÜM.....	333
7.1 Kullanılan Langmuir-Blodgett İnce Film Maddesi	333
7.2 İzoterm Grafiğinin Elde Edilmesi.....	344
7.2.1 NHDACx Maddesine Ait Yüzey Gerilimi - Alan İzoterm Grafiği.....	344
7.3 LB İnce Film Transfer İşlemi	355
7.4 NHDACx LB İnce Filmlerinin Karakterizasyonu... Hata! Yer işareti tanımlanmamış. 7	
7.4.1 NHDACx Maddesine Ait UV-Görünür Bölge Spektrofotometre Sonuçları	
..... Hata! Yer işareti tanımlanmamış. 7	
7.4.2 Kuartz Kristal Yüzey Üzerine Üretilen NHDACx LB İnce Filmlerinin Karakterizasyonu.....	39
7.4.3 Altın Yüzey Üzerine Üretilen NHDACx LB İnce Filmlerinin SPR Ölçüm Sonuçları.....	40
7.5 NHDACx LB İnce Filmi Sensörüne Ait Kinetik Çalışma	
403	
7.6 NHDACx LB İnce Film Sensörünün Zararlı Organik Buhar ile Etkileşimi	434
7.6.1 Organik Buhar Etkileşmelerinin Değerlendirilmesi	
Hata! Yer işareti tanımlanmamış. 9	
8. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	50
9. KAYNAKLAR.....	522
ÖZGEÇMİŞ	599

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge

Sayfa

Çizelge 2. 1 Bazı hava kirliliği kaynakları ve etkileri.....**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Çizelge 7. 1 NHDACx ince filmlerin kalınlığı ve kırılma indisi.....**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Çizelge 7. 2 NHDACx optik sensörlerin SPR kinetik sonuçları.....**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2. 1 Diklorometan yapısı.....	7
Şekil 2. 2 Benzenin molekül yapısı.....	8
Şekil 2. 3 Kloroform molekül yapısı.....	9
Şekil 2. 4 Asetonun molekül yapısı.....	10
Şekil 3.1 Sensör çalışmalarında kullanılan kaliksarenler.....	13
Şekil 4. 1 Gaz algılayıcı devre elemanları.....	15
Şekil 5. 1 Amfifilik moleküllerin genel yapısı.....	18
Şekil 5. 2 Sterik asit ($C_{18}H_{36}O_2$)'in molekül yapısı	18
Şekil 5. 3 Tek vagonlu LB ince film teknesi.....	20
Şekil 5. 4 Çift vagonlu LB ince film teknesi.....	21
Şekil 5. 5 Moleküllerin su yüzeyindeki davranışları.....	22
Şekil 5. 6 İdeal bir izoterm grafiği ve faz geçişleri	23
Şekil 5. 7 a) Hidrofilik katı yüzey üzerine LB film transferi - (b) Hidrofobik katı yüzey üzerine LB film transferi	24
Şekil 5. 8 Çok tabakalı LB ince film tipleri	25
Şekil 6. 1 Bir spektrofotometrenin temel bileşenleri.....	27
Şekil 6. 2 Elektromanyetik Spektrum	28
Şekil 6. 3 UV-görünür spektrofotometresinin çalışma prensibi.....	28
Şekil 6. 4 Şekil 6.4 Kuartz kristalin yapısı	30
Şekil 6. 5 Yansıma açısı değişimine bağlı yansıyan ışık şiddeti (SPR eğrisi).	32
Şekil 7.1. NHDACx maddesinin kimyasal yapısı	33
Şekil 7.2. NHDACx maddesine ait izoterm grafiği	35

Şekil 7.3. NHDACx maddesine ait kuartz cam yüzeye transfer grafiği	36
Şekil 7.4. NHDACx maddesine ait LB ince filmlerine ait UV-görünür spektrumları	37
Şekil 7.5. 255 nm dalgaboyunda tabaka sayısına bağlı absorbands değişimi	38
Şekil 7.6. 255 nm dalgaboyunda tabaka sayısına bağlı absorbands değişimi	39
Şekil 7.3. Kuartz kristal yüzey üzerine kaplı NHDACx LB ince filmlerin tabaka sayısına göre frekans değişimi	40
Şekil 7.8. Altın kaplı cam yüzeye kaplanan tabakaların SPR ölçümü	41
Şekil 7.9. NHDACx LB ince filmine ait tabaka sayısına bağlı aç kayması grafiği.	42
Şekil 7.10. NHDACx LB ince filmine ait tabaka sayısına bağlı kalınlık değişimi grafiği	42
Şekil 7.11. Gaz sensörüne ait kinetik çalışma	
..... Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	
Şekil 7.12. 2,7 nm kalınlıktaki NHDACx LB filmin organik buharlara karşı tepkisi	
.....	40
Şekil 7.13. 7,9 nm kalınlıktaki NHDACx LB filmin organik buharlara karşı tepkisi.	44
Şekil 7.14. 12,3 nm kalınlıktaki NHDACx LB filmin organik buharlara karşı tepkisi	46
Şekil 7. 15 NHDACx LB filmin a) 2,7 nm kalınlıkta b) 7,9 nm kalınlıkta c) 12,3 nm kalınlıkta organik buharlara karşı fotodedektör tepkisi..... Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	
Şekil 7. 16 7,9 nm kalınlığa sahip NHDACx optik LB ince filmin fotodetektör tepkisi ... Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	
Şekil 7. 17 Doymuş konsantrasyonda diklorometan, aseton ve benzen maruz kalan NHDACx tabanlı optik sensör için yanıt-kalınlık diyagramı Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	

RESİM LİSTESİ

Resim

Sayfa

Resim 5.1 LB ince film teknesinin görünümü 19



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu tez çalışmasında kullanılan simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda verilmiştir.

Simgeler	Açıklama
Π	Yüzey basıncı
Hz	Hertz
Δ Hz	Frekans değişimi
A	Yüzey alanı

Kısaltmalar**Açıklama****LB**

Langmuir-Blodgett

DCM

Diklorometan

IUPAC

Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği

PTFE

poliTetraFloroEtilen

UV

Ultra Viole

KKM

Kuartz Kristal Mikrobals

SPR

Yüzey Plazmon Rezonans

NHDACx β -Hidroksi Amin Tabanlı Kaliks[4]Aren

1.GİRİŞ

Nano kelimesi, herhangi bir fiziksel büyüklüğün bir milyarda biri anlamına gelmektedir. Bir nanometre ise metrenin bir milyarda birine eşit olan bir uzunluk birimini göstermektedir. Nanoteknoloji, nanometre ölçülerinde bir özelliği bulunan malzemenin, özelliklerinin optimize edilerek ya da değiştirilerek geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Malzeme özelliklerinin moleküler düzeyde değiştirilmesi olarak da tanımlanabilmektedir.

Nanoteknoloji kapsamında yapılan araştırmalar; malzeme imalatı tekstil uygulamaları, tıp uygulamaları, yapı ve inşaat, enerji üretimi ve depolama gibi alanlarda atılımlar göstermektedir. Bu atılımların tercih edilmesindeki temel sebepler arasında nanoteknolojinin maliyeti düşürmesi ve üretim sürecinin kısaltırken malzeme performansını artırıcı etki göstermesi yer almaktadır.

Nanoteknolojinin genel uygulama alanları araştırıldığında;

Sağlık alanında; hastalıkların tanısında, yeni tedavilerin geliştirilmesinde, akıllı ilaç üretiminde nanoteknolojik uygulamalardan yararlanılmaktadır. Nanoteknoloji ile geliştirilen cihazlar ile vücut yapısına en uygun protez geliştirilebilir, kanser tedavilerinde kanserli hücre tespit edilerek kanserli hücrenin yok edilmesi hedeflenir. İmplant uygulamaları, yapay organ üretimi, hasarlı hücrelerin onarılması, cilt doku ve organlarının nanoteknoloji ile tamir edilerek iyileştirilmesi yaşam kalitesini arttıran uygulamalardandır [1,2].

Havacılık ve Uzay araştırmaları; uzay ve havacılık araçları oldukça maliyetlidir. Bu araçların üretimi sırasında malzemelerin ağırlığı, malzemelerin maliyetinden çok daha önem arz etmektedir. Nanoteknoloji ile uzay ve havacılık malzemelerinin ağırlığı önemli derece azaltılır Aynı zamanda kullanılan malzemelerin maliyetleri de azalmaktadır [3].

Savunma sektöründe; geliştirilmiş kamuflajlar, ileri derecede geliştirilmiş elektronik savaş kapasitesi savunma sektöründe askeri alanda nanoteknoloji ile geliştirilen çalışmalara örnektir [4].

Enerji üretimi ve uygulama alanlarında; Enerji tüketiminin azaltılması, üretimdeki verimin artırılması, sürdürülebilir enerji kaynaklarının oluşturulması, çevre dostu sistemlerin oluşturulması gibi birçok yenilik ve uygulamalar gelişen nanoteknoloji enerji sektöründe çok büyük önem taşımaktadır. Az enerji ile yüksek verimliliğe sahip nano kablolar, gaz türbinleri, nano katalizörler ve nano yapıları kompozitler örnek verilebilir [5].

Son dönemlerde nanoteknolojinin oldukça ilgilendiği önemli konulardan biri de nano ince filmlerdir. Nano boyutta ince filmler; cam, kuartz gibi katı yüzeylere uygulanmaktadır. İnce filmler, özel bir şekilde hazırlanmış kimyasalların çözelti haline getirilip sonrasında homojen ve çok ince bir tabaka halinde dağılmış bir şekilde katı yüzeyin kaplanmasıyla elde edilmektedir. İnce film elde etme yöntemleri oldukça fazladır. Bu yöntemlerden bilimsel araştırmalarda, döndürerek (spin) kaplama, termal buharlaştırma, püskürtme ve Langmuir-Blodgett yöntemleri en çok tercih edilen yöntemlerdir.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, kaliksaren türevi olan NHDACx kod isimli β hidroksi amin tabanlı kaliks[4]aren maddesi ile Langmuir-Blodgett yöntemi kullanılarak ince filmler hazırlanmıştır. Elde edilen ince filmlerin üretimi, karakterizasyonu ve organik buharlara karşı tepkileri irdelenmiştir.

Hava kirliliği insanların ve diğer tüm canlıların yaşamsal faaliyetlerini etkilemektedir. Bölüm 2’de çevre kirliliği ve hava kirliliği irdelenmiş ve hava ve çevre kirliliğine neden olan zararlı gazlara yer verilmiştir.

Bölüm 3’te kaliksaren malzemelerin özellikleri ve kaliksarenlerin LB ince film olarak kullanılması, Bölüm 4’te ise çevre ve hava kirliliğine neden olan zararlı gazların tespit edilmesi ve kontrol edilmesi için kullanılan gaz sensörlerinin çalışma prensipleri ve LB film uygulamaları verilmiştir.

Bölüm 5’te Langmuir-Blodgett ince film tekniği ve uygulamaları, LB ince filmlerin karakterizasyonunu incelemek için kullanılan yöntemler UV-görünür spektrometresi, Kuartz kristal mikrobalsan sistemi (KKM), Yüzey plazmon rezonans (SPR) anlatılmıştır.

Bölüm 6’da deneysel çalışmalara yer verilmiştir. Bu çalışmada LB ince film maddesi olarak NHDACx kod isimli β hidroksi amin tabanlı kaliks [4] aren maddesi kullanılmıştır. Bu maddelerin su yüzeyindeki davranışları irdelenmiş ve LB ince film tekniği ile uygun koşullarda LB ince film üretimi gerçekleştirilmiştir. NHDACx maddesi ile üretilen LB ince filmlerin homojenliği, çok katlı üretilebilirliği hakkında bilgi edinmek için UV-görünür

spektrometre, KKM ve SPR yardımı ile grafikler elde edilmiştir. Elde edilen grafikler yorumlanmıştır.

Tezin sonuç kısmını oluşturan Bölüm 7’de elde edilen deneysel sonuçlar incelenmiş ve yorumlanmıştır.



2. ÇEVRE

Çevre; canlıların yaşamlarını devam ettirdikleri, karşılıklı fiziksel, biyolojik vb. etkileşimlerde bulundukları ortamdır. Canlıların yaşamlarını sağlıklı bir şekilde sürdürebilmelerinin yolu sağlıklı bir çevre ile sağlanmaktadır. Çevre sağlığı insanların ve diğer canlıların sağlıkları için oldukça önemlidir.

2.1 Çevre Kirliliği

Çevre kirliliği, canlı türlerinin yok olması, doğal kaynakların tükenmesi gibi sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Zamanın değişmesi ve endüstrileşmenin artmasıyla çevre kirliliği en önemli konu haline gelmiştir.

Gelişen teknoloji yaşamımıza getirdiği konfor yanında bir yandan da bu gelişme doğaya ve çevreye ciddi zararlar vermektedir. Çeşitli kaynaklardan çıkan katı, sıvı ve gaz haldeki kirleticiler hava, su ve toprakta birikerek çevre kirliliğine neden olmaktadır. Günümüzde çevre kirliliğinin artması ile insan sağlığı ciddi bir biçimde etkilenmektedir. Son zamanlarda da artan çevre kirliliği evrensel bir sorun haline gelmiştir.

Çevre bilimciler, çevre kirliliğini üç şekilde ele almaktadır:

- Sanayileşmenin neden olduğu çevre kirliliği,
- Ulaşım araçlarındaki artışın sebep olduğu çevre kirliliği,
- Aşırı yapılaşmanın neden olduğu çevre kirliliği [6]

Çevre sorunları arasında en önemli sayabileceğimiz sorun hava kirliliğidir.

2.2 Hava Kirliliği

Hava, tüm canlıların ve insanlığın yaşamsal faaliyetlerinin devamı için hayatidir. Hava kirliliği, atmosferde bulunan gaz, su buharı, toz, duman gibi kirleticilerin tüm canlı ve cansız varlıklara zarar verici olarak tanımlanabilmektedir. İnsanların faaliyetleri sonucunda oluşan üretim ve tüketimin sonrasında ortaya çıkan atıklar ile atmosfer tabakası kirlenir. Bunun sonucunda ekolojideki tüm canlılar olumsuz bir şekilde etkilenmektedir [7].

Hava kirliliği, nüfusun artması, şehirlerin büyümesi, sanayileşmenin artması ile etkisini sürdürmektedir. Kent merkezlerindeki enerji tüketimi, artan sera gazları, motorlu taşıt kullanımının artması hava kirliliğini arttıran nedenlerden birkaçıdır [8].

2.2.1 Hava Kirliliğine Neden Olan Kaynaklar

Hava kirliliğine neden olan kaynaklar; doğal kaynaklar ve yapay kaynaklar olarak ikiye ayrılabilir.

2.2.1.1 Doğal Kaynaklar

Doğada kendiliğinden gerçekleşerek havayı kirleten olaylardır.

- Orman yangınları
- Volkanik patlamalar
- Çöl tozları
- Fırtınalar
- Ekosistem dengesinin bozulması doğal kaynaklara örnek olarak verilebilir [9].

2.2.1.2 Yapay Kaynaklar

İnsanların ve diğer canlıların faaliyetleri sonucu hava kirliliğinin ciddi oranda artmasına neden olabilmektedir.

- Sanayi tesislerinden havaya salınan duman ve gazlar
- Motorlu taşıt araçlarının egzozlarından çıkan fosil yakıt yanma ürünleri
- Yakıtların yanlış yanma teknikleri
- Yok etmek için yapılan yakma işleminden sonra ortaya çıkan duman

- Nüfusun artması
- Yeşil alanın yetersiz olması
- Meteorolojik koşullar
- Konut plansızlığı
- Atıkların toplanıp yok edilmesinin yetersiz olması vb. hava kirliliğine yol açan yapay kaynaklar olarak sayılabilir [10].

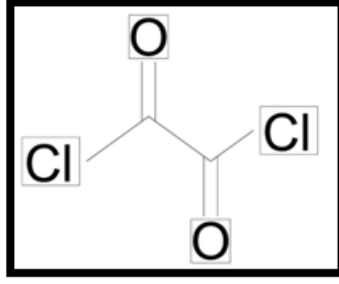
2.2.2 Zararlı Uçucu Organik Bileşikler

Uçucu organik bileşikler (UOB), yapısında çok fazla kimyasal içeren, yüksek buhar basıncına ve suda düşük çözünürlüğe sahip alifatik ve aromatik yapıdaki hidrokarbonlardır. Kapalı ortamlarda kronik solunum yolu hastalığı, baş ağrısı, astım, kanser gibi ciddi sağlık problemlerine neden olabilirler [11].

Günümüzde endüstride, sanayide ve kozmetikteki artış, uçucu organik bileşiklerin de havaya karışıp atmosfere zarar vermektedir. Zararlı uçucu organik bileşiklere örnek olarak; benzen, aseton, diklorometan ve kloroform verilebilir.

2.2.2.1 Diklorometan

Diklorometan (DCM veya metilen klorür), CH_2Cl_2 formülüne sahip organik bir bileşiktir. Molekül yapısı Şekil 2.1'de verilmiştir. Yaygın bir çözücü olarak kullanılan bu bileşik; renksiz ve uçucu sıvıdır. Bu yüzden toprakta tutunamaz ve dolayısıyla çok hızlı bir şekilde havaya geçer. Orta derece tatlı bir aromaya sahiptir. Birçok organik çözücü ile karışabilmesine rağmen su ile çözelti oluşturmaz.



Şekil 2.1. Diklorometanın molekül yapısı.

Sulak alanlar, yanardağlar, makro algler, okyanus kaynakları doğal diklorometan kaynakları arasındadır. Çevredeki DCM çoğunluğu, endüstriyel emisyonlardan kaynaklanmaktadır.

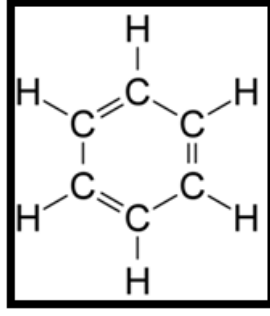
DCM Kullanım Alanları:

- Kahveyi ve çikolatayı kafeinsiz hale getirmek için, değişik aroma maddeleri hazırlamak için gıda endüstrisinde,
- Boya çıkartıcı ve sıyırıcı olarak,
- Malzemeyi test etme esnasında inşaat mühendisliğinde,
- Plastik bileşenleri bir araya getirirken hobi olarak çalışmalar yapanlar tarafından,
- Elektrik sayaçlarının muhafazasını kapatmak için,
- Konfeksiyon transferlerini kaldırmak için, tekstil (giysi baskı) endüstrisinde kullanılmaktadır [12].

Uçucu gaz olan diklorometan, canlıların vücuduna solunum yoluyla etki etmektedir. DCM insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir. Diklorometan sıvı halde canlıya temas ederse; deride yanıklar meydana gelebilir. DCM, insan otonom sinir sistemine de ciddi zararlar verebilir.

2.2.2.2 Benzen

Aromatik hidrokarbon olan benzen; hoş kokulu, renksizdir. Normal koşullar altında sıvı halde bulunmaktadır. C_6H_6 kimyasal formülüne sahip benzenin molekül yapısı Şekil 2.2’de verilmiştir. Önemli bir endüstriyel çözücüdür. Oda sıcaklığında yüksek buhar basıncına sahip olduğu için kolayca buharlaşır. Suda kolay bir şekilde çözünmektedir. Organik çözücülerle birlikte de karışım oluşturabilmektedir [13].



Şekil 2.2. Benzenin molekül yapısı.

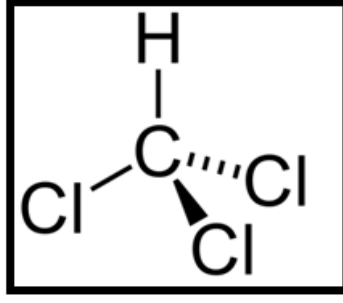
Benzen, fiziksel özellikleri veya diğer organik bileşiklere göre ucuz olması nedeniyle endüstride çok yaygın kullanılmaktadır. Kullanım alanları:

- Kutu, çanta gibi eşyalarda yapıştırıcı olarak,
- Madeni aletlerin temizlenmesinde,
- Kauçuk ve film sanayisinde,
- Matbaacılıkta boyaların eritilmesinde,
- Benzine karıştırılarak yakıt olarak,
- Kimya ve ilaç sanayisinde bazı maddelerin sentezinde,
- Boyaları eritme ve seyreltme işlemlerinde kullanılmaktadır.

Benzen buharı uzun veya kısa süreli olmak üzere bazı rahatsızlıklara ve zehirlenmelere neden olmaktadır. Benzene uzun süreli maruz kalındığında; canlıların merkezi sinir sisteminde ciddi zararlar verebilir, bilinç kaybına bağlı olarak felç olunabilir. Benzene kısa süreli maruz kalındığında; baş dönmesi, bulantı ve kusma, terleme, yüzde kızarma, kalpte çarpıntı olabilir. Ağız yoluyla çok fazla benzen alımında ölüm görülebilir [14].

2.2.2.3 Kloroform

CHCl_3 formülüne sahip renksiz bir sıvıdır. 61°C 'de kaynar. Yoğunluğu $1,48 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Tadı çok tatlıdır. Kokusu yoğundur. Triklorometan, metil triklorür, metenil triklorür olarak da bilinen ve molekül yapısı Şekil 2.3'te verilen kloroformun uçuculuğu yüksektir [15].



Şekil 2.3. Kloroform molekül yapısı.

Kloroform yağları kolayca çözer. Anestezik uyuşturucu etkisi vardır. Çoğunlukla kimyasal madde üretim süreçlerinde çözücü olarak kullanılmaktadır.

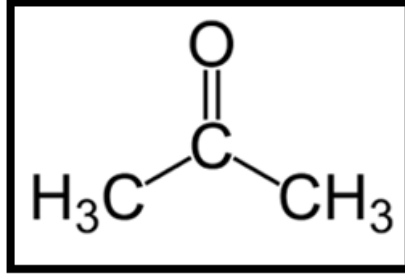
Kloroformun kullanım alanları:

- Diş macunlarında,
- Öksürük şuruplarında,
- İlaç ürünlerinde,
- Temizlik malzemelerinde,
- Kumaş boyalarında,
- Bilgisayar terminalleri ve yazıcılarda,
- Faks makinelerinde kullanılmaktadır.

Kloroform, insanlarda kan basıncını düşürerek kalp ritmini bozmaktadır. Merkezi sinir sistemini, karaciğeri, böbrek fonksiyonlarını da etkiler. Kloroform sıvı ve gaz haldeyken gözleri tahriş eder ve deriye de zarar verir. 1000 ppm kloroformun insan vücuduna etki etmesi baş dönmesine, baş ağrısına ve bayılamaya neden olmaktadır. Daha uzun süre vücuda etki etmesi sonucunda; koma ve ölüm görülebilir. Bu nedenle insanlarda anestezik olarak sık tercih edilmez [16].

2.2.2.4 Aseton

Aseton, ketonlar sınıfının ilk üyesidir. Keskin, hoş kokulu, renksiz bir sıvı olan aseton aynı zamanda yanıcıdır. Kaynama noktası 56 °C'dir. Kapalı formülü C₃H₆O'dur. İyotla verdiği iyodoform oluşumu önemli bir tepkimesidir. Çözücü olarak sıkça kullanılır. Yağ, kauçuk ve diğer maddelerin çözücüsü olarak kullanılır. İzopren, kloroform, bromoform ve iyodoform gibi ürünlerin elde edilişinde öncü madde olarak kullanılmaktadır. Molekül yapısı Şekil 2.4.'te verilen aseton sağlığa zararlı değildir.



Şekil 2.4. Asetonun molekül yapısı.

Asetonun kullanım alanları:

- Poliester reçinelerinin inceltilmesinde,
- Boyalar ve verniklerde,
- Yapıştırıcıların çözünmesinde,
- Oje çıkarımında kullanılmaktadır [17].

3. KALİKSAREN

Kaliksarenler; metilen grupları ile bağlanmış, fenol gruplarının siklik dizilerinden meydana gelen sentetik makrosiklik alıcılardan oluşur [18]. Kaliksaren ve türevleri metilen köprüleri ile bağlanan fenol gruplardan oluşan makrosiklik bileşiklerdir [19].

Kaliksarenlerin sentezi ilk olarak Alman organik kimyacı Adolph Von Baeyer tarafından gerçekleştirilmiştir. Makrosiklik bileşiklerin ilk oluşumu ise Alois Zinke ve arkadaşları tarafından ortaya atılmıştır. Stewart, kaliksarenlerin yapılarını ve aromatik halka taşıdıklarını göstermiştir [20].

Kaliksarenler yapıları bakımından metasiklofan sınıfına girmektedir. Bu sınıftaki bileşikler Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC) sistemine göre adlandırmak zor olacağı için halkalı yapıdaki kaliksaren 5, 11,17, 23-tetra-alkil-25,26,27,28-tetra-hidroksi kaliks[4]aren şeklinde isimlendirilmektedir. Kaliks[n]aren terimindeki n ifadesi makrosiklik bileşiğinin büyüklüğünü göstermektedir [21]. Kaliksarenler 4, 5, 6, 7, 8 gibi sayıda oksijenli birimlerden ve birleşik gruplardan da oluşabilmektedir. Kaliksarenler, önemli konuk atomlara ve organik moleküllere karşı inklüzyon kompleks oluştururlar ve konak-konuk kimyasında makrosiklik konak moleküller oldukları için büyük ilgi görmektedirler [22].

3.1 Kaliksarenlerin Fiziksel Özellikleri

3.1.1 Erime noktası

Erime noktası, kaliksarenlerin taşıdıkları fonksiyonel gruplara bağlıdır. Kaliks[4]aren oda sıcaklığı koşullarında sert bir yapıda bulunmaktadır. Kaliks[4]arenin erime noktası 300 °C ve daha yüksektir.

3.1.2 Çözünürlük

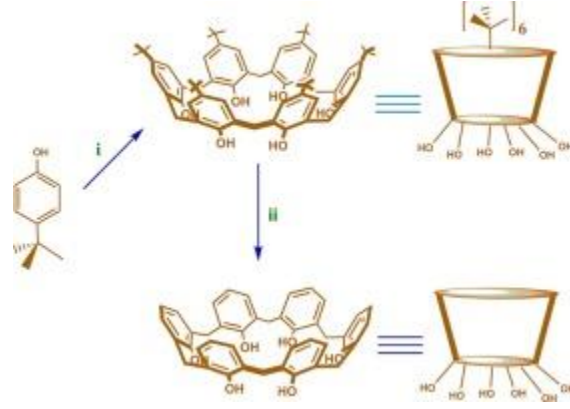
Kaliksarenlerin çözünürlükleri, organik çözücüler içerisinde sınırlıdır. Kaliksarenlerin fonksiyonlandırılması sonucunda, organik madde içinde çözünme etkisi ve sudaki çözünme etkileri değişmektedir. Kaliksaren yapılarında bulunan uzun zincirli alkil grupları da kaliksarenlerin organik madde içerisindeki çözünürlüğünü arttırmaktadır.

3.2 Kaliksarenlerin LB İnce Film Maddesi Olarak Kullanılması

Kaliksarenler saf bileşikler halinde elde edilerek çok çeşitli yapılara sahiplerdir. Termal buharlaştırma, spin kaplama ve Langmuir-Blodgett teknikleri kullanılarak kolay bir şekilde ince film haline getirilebilirler [23].

LB film tekniğinde organik madde olarak kaliksarenler tercih edilebilmektedir. Ayrıca kaliksarenler kolay şekilde fonksiyonelleştirme ve tanıma özellikleri sayesinde sensörlerin yapımında da tercih edilmektedirler. Özellikle kimyasal sensörlerde yaygın olarak kullanılmaktadırlar [24].

Kaliksarenli bileşiklerin farklı katlarda birleşme reaksiyonlarıyla mono ve multilayer olarak istikrarlı hale getirilebilir.



Şekil 3.1. Sensör çalışmalarında kullanılan kaliksarenler.

Şekil 3.1’de gösterilen p-tert-butil kaliks [6] aren ve calix [6] aren maddelerinden LB ince filmlerinin organik buhar algılama özellikleri ve bunların belirli karakterizasyonu yapılarak p-tert-bütil-kaliksaren türevleri sensör filmi olarak kullanılmış ve duyarlı sensör geliştirilmiştir [25].

4. GAZ SENSÖRLERİ

Günümüzde teknoloji hızlı bir şekilde ilerlerken yaşamımızı kolaylaştırıyor. Aynı zamanda teknolojiye bu ilerleme; canlılara, havaya, ekosisteme ciddi zararlar vermektedir. Bu zararların azaltılması dünya için çok önemlidir.

Zararlı gazlar, insan sağlığına ve çevreye ciddi zararlar vermektedir. Zararlı gazların tespiti bu sebeplerden dolayı oldukça önemlidir. Zararlı gazların tespit edilmesinde gaz sensörlerinden yararlanılmaktadır.

İlk sensör 1860 yılında Wilhelm Von Siemens tarafından üretilmiştir. Problemlerin artması ile 20. Yüzyılda sensör çalışmaları hızlanmış ve kullanılan teknikler geliştirilmiştir. [26] Günlük hayatımızda farkında olmadan birçok alanda sensör sayesinde üretilen makineleri, cihazları vb. daha verimli, daha hızlı bir şekilde kullanmaktayız.

4.1. Gaz Sensörlerinde Bulunması Gereken Özellikler:

Seçicilik: Üretilen sensörün spesifik olarak istenilen gazı algılayabilmesi gerekmektedir. Diğer gazlara tepki vermemesi gerekmektedir.

Tekrarlanabilirlik: Gaz sensörünün tekrarlanabilirliğinin ölçülmesi gerekmektedir. Çünkü ideal bir gaz sensöründe art arda yapılan ölçümlerde sonuçların birebir olması beklenmektedir. Eğer tekrarlanabilirlik yok ise sensörün gaza karşı algılama özelliğinin olmadığı anlaşılmaktadır.

Kararlılık: Biz gaz sensörü sıcaklık, pH, nem gibi etkenlere maruz kaldığında gaza aynı tepkiyi vermesi gerekmektedir.

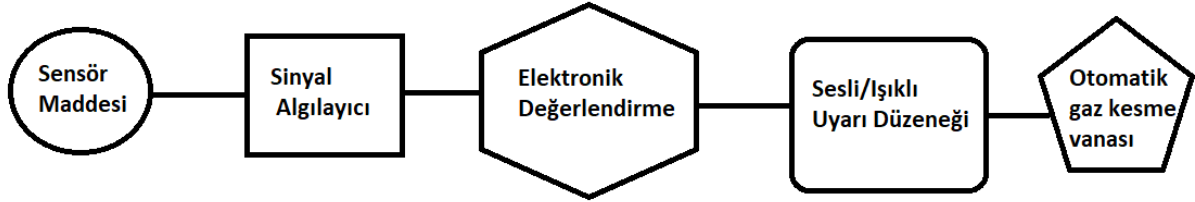
Düşük maliyet: Sensör üretiminde kullanılacak olacak maddenin maliyetinin düşük olması istenmektedir.

Kullanım Ömrü: Sensör ömrünün uzun olması, sensörün defalarca kullanılması istenmektedir.

Hızlı Reaksiyon: Gaz yüzeye ulaştığında hemen yarıiletken ile tepki vermelidir.

4.2 Gaz Algılayıcı Devre Elemanları

- Gaz algılayıcı sistem,
- Elektronik değerlendirme,
- Sesli/ışıklı uyarı düzenekleri,
- Otomatik gaz kesme vanasından oluşmaktadır.



Şekil 4. 1 Gaz algılayıcı devre elemanları.

Gaz Algılayıcı Sistem:

Sistemin en etkili ve en önemli elemanıdır. Gaz sensör maddesinin, tespiti yapılacak gaz ile etkileşmesi durumunda fiziksel veya kimyasal bir değişim göstermesi gerekmektedir. Yoksa gaz tespiti yapılamaz. Sensör maddesi sadece istenilen gaz ile etkileşime girmelidir. Bu sistem elemanının tasarımı, gaz kaçağı oluşturulacak bölgeye yerleştirilip gaz kaçağı olması durumunda kendisinin fiziksel veya kimyasal bir değişim, elektronik değerlendirme elemanı tarafından algılanacak şekildedir.

Elektronik Değerlendirme ve Uyarı Sinyali Gönderme Birimi:

Bu sistem elemanı gaz algılayıcı sistemden aldığı bilgiyi sesli/ışıklı uyarı düzeneğine iletir ve otomatik gaz kesme işlemini yapar. Basit detektörlerde, bu sistem elemanı sensör ve dahili sesli uyarı elemanını da içermektedir.

Sesli/ışıklı Uyarı Düzenekleri:

Hem görsel hem duyuşsal algılayabileceğimiz bir düzenektir. Düzenekte uyarı halinde sesli uyarıda arıza anında ışıklı düzenek uyarı verir ve sistemim düzgün çalışmasını sağlar.

Otomatik Gaz Kesme Vanası:

Sıvı ve gazların akışının kontrolü için kullanılan solenoid adı verilen elektrikli gaz kesme vanalarıdır. Güvenlik sisteminin bir parçası oldukları için aç-kapa sisteminden farklı şekilde manuel kontrol edilebiliyor olması tercih edilmektedir. [27]

4.3 Gaz Sensörlerinin Uygulama Alanları:

- Kimyasal ve biyokimyasal analizlerde
- Hastalıkların teşhisi ve tedavisinde
- Atık su arıtımında
- Ev ve işyerlerinin havalandırma tesisatlarında
- Gaz kaçağı kontrollerinde
- Askeri alanda, zararlı gazlardan korunmak için
- Yangın ve güvenlik alarmlarında
- İnsan ve çevre sağlığına olumsuz etki eden zararlı gazların tespitinde
- Hava kirliliği tespitinde

4.4 Langmuir-Blodgett İnce Filmlerin Gaz Sensörlerinde Uygulamaları:

Günümüzde teknolojinin hızla ilerlemesiyle beraber nanometre boyutundaki gelişmelerde hız kazanmıştır. Sensör alanındaki çalışmalar da yeni bir uygulamanın gelişmesine neden olmaktadır. Gaz sensörleri, daha az maliyet ile daha uzun ömürlü, daha verimle çalışan sensörler imal etmeyi hedeflemiştir. Langmuir-Blodgett ince film tekniği nanometre mertebesinde organik ince filmler elde etmek için kullanılan bir tekniktir. Bu teknik ile nano kalınlık kolay tespit edilebilir. Bu sebeple gaz sensörü üretiminde LB ince film tekniği kullanılır.

5. LANGMUIR-BLODGETT İNCE FİLM ÜRETİM TEKNİĞİ

5.1 Langmuir-Blodgett İnce Film Üretiminin Tarihçesi

Langmuir- Blodgett tekniği ilk olarak 1774 yılında Amerikalı devlet adamı Benjamin Franklin tarafından rüzgarlı bir günde Chapalm gölüne yaklaşık 2 mL (yaklaşık bir çay kaşığı kadar) yağı göle döktükten sonra, az miktardaki yağın çok kısa zaman içinde yağın birkaç metrekairelik alana yayıldığını zaman geçtikçe kenarlara kadar yağın ilerlediğini görmüştür. Daha sonra 2 mL yağın gölün dörtte birlik alanın (yarım hektar) hava-su ara yüzeyinde düzenli bir şekilde yağ tabakası meydana geldiğini ve yaptığı çalışmalar sonucunda bu yağ tabakasının kalınlığının yaklaşık 2 nm olabileceğini hesaplamıştır.

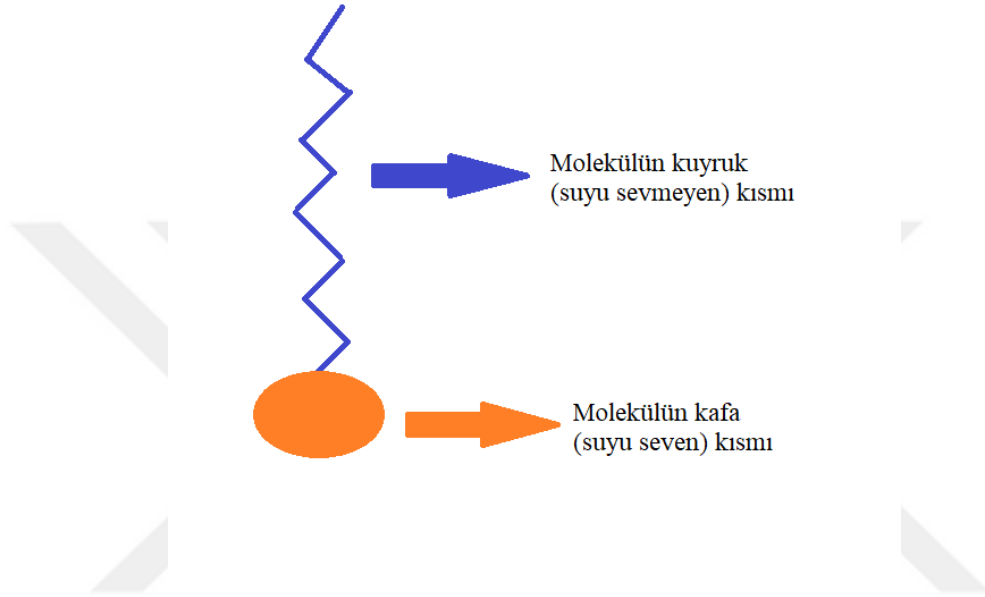
Agnes Pockles, su yüzeyindeki moleküller ile ilgili çalışmaları 19.yüzyılda evinin mutfağında bulunan lavaboyu kullanarak yapmıştır. Bu deneyler sonucunda ilk yüzey basıncı / alan (izoterm) grafiği yayınlanmıştır [28].

20. yüzyılda Amerikan kimyacı ve fizikçi Irving Langmuir su yüzeyinde yüzen tek tabakalar üzerine sistematik çalışmalar yapmış ve tek tabakadan oluşan yapılara açıklık getiren ilk isimdir. Langmuir ve birlikte çalıştığı arkadaşı Katherine Blodgett tek katlı tabakaları katı bir yüzeye transfer etmeyi başarmışlardır. Çalışmalarını geliştirerek çok katlı ince filmler elde etmişlerdir. Böylece Irving Langmuir ve Katherine Blodgett tarafından ilk kez ince film üretimi tekniği geliştirilmiş oldu. Bu teknik ile üretilen ince filmlere Langmuir-Blodgett (LB) adı verilmektedir. 1980'li yılların sonlarında LB film tekniği çalışmaları hızlanmış; fizik, kimya, malzeme mühendisliği, sensör gibi alanlarda LB film tekniği ile üretilen ince filmler kullanılmaya başlanmıştır [29].

5.2 Langmuir- Blodgett İnce Film Maddeleri

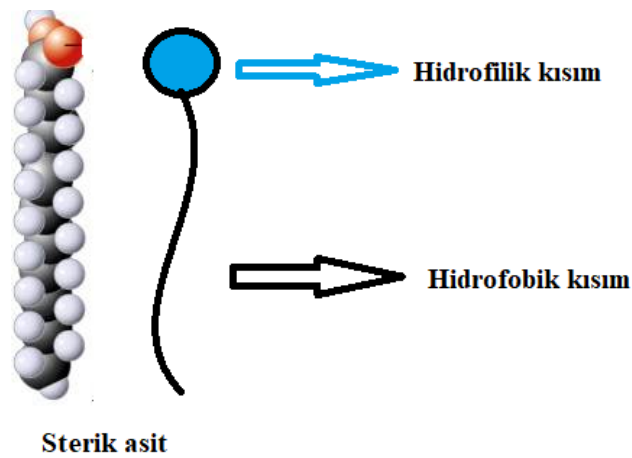
LB ince film üretim tekniği, su yüzeyinde yüzen organik maddelerin katı bir yüzeye transfer edilmesi temeline dayanmaktadır. Bu nedenle LB ince film maddesi olarak kullanılabilecek maddenin su içerisinde çözünmemesi gerekmektedir. Su içerisinde çözünebilen maddelere suyu seven (hidrofilik), su içerisinde çözünemeyen maddelere ise suyu

sevmeyen (hidrofobik) adı verilmektedir. LB ince film maddeleri ‘amfifilik’ özellik göstermektedir. Amfifilik moleküller, hidrofilik(suyu seven) polar baş ve hidrofobik(suyu sevmeyen) kuyruk kısmından oluşan moleküllerdir. Amfifilik moleküller suda çözünmezler. LB ince film üretiminde çeşitli amfifilik moleküller kullanılabilir [30]. Şekil 5.1’de amfifilik bir molekülün genel yapısı gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Amfifilik moleküllerin genel yapısı.

Amfifilik moleküllere örnek olarak aromatik bileşikler, benzen ve türevleri ve yağ asitleri verilebilir. Şekil 5.2’de amfifilik moleküle örnek olarak sterikasit gösterilmiştir.



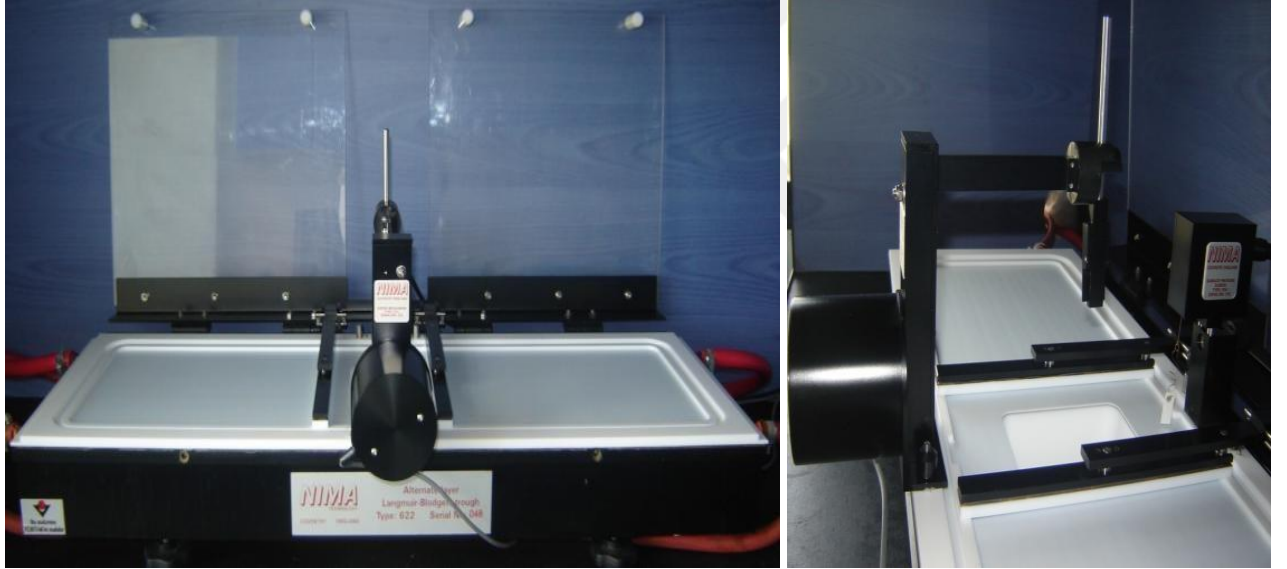
Şekil 5.2. Sterikasit ($C_{18}H_{36}O_2$)’in molekül yapısı.

5.3 LB İnce Film Üretim Teknesi

LB ince filmlerini üretmek için sıvı yüzeyindeki LB film maddelerinin (amfifilik molekül) eşit bir şekilde katı yüzeye transferlerinin gerçekleşmesi için LB ince film üretim tekneleri kullanılmaktadır.

Agnes Pockels ilk kez hava-su ara yüzeyindeki tek tabakaların kontrolünü sağlamak için bariyerli tekneyi tasarlamıştır. Bu teknelerin ilk dizaynında bariyerler teknenin kenarlarına yerleştirilmiş ve teknenin kontrolü elle yapılıyordu, günümüzde teknelerin kontrolü bilgisayar ile yapılmaktadır [31].

Resim 5.1’de bu çalışmada kullanılan LB ince film teknesinin görüntülerine yer verilmiştir.



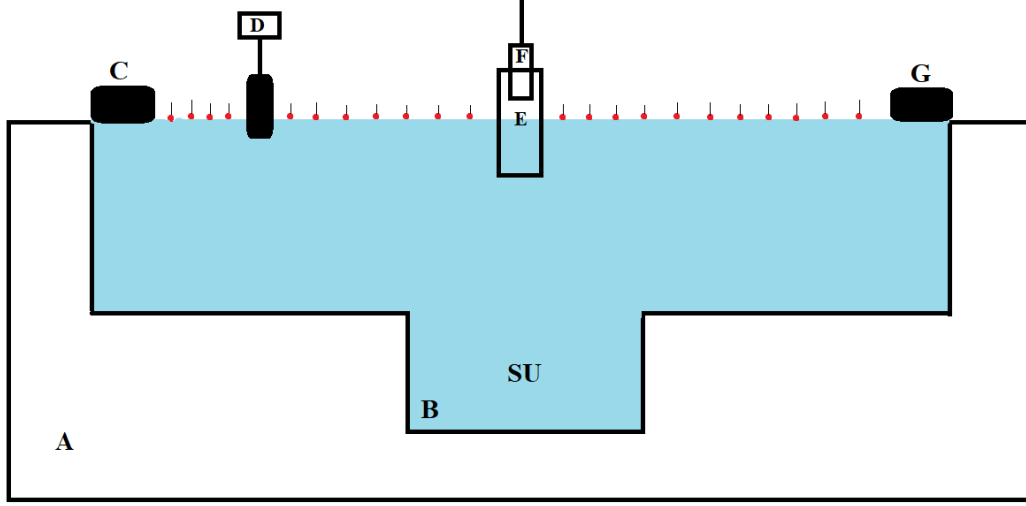
Resim 5.1. LB ince film teknesinin görünümü.

LB ince film tekneleri tek vagonlu ve çift vagonlu sistemlerden oluşmaktadır.

5.3.1 Tek vagonlu Langmuir- Blodgett İnce Film Teknesi

Tekne ve bariyerler politetrafloroetilen olarak bilinen (PTFE) malzemeden üretilmektedir. Tekne içinde en büyük alan için bariyerlerin tamamen açık, en küçük alan için bariyerlerin kapalı olması gerekmektedir.

Şekil 5.3'te tek vagonlu LB film teknesi gösterilmiştir. Sıvı yüzeyde ince film maddelerini katı yüzeye transferi hareketli katı yüzey tutucusunun aşağı-yukarı hareketiyle gerçekleşir. Şekilde gösterilen basınç sensörü, yüzey basıncının ölçülmesinde kullanılır. Tek vagonlu tekneler tek tip molekül kaplamasında tercih edilmektedir.



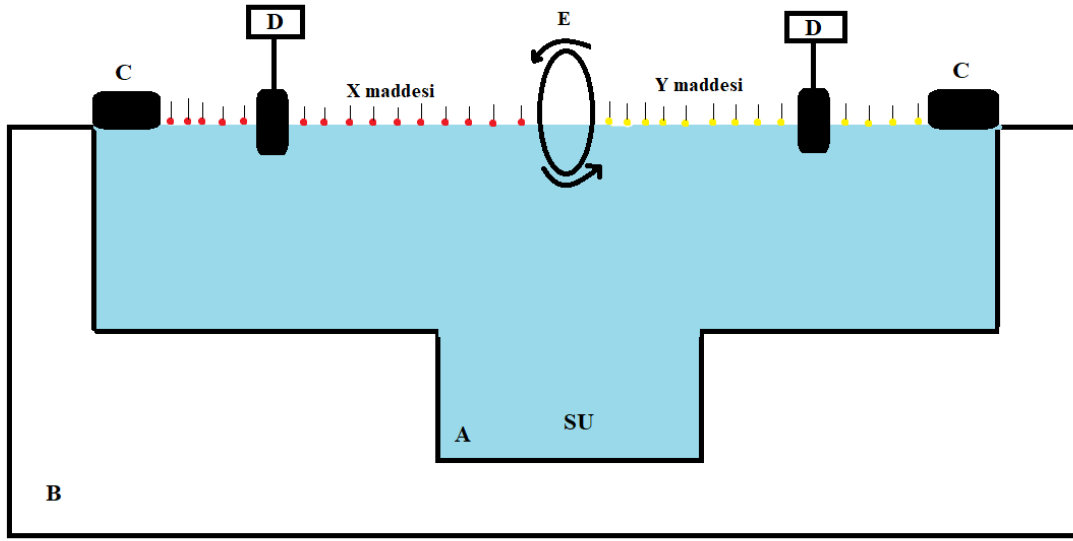
Şekil 5.3. Tek vagonlu LB ince film teknesi.

A:su, B:tekne, C: sabit bariyer, D:basınç sensörü, E:alttaş,
F:hareketli motor, G: hareketli bariyer

5.3.2 Çift Vagonlu Langmuir-Blodgett İnce Film Teknesi

Çift vagonlu tekne ile iki veya daha fazla farklı molekül kaplanabilmektedir. Çift vagonlu tekne ile daha kolay farklı moleküllere sahip LB ince filmler üretilebilmektedir. Çünkü tek vagonlu teknede farklı moleküllerde kaplama yapabilmek için sırayla moleküllerin kaplanması ve her kaplamada teknenin temizlenmesi gerekmektedir. Bu işlemlerin yapılması oldukça fazla zaman almaktadır.

Çift vagonlu teknede; bir tekneye X molekülü diğer tekneye Y molekülü koyularak cam yüzey üzerine XYXYXYXY şeklinde kaplamalar yapılabilmektedir.



Şekil 5.4. Çift vagonlu LB ince film teknesi.

A:su, B: tekne, C: hareketli bariyer, D:basınç sensörü, E:alttaş döndürücüsü

Şekil 5.4'te çift vagonlu LB ince film teknesinin şematik gösterimi verilmiştir. İki tane hareketli bariyer ve bariyerler arasında saat yönünün tersine 360° dönebilen katı yüzey tutucusu bulunmaktadır. Katı yüzey döndürüldüğünde su-ince tabaka-hava-ince tabaka-su ortamlarından geçerek transfer işlemi gerçekleşir. Yüzey basıncını ölçmek için basınç sensörü kullanılmaktadır [32].

5.4 Organik Maddelerin Langmuir Özellikleri

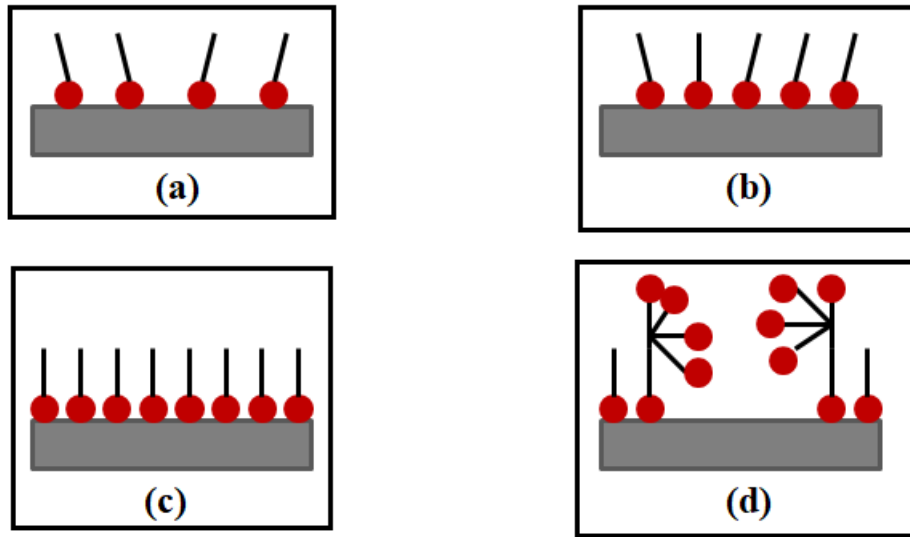
Tek tabaka moleküllerinin su yüzeyindeki davranışları Langmuir özellikleri olarak isimlendirilir. Tek tabaka moleküllerin su yüzeyindeki karakteristik özelliklerini incelemek için izoterm grafiği kullanılır. İzoterm grafiği, yüzey alanı (A)-yüzey basıncı (Π) değişiminden elde edilen grafikdir. İzoterm grafiği sayesinde LB ince film üretimi için uygun basınç değerleri belirlenir.

5.4.1 Yüzey Basınç / Yüzey Alan (İzoterm) Grafiği

Üretimi yapılacak LB film maddesi ilk olarak uygun bir çözücü içinde çözülür ve LB ince film teknesindeki saf su yüzeyi üzerine enjektör ile serpilir. Moleküller arasındaki

uzaklık, bariyerler açıkken en fazladır ve bariyerler açıkken moleküller arası etkileşim çok azdır.

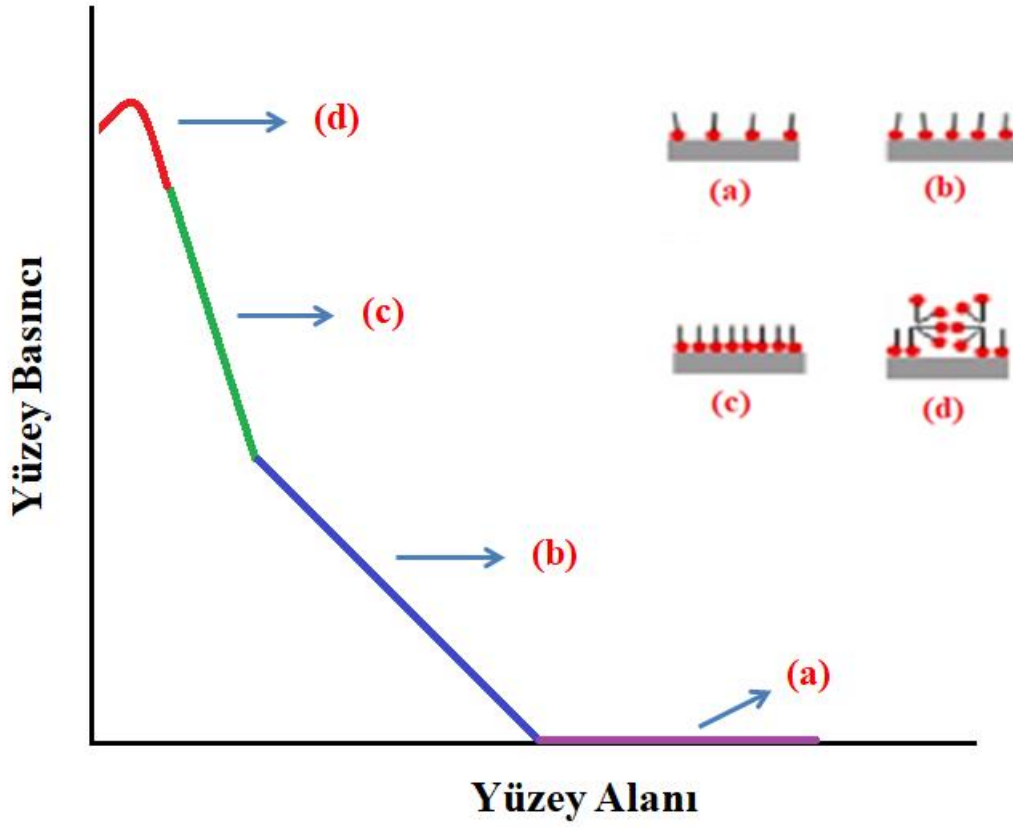
Moleküller arası etkileşimin çok az olduğu faz Şekil 5.5a’ da görüldüğü gibi gaz fazı yani düzensiz fazdır. Bariyerler kapatılmaya başlandıkça moleküller arası etkileşim artmaya başlar, moleküller arası etkileşimin artmasıyla yüzey basıncı da artmaya başlar. Şekil 5.5b’de sıvı faz gösterilmektedir. Bu fazda da etkileşim ve yüzey basıncı artmaya başlar. Bariyerlerin kapatılmaya devam edilmesiyle moleküller arası etkileşim ve yüzey basıncı hızlı bir şekilde artar ve su yüzeyi üzerinde ince bir tabaka oluşmaktadır. Şekil 5.5c’de gösterilen bu faz katı yani düzenli faz olarak adlandırılır. Katı fazda LB ince film üretimi gerçekleşir. LB ince filmler düzenli olarak katı faz aralığından seçilen uygun yüzey basınç değerinde üretilir. Bariyerler kapatıldıkça oluşan düzenli faz bozulur ve bu faz dağılma fazı olarak bilinir. LB ince filmlerin homojen bir şekilde üretimi kazı faz haricinde mümkün değildir.



Şekil 5.5. Moleküllerin su yüzeyindeki davranışları.

(a) gaz (düzensiz) fazı, (b) sıvı (yarı düzenli) faz, (c) katı (düzenli) faz, (d) dağılma

Şekil 5.6’da ideal bir izoterm grafiği ve faz geçişleri gösterilmiştir. İzoterm grafiği ile LB ince film üretimi için uygun basınç değeri belirlenir. Moleküllerin su yüzeyindeki karakteristik özellikleri tespit edilebilir [33].



Şekil 5.6. İdeal bir izoterm grafiği ve faz geçişleri.

5.5 LB İnce Film Üretimi

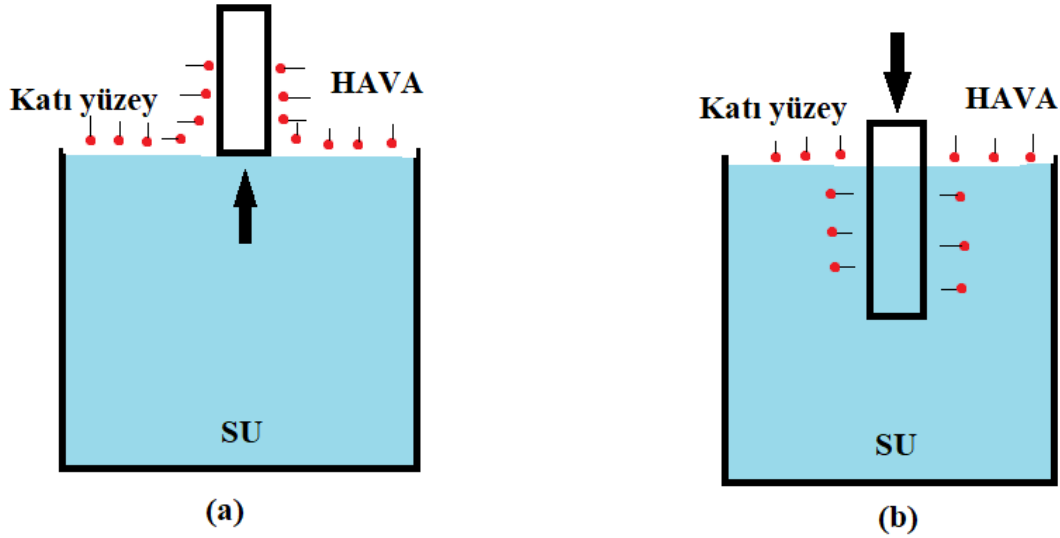
5.5.1 LB Filmlerin Üretilmesinde Temizliğin Önemi

Kararlı LB ince filmler üretebilmek için bazı hususların yerine getirilmesi gerekmektedir. Moleküllerin yapılarının bozulmaması için yüzey ortamının toz ve kirden arınmış olması gerekmektedir. Teknelerin temizliği için kullanılacak maddenin su içerisinde çözünmemesi gerekmektedir. Teknelerin temizliğinde genellikle kloroform tercih edilmektedir. Tekne saf su ilavesinden önce kloroform ile güzelce temizlenir, temiz bir peçete iyice kurulanır. Tekne suyu her değiştirildiğinde bu işlem tekrarlanır. Yüzey temizliği tamamlandıktan sonra bariyerler açılıp kapatılarak yüzey basıncı kontrol edilir. Yüzey basıncı değişim göstermeyene kadar işlem tekrarlanır.

5.5.2 Tek Katlı İnce Film Üretimi

LB ince filmlerin üretiminde gerekli hususlar yerine getirildikten sonra katı (düzenli) fazda LB ince filmler üretebilmek için izoterm grafiğinden elde edilen basınç değeri uygun değer olarak belirlenir. Daha sonra seçilen yüzeyin hidrofilik yada hidrofobik olmasına göre LB ince film üretimi gerçekleşir.

Şekil 5.7 (a)'da gösterildiği gibi yüzey hidrofilik bir yüzey ise katı yüzey su- ince tabaka doğrultusunda hareket ettirilmesi gerekmektedir. Eğer yüzey hidrofobik ise Şekil 5.7 (b)' deki gibi hareket katı yüzey- ince tabaka su şeklinde olmalıdır. Hidrofilik yüzeyde organik molekülün baş kısmı ile katı yüzey etkileşir. Hidrofobik yüzeyde ise organik molekülün kuyruk kısmı ile katı yüzey etkileşir [34].

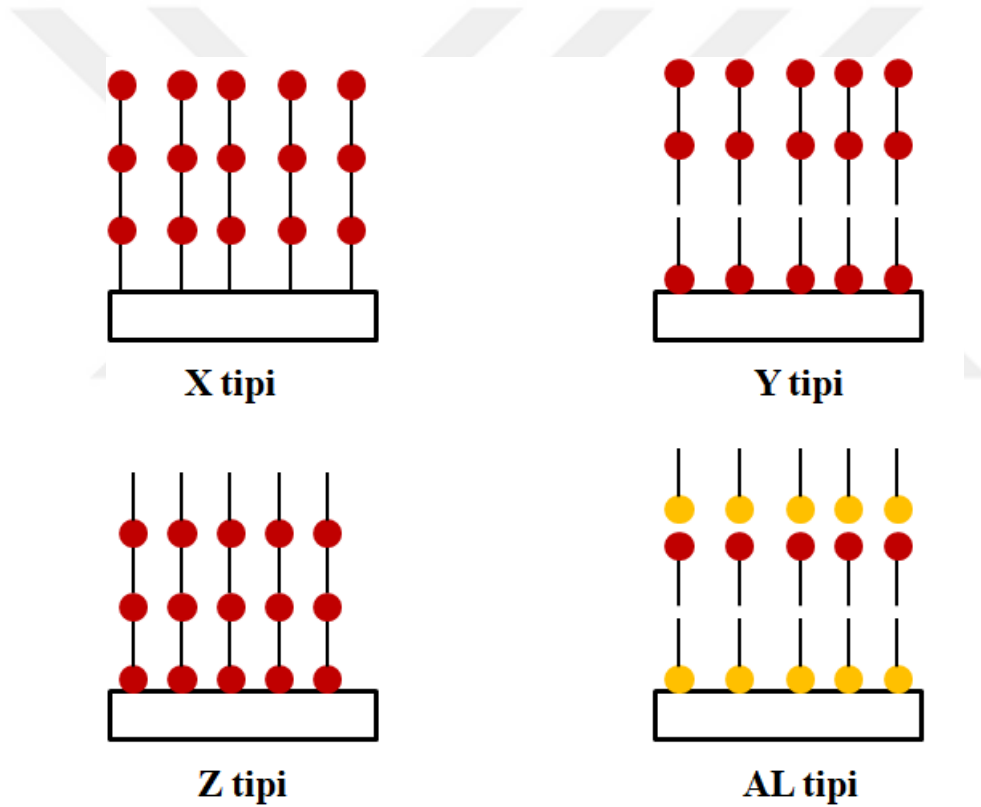


Şekil 5.7. a) Hidrofilik katı yüzey üzerine LB film transferi - (b) Hidrofobik katı yüzey üzerine LB film transferi.

5.5.3 Çok Katlı İnce Film Üretimi

Çok katlı ince film üretimi katı yüzey- ince tabaka- su veya katı yüzey- su- ince tabaka doğrultusundaki hareketlerin tekrarlanmasıyla gerçekleşir. X-tipi, Y-tipi, Z-tipi ve Alternate (AL) olmak üzere dört farklı çeşidi vardır.

Şekil 5.8’de çok katlı ince film türleri gösterilmiştir. Y-tipi çok katlı LB ince film türünün düzeni baş-baş ve kuyruk-kuyruk şeklindedir, simetrik yapıdadır. X-tipinin düzenlemesi kuyruk-baş-kuyruk şeklindedir. Z-tipi de baş-kuyruk-baş şeklinde düzenlemeye sahiptir. Alternate layer (AL) LB tipi filmler iki farklı molekül kullanılarak elde edilirler, asimetrik yapıya sahiptirler [35].



Şekil 5.8. Çok tabakalı LB ince film tipleri.

5.6 Lanmuir-Blodgett İnce Film Oluşturma Tekniğinin Avantajları

LB ince film üretim tekniğinin diğer tekniklere avantajları şöyle sıralanabilir:

- Asimetrik ve simetrik yapılarda ince filmler elde edilebilir.
- LB ince filmler düşük maliyet ile üretilebilir.

- LB ince film tekniği ile çok katlı ince filmler oluşturulabilir.
- Nano boyutlarda ince filmler elde edilmesi mümkündür.
- Fizik, kimya, sağlık, teknoloji gibi farklı alanlarda kullanılabilen bir yöntemdir.
- LB ince film maddelerinin üretimi oldukça basittir.

5.7 Langmuir-Blodgett İnce Film Tekniğinin Uygulama Alanları

Çok geniş bir yelpazede kullanım alanına sahip LB ince film tekniğinin; fizik, kimya, sağlık, bilim, teknoloji gibi alanlarda kullanıldığı bilinmektedir. Son yıllarda da bilimsel araştırmalarda LB ince filmler yaygın olarak kullanıldığı görölmektedir.

LB ince film tekniği, havadaki zararlı gazların tespit edilmesinde tercih edilen yöntemdir. LB ince film tekniği çevreye duyarlı ve geri dönüşümü mümkün olan gaz sensörleri üretilebilmektedir.

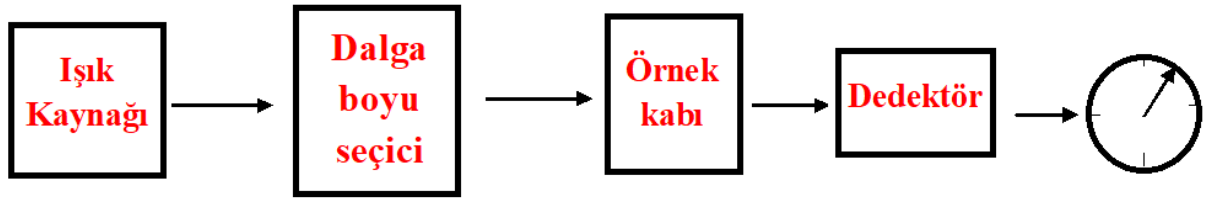
LB ince film tekniği sayesinde pyroelektrik özelliğe sahip asimetric yapıda malzemelerin üretimi mümkündür. Üretilen bu malzemeler sıcaklık değişimine duyarlıdır. Yangın alarmlarında, termal kameralarda bu malzemeler kullanılır. Bu maddelerin üretimi oldukça kolay ve maliyeti düşüktür.

6. KULLANILAN TEKNİKLER

Üretilen Langmuir- Blodgett ince filmlerin karakterizasyonu için UV- Görünür Spektrofotometresi, Yüzey Plazmon Rezonans ve Kuartz Kristal Mikrobaleans sistemleri kullanılmıştır.

6.1 UV Görünür Bölge Spektrofotometre Analiz Yöntemi

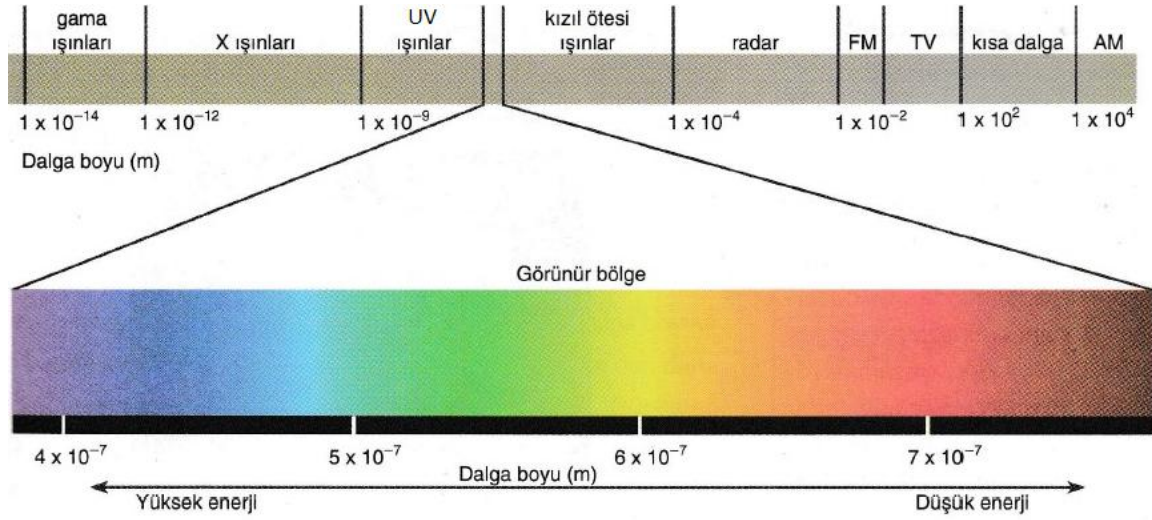
Spektroskopi; atom, molekül ya da iyonların enerji seviyesindeki değişimleri esnasında yayılan veya soğurulan ışımının ölçülüp yorumlanmasıdır. Şekil 6.1’de spektrofotometrenin düzeneği gösterilmektedir.



Şekil 6.1. Bir spektrofotometrenin temel bileşenleri.

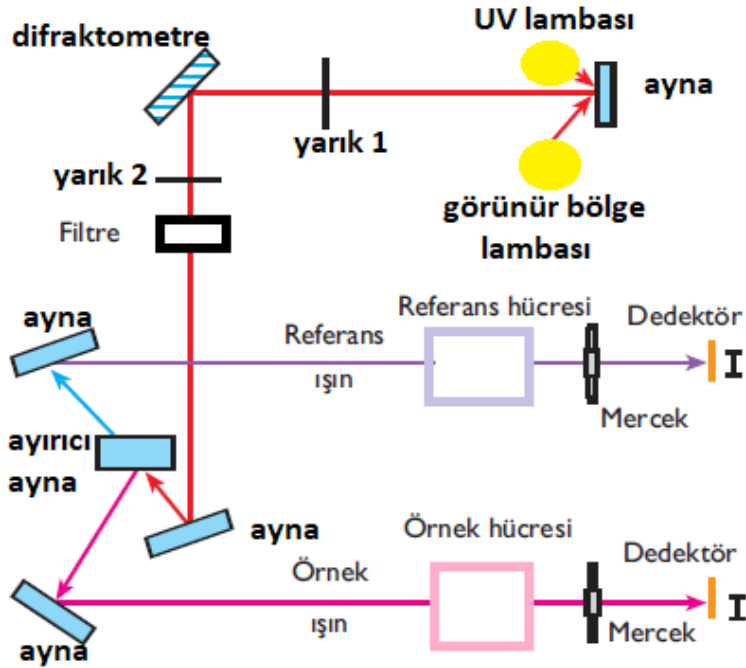
Düzenek; ışık kaynağı, dalga boyu seçici ve dedektörden meydana gelmektedir. Optik bir sinyal kaydedici veya galvanometre ile ölçüm yapılır.

Bir elektron kendi enerjisi seviyesinden bir üst enerji seviyesine geçerken absorpsiyon spektrumları meydana gelmektedir. Absorpsiyon spektrumu 100 nm ile 700 nm aralığındaki kısmı kapsamaktadır [36]. Bu aralık, Şekil 6.2’de gösterildiği gibi elektromanyetik spektrumda X-ışınları ile görünür bölge arasına denk gelmektedir.



Şekil 6.2. Elektromanyetik spektrum çizelgesi.

Elektron kendi enerji seviyesinden bir alt enerji seviyesine geçerken ise emisyon spektrumları meydana gelmektedir. Atomların kendine özgü emisyon spektrumu vardır. Bir atom veya molekülün uyarılabilmesi için gerekli olan enerji elektromanyetik spektrumun UV-Görünür Bölgesine karşılık gelmektedir [37].



Şekil 6.3. UV-görünür spektrofotometresinin çalışma prensibi.

Sistemin çalışma prensibi Şekil 6.3'te gösterilmiştir. Kaynaktan gelen ışın yarıktan geçer, aynaya ulaşır ve ışın ikiye ayrılır. Ayrılan ışınlardan ilki referans hücreye ikincisi örnek hücreye gönderilir ve merceklere ulaşır. Merceklerden çıkan ışının dedektöre gelir ve burada absorpsiyon şiddeti ölçülür.

6.1.1 LB Film karakterizasyonu ve sensör ölçümleri

UV-görünür bölge spektrokopisi LB film karakterizasyonu ve sensör ölçümlerinde kullanılan bir yöntemdir. Gaz sensör sistemlerinin optiksel özelliklerinin incelenmesinde UV görünür bölge spektromete analiz yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem ile LB ince filmlerinin yapısal özellikleri tespit edilebilir. LB ince film yöntemiyle üretilen filmlerin alt taşlarındaki madde ile ilgili bazı tespitler yapılabilir, yüzey üzerine düzenli kaplanıp kaplanmadığı anlaşılmaktadır [38].

6.2 Kuartz Kristal Mikrobals (KKM)

Kuartz kristal mikrobals sensörler piezoelektrik ilkesine dayanarak çalışmaktadırlar.

6.2.1 Piezoelektrik etki:

Piezoelektrik etki ilk olarak 1817 yılında Fransız mineralog René Just Haüy tarafından bahsedilmiştir. 1880 yılında Jacques- Pierre Curie bazı kristaller ile yapılan çalışmaları ile piezoelektrik etki bilimsel olarak kanıtlanmıştır. Piezoelektriklik; simetrik merkezi olmayan kristal maddelerde görülmektedir. Kullanılan malzemeler:

- Kuartz,
- Lityum sülfat,
- Turmalin,
- Kadmiyum sülfat,
- Çinko oksit,
- Baryum titanat,
- Kochel tuzu,

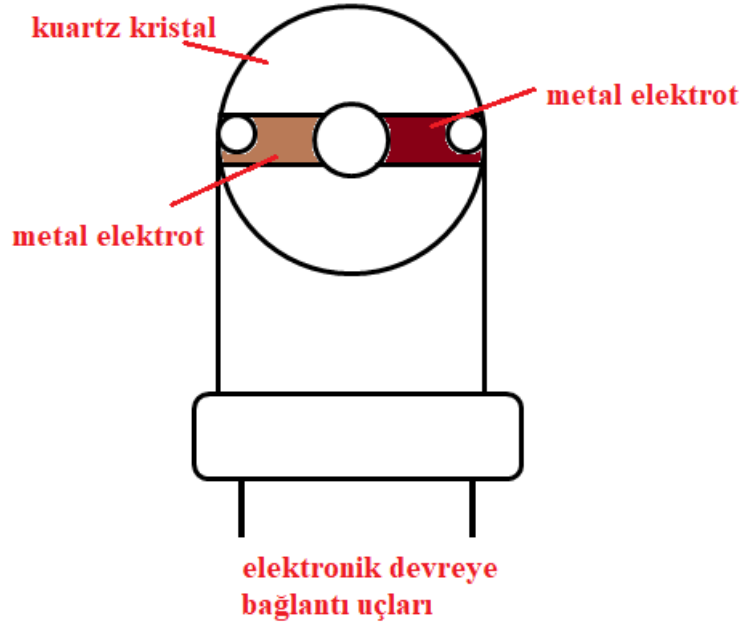
- Kurşun zirkonyum titanat vb.

Piezoelektrik özelliğe sahip maddeler, hızlı tepki verirler. Bu yüzden ani basınç değeri ölçümünde sık olarak tercih edilirler [39].

Günümüzde piezoelektrik kristal, doğal kuartz kristal olarak kullanılmaktadır. Kuartz kristal çok dayanıklı olduğu için endüstri alanında tercih edilmektedir. Kuartz kristali; silikon ve oksijenin birleşmesiyle meydana gelmektedir. Kimyasal formülü SiO_2 'tir. Kuartz kristaline enerji verildiği zaman belli frekans aralıklarında titreşim oluşur. Bu titreşim kristalin kesim açılarıyla ilgilidir.

6.2.2 Kuartz Kristal Mikro balans (KKM) Sistemi

Kuartz kristal mikrobalsans (KKM) sensör uygulamalarında kullanılan yöntemdir. Bu yöntem, yüzeydeki kütle değişimlerine ve yüksek frekansla gerçekleşen bir yöntemdir. KKM sistemi; ucuz olması, tasarımının kolay olması gibi avantajları sayesinde ince film oluşturmak için tercih edilen tekniklerdendir [40]. KKM sisteminin çalışma prensibi piezoelektrik etkiye dayanmaktadır. KKM sisteminin en önemli parçası olan kuartz kristal Şekil 6.4'te sembolik olarak gösterilmektedir.



Şekil 6.4. Kuartz kristalin yapısı.

Sensör uygulamaları için kullanılan kuartz kristal çok ince kuartz kristalden oluşmaktadır. Şekil 6.4'te görüldüğü gibi ince kuartz kristal üzerinde bulunan metal elektrotlara basınç uygulandığında piezoelektriksel etkiden kaynaklanan mekanik güç oluşur. Sistemde metal elektrotlar elektronik devrenin bağlantı uçlarına uygun bağlandığı zaman ölçülebilir frekans oluşur.

6.2.3 LB İnce filmlerin kuartz kristal mikrobals ile incelenmesi

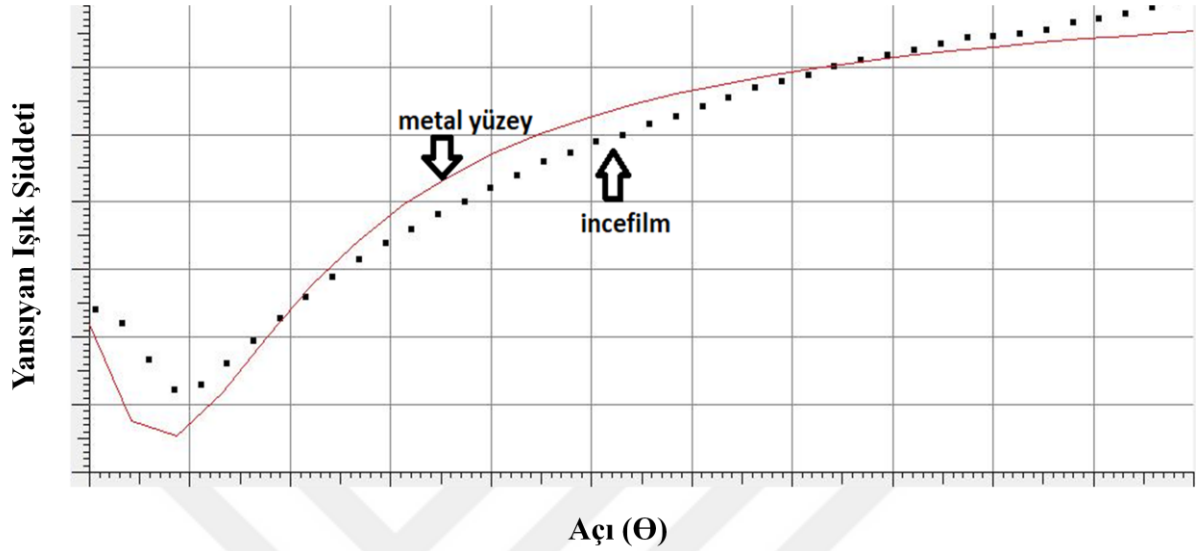
KKM sistemi, LB tekniği kullanılarak elde edilen ince filmlerin karakterizasyonunda yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Bu teknik ile kuartz kristal üzerine kaplanan LB film tabakalarının üretimini ispatlamak ve sensörün gaz algılama özelliklerini incelemek için tercih edilmektedir. KKM sistemi aynı zamanda çok katmanlı LB ince filmlerin tekrarlanabilirliğini karakterize etmek için de kullanılmaktadır. KKM sistemi sayesinde, LB ince filmlerin zararlı organik buharlara maruz bırakılması ile kuartz kristalin frekansında meydana gelen değişimler ölçülerek LB ince filmlerinin gazlara karşı duyarlılığı belirlenebilmektedir [41].

6.3 Yüzey Plazmon Rezonans Analiz Yöntemi

Yüzey Plazmon olgusu ilk kez 1902 yılında Wood tarafından gözlenmiştir. Wood, polarize ışığın kırınım düzenleyici yüzeyinden bir aynaya yansıttığı anda aynada karanlık ve aydınlık bantlar gözlemlemiştir. Daha sonraki yıllarda Lord Rayleigh ve Fano teorisinin gelişmesi için çalışmalar yapmıştır. Ancak Yüzey Plazmon Rezonansının tam olarak anlaşılması 1968 yılında olmuştur. Otto ve Kretschman yüzey plazmon rezonansının oluşumunu rapor etmişlerdir. Kretschman prizma yapısı, SPR prizmalarının hazırlanmasında sık kullanılan tasarımıdır. Bu gelişmelerle birlikte yüksek seçicilikte sensörlerin geliştirilmesinin yolu açılmıştır. [42]

SPR sistemi, iyi iletken metal kaplı yüzeydeki (altın, gümüş, bakır vb.) metal elektronları ile yüzeye gönderilen elektromanyetik dalgalar arasındaki enerji transferi ilkesine dayanmaktadır. Metal yüzey ile gönderilen elektromanyetik dalgalar arasında enerji transferi meydana geldiğinde metal yüzeyin alt tarafından yansıyan ışığın şiddetinde değişim meydana gelir. Bu ışık şiddetinde meydana gelen değişim ölçüldüğünde yüzey plazmon rezonans

belirlenir. Metal ışık yüzeye farklı açılarda gönderildiğinde ışığın bir kısmı yansır, bir kısmı ise absorbe olur. Bu açığa rezonans açısı denir.



Şekil 6.5. Yansıma açısı değişimine bağlı yansıyan ışık şiddeti (SPR eğrisi).

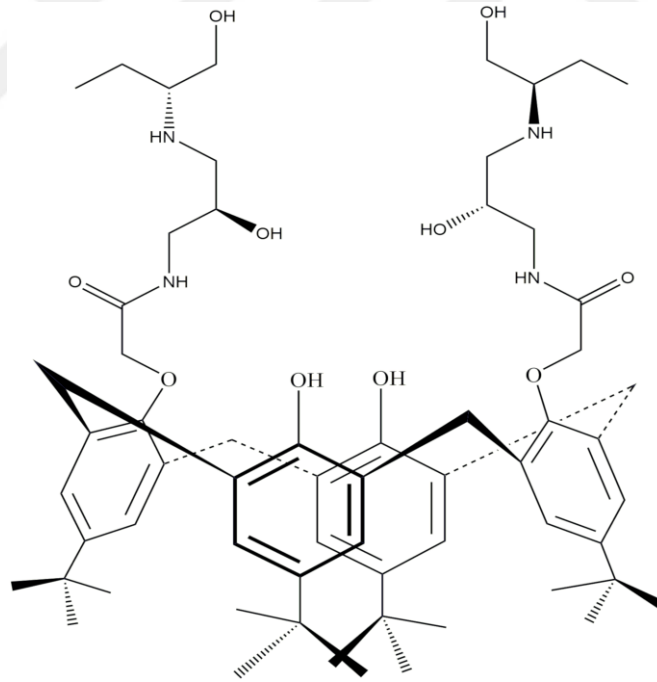
Şekilde metal yüzey ve metal yüzeye üzerindeki ince filmin yansıma açısı değişimine bağlı yansıyan ışık şiddeti değişimini gösteren SPR grafiği gösterilmektedir [43].

Yüzey Plazmon Rezonans (SPR) analiz yöntemi ile ışığın gelme açısı rezonans açısına yakın değerde sabit tutularak ince filmin zararlı gaz ile etkileşimi ve yansıyan ışık şiddetinin zamana bağlı değişimini gösteren kinetik çalışmalar yapılabilir. SPR eğrileri ve bazı yazılımlar yardımı ile LB ince filmlerinin kalınlık değerleri hesaplanabilir [44]. YPR analiz yöntemi LB ince film tekniği ile üretilen ince filmlerin karakterizasyonu için kullanılan bir yöntemdir.

7. DENEYSEL BÖLÜM

7.1 Kullanılan Langmuir-Blodgett İnce Film Maddesi

Bu çalışmada, Uşak Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Öğretim Üyesi Doç. Dr. Selahattin Bozkurt tarafından sentezlenen β -Hidroksi amin tabanlı kaliks[4]aren (NHDACx) maddesi ince film üretme malzemesi olarak kullanılmıştır. LB ince film maddesi olarak kullanılan NHDACx maddesine ait kimyasal yapı Şekil 7.1’de şekilde verilmiştir.



Şekil 7.4. NHDACx maddesinin kimyasal yapısı.

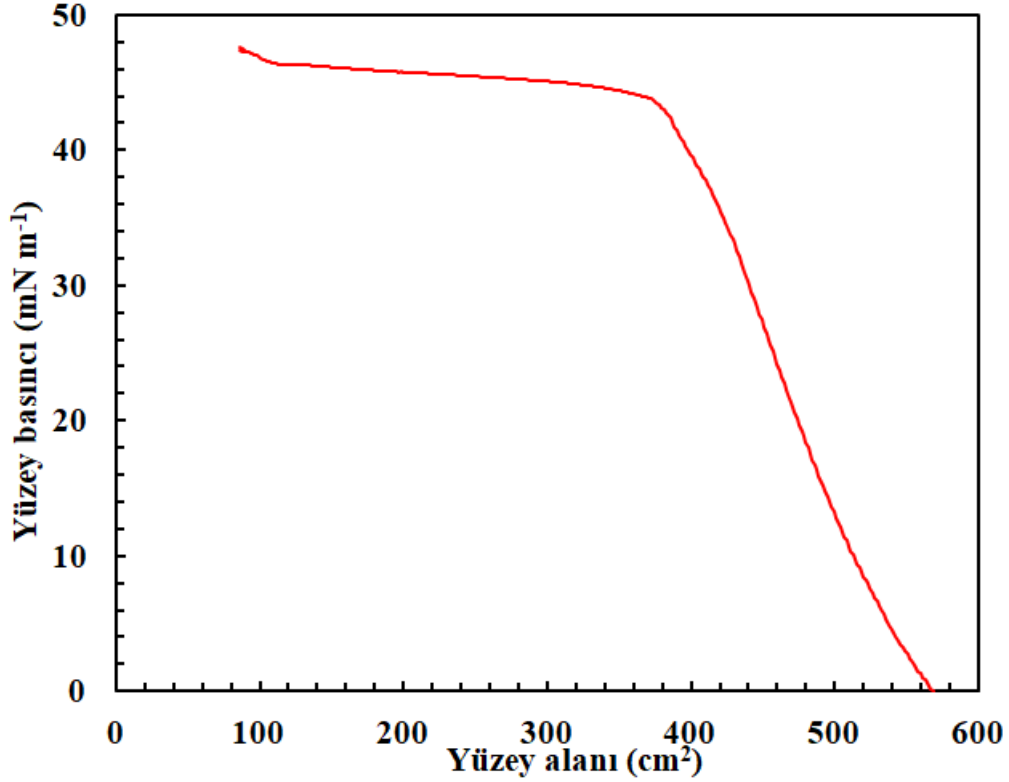
7.2 İzoterm Grafiğinin Elde Edilmesi

İzoterm grafiğinin elde edilmesi ve LB ince filmlerin üretim işlemleri için NIMA 622 çift vagonlu tekne kullanılmıştır. İzoterm ölçümlerinde deney ortamının temizliği ve hijyen çok önemlidir. LB ince film teknesi, çözeltinin hazırlanacağı kap, transferin gerçekleşeceği yüzeyler kloroform ile temizlenmiştir. Kullanılacak her araç çok kez temizlenmiştir. Temizlik esnasında zararlı organik sıvılardan korunmak için maske, eldiven ve önlük kullanılmıştır. Temizlikten sonra çözelti hazırlığı için; 10 mL’lik balon jode 12,2 mg NHDACx maddesi kloroform ile ultrasonik karıştırıcı ile 15 dakika karıştırılarak maddenin çözünmesi sağlanmıştır.

Tekne ve tekneye ait parçaların temizliğinden sonra tekne saf su ile doldurmuş ve teknenin temiz olup olmadığı hareketli bariyerlerin açılıp kapanmasıyla yapılmıştır. Su yüzeyindeki basınç sıfır olduğunda teknenin temizlendiği anlaşılmaktadır. Yüzey temizliği işleminden sonra daha önce yaklaşık 1 mg/mL konsantrasyonunda hazırlanan çözelti mikrolitrelik şırınga yardımıyla 50 µl hacimli çözelti temiz su yüzeyine serpilmiştir. Çözeltideki kloroformun uçması için yaklaşık 15 dakika beklenmiştir. Yapılan işlemlerden sonra bilgisayar yardımıyla izoterm grafiği elde edilmiştir.

7.2.1 NHDACx Maddesine Ait Yüzey Gerilimi - Alan İzoterm Grafiği

İzoterm grafiği yardımıyla LB film üretiminin en uygun basınç değerinin tespit edildiği belirtilmişti. Şekil 7.5’de NHDACx maddesine ait izoterm grafiği verilmiştir.

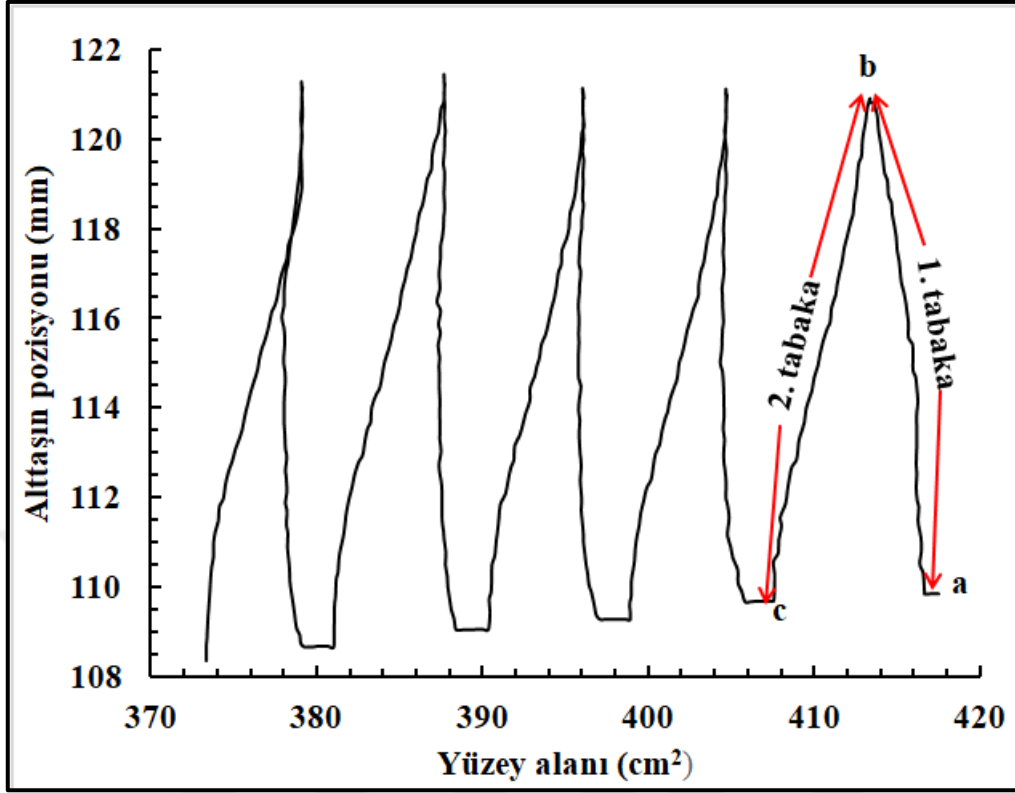


Şekil 7.6. NHDACx maddesine ait izoterm grafiği.

NHDACx maddesine ait gaz (düzensiz), sıvı (yarı düzenli) ve katı faz (düzenli) geçişleri gözlenmiştir. Bu çalışmada LB film üretimi katı (düzenli) aralığından seçilen uygun yüzey basınç değerinde üretilmiş olup, izoterm grafiğinden NHDACx maddesinin LB ince film maddesi olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir. Bu çalışmada NHDACx maddesi kullanılarak üretilen LB filmleri 28 mN m^{-1} yüzey basınç değerinde üretilmiştir.

7.3 LB İnce Film Transfer İşlemi

İzoterm grafiğinden yararlanarak ince film transferi için en ideal aralık olan katı faz(düzenli faz) aralığından NHDACx maddesi için uygun basınç olarak 28 mN/m seçilmiştir. Bu basınç değerinde LB ince film üretimi gerçekleştirilmiştir. Şekil 7.3'te verilen kuartz cam yüzeyine transfer grafiği, katı yüzeyin aynı doğrultu üzerinde su yüzeyinde dik biçimde aşağı-yukarı hareket ettirilmesi sonucunda elde edilmiştir. NHDACx maddesinin kuartz cam yüzey üzerine kaplama 10 tabaka LB ince film transfer grafiği Şekil 7.3'te gösterilmektedir.



Şekil 7.3. NHDACx maddesine ait kuartz cam yüzeye transfer grafiği.

Birinci ince tabaka transfer işlemi, **a** pozisyonundan başlamış **b** pozisyonunda tamamlanmıştır. **a** pozisyonu ile **b** pozisyonu arasındaki yüzey alanı şekilde gösterildiği gibi azalmıştır. Bu azalma ince tabakanın sert yüzeye transfer edildiğini, lineer değişim ise transferin düzenli bir şekilde olduğunu göstermektedir. **a-b** pozisyonları arasında gerçekleşen işlem **b-c**, **c-d**, **d-e**, **e-f**, **f-g**... aralıklarında da tekrarlanmıştır. Tekrarlanma işlemi sonucunda çok katmanlı ince filmlerin üretimi gerçekleşmiştir.

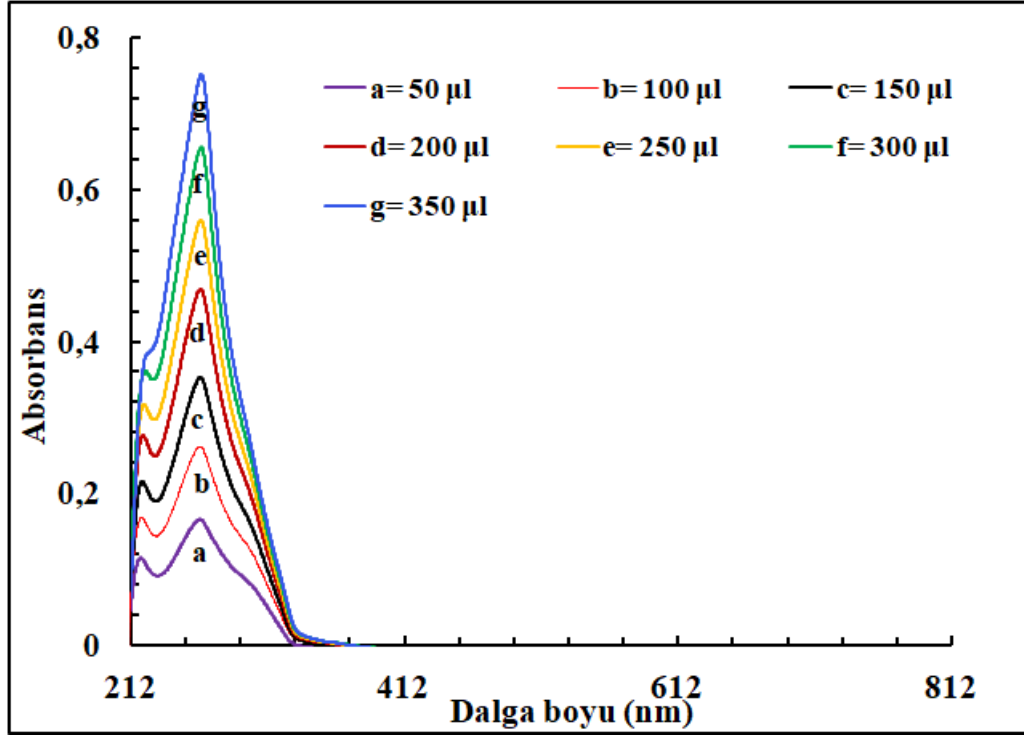
Bu grafikte gözlenen 10 tabakanın cam yüzeye transferi anındaki maddenin yüzey alanındaki etkileşimi sonucundaki miktarlar yaklaşık olarak aynıdır. Bu durumda on tabakada da yaklaşık eşit miktarda molekül sayısının cam yüzeye transfer edildiği anlaşılmaktadır. NHDACx maddesinin transfer oranı $\geq 93\%$ olarak hesaplanmıştır. Bu transfer oranları, homojen LB ince filmlerin üretimi için tatmin edici değerler olarak değerlendirilmiştir.

7.4 NHDACx LB İnce Filmlerinin Karakterizasyonu

Bu bölümde üretilen NHDACx LB ince filmlerine ait karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır. Kuartz cam yüzey üzerine üretilen LB ince filmlerin karakterizasyonu UV-görünür spektroskopisi, kuartz kristal üzerine üretilen LB ince filmlerin karakterizasyonu KKM sistemi, altın kaplı yüzey üzerine üretilen LB ince filmlerin karakterizasyonu ise SPR sistemi kullanılarak yapılmıştır.

7.4.1 NHDACx Maddesine Ait UV-Görünür Bölge Spektrofotometre Sonuçları

Kuartz cam yüzey üzerine NHDACx maddesi ile kaplanan LB ince filmlerin karakterizasyonu için kullanılan teknik UV-görünür bölge spektrofotometresidir.

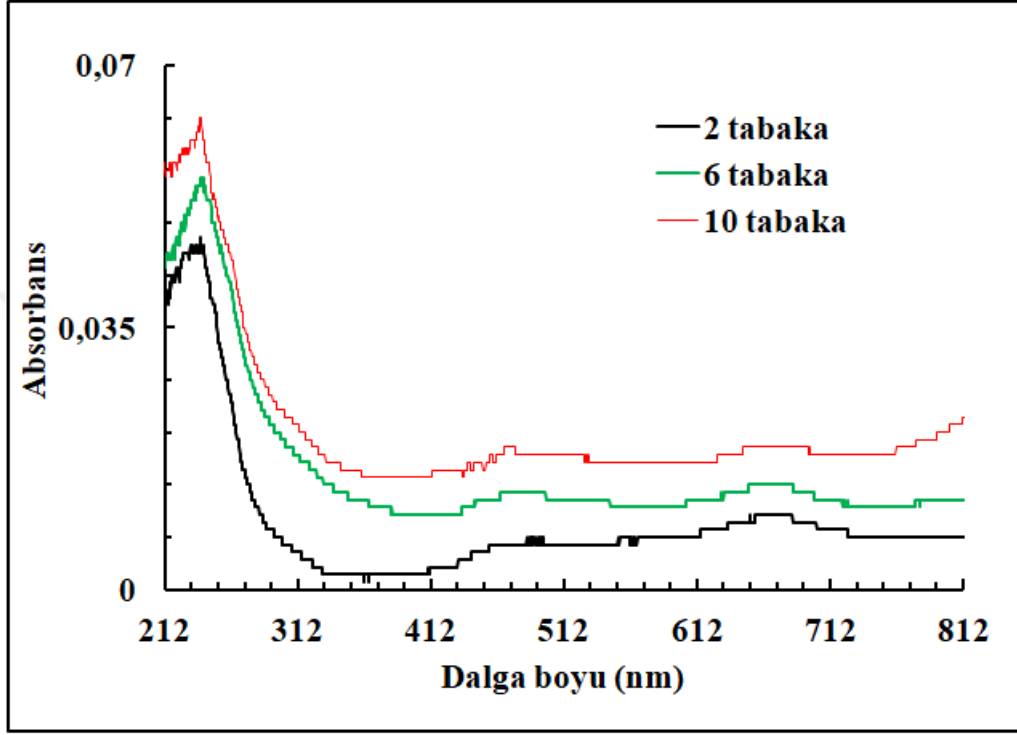


Şekil 7.4. NHDACx maddesine ait LB ince filmlerine ait UV-görünür spektrumları.

Üretilen homojen NHDACx-kloroform çözeltisine ait UV sonuçları Şekil 7.4'te gösterilmektedir. Çözelti için 215 nm ve 260 nm dalgaboylarında soğurma pikleri gözlenmiştir. Kuartz cam yüzey üzerine kaplama işleminde UV görünür sonuçları farklı konsantrasyonlardaki NHDACx-kloroform çözeltisi için (a: 50 µl b:100 µl c:150 µl d:200 µl

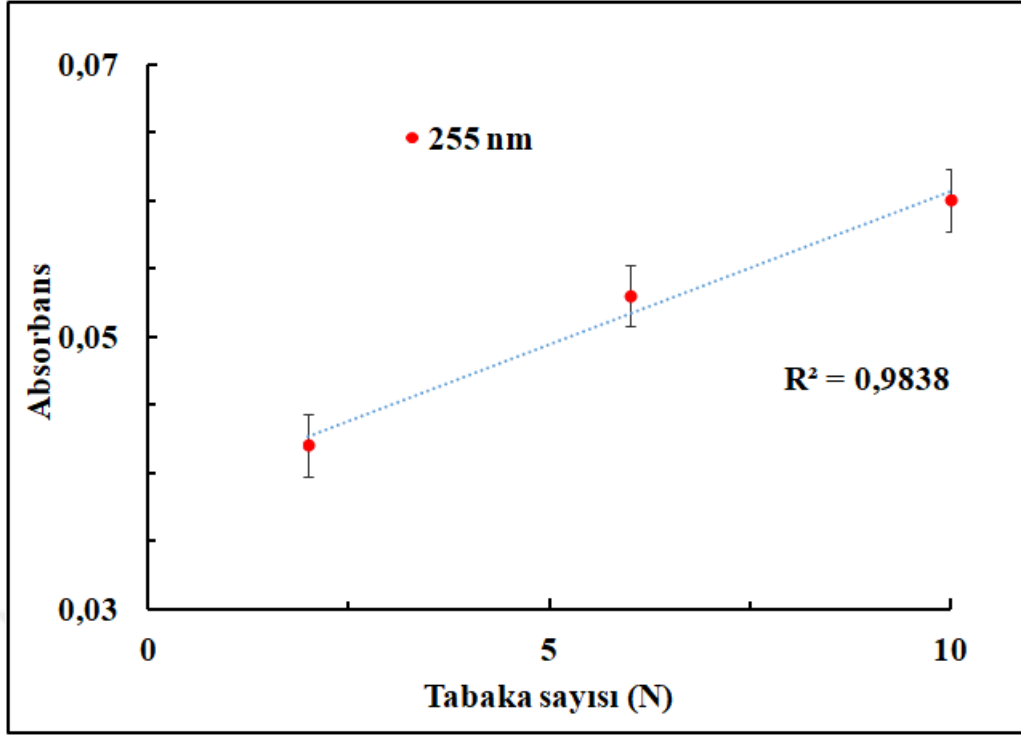
e: 250 µl f:300 µl ve g:350 µl) gerçekleştirilmiştir. Şekil 7.4'ten, çözelti konsantrasyonu arttıkça absorbans şiddetinin de arttığı görülmektedir.

Şekil 7.5'te kuartz cam yüzey üzerine 2, 6 ve 10 tabakalarda kaplanan NHDACx LB filmlerinin UV sonuçları gösterilmiştir. Farklı tabakalar için NHDACx LB ince filmleri yaklaşık olarak 255 nm dalgaboyunda pik göstermiştir.



Şekil 7.5. 255 nm dalgaboyunda tabaka sayısına bağlı absorbans değişimi.

Tabaka sayısına bağlı olarak absorbans şiddetinin artması kaplama işleminin gerçekleştiği ve NHDACx maddesinin LB ince film olarak üretilebileceğini göstermektedir.

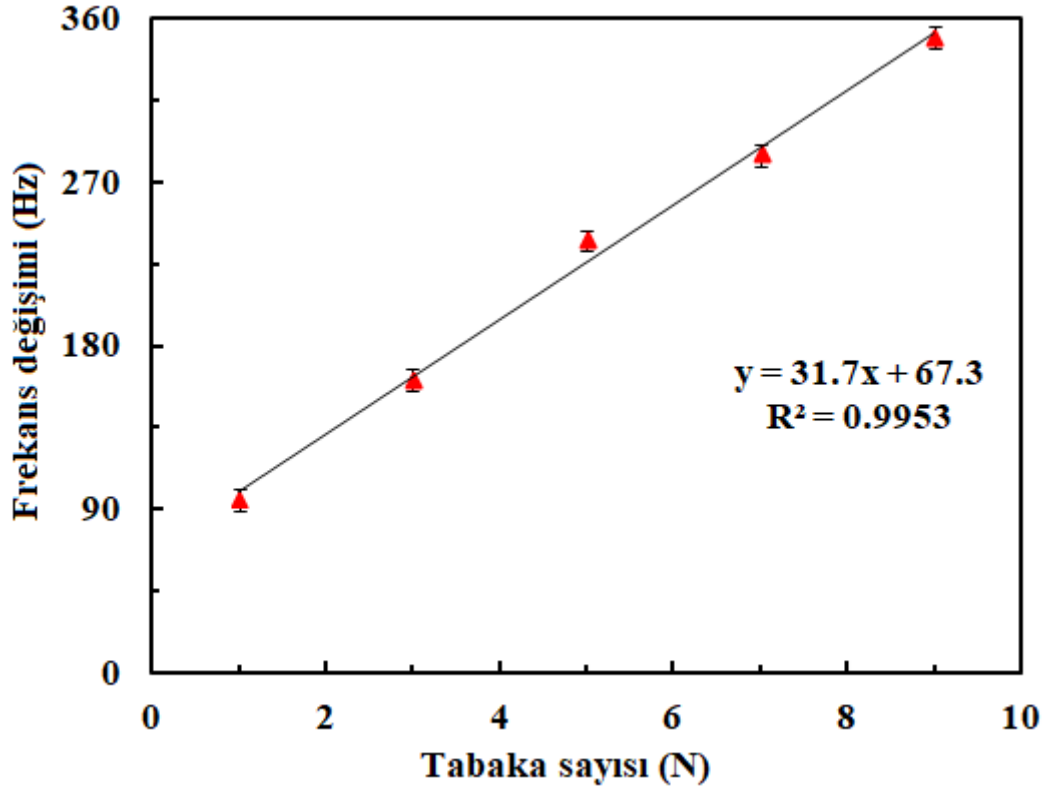


Şekil 7.6. 255 nm dalgaboyunda tabaka sayısına bağlı absorbans değişimi.

Şekil 7.6'da, tabaka sayısına bağlı olarak absorbans değeri doğrusal bir eğilim göstermektedir. Bu doğrusal eğilim, her tabaka için NHDACx moleküllerinin yaklaşık olarak aynı miktarda transfer edildiğinin bir kanıtıdır.

7.4.2 Kuartz Kristal Yüzey Üzerine Üretilen NHDACx LB İnce Filmlerinin Karakterizasyonu

NHDACx maddesi ile kuartz kristal yüzey üzerine sırasıyla 26 mN m^{-1} sabit basınç değerinde kaplanan 9 tabaka LB ince filmin tabaka sayısına bağlı olarak kalınlık değişimi irdelenmiştir. Şekil 7.7'de tabaka sayısı arttıkça kalınlıkta lineer bir değişim gözlenmiştir. Bu grafik incelendiğinde, kuartz kristal üzerine yaklaşık eşit miktarda kütle transfer edildiği ve düzenli bir yapının oluştuğu görülmüştür. Bu LB ince filmlerin her bir tabaka için frekans değişimi (Şekil 7.7'deki grafikte yer alan doğrunun eğimi) ve kütle miktarı değişimi sırasıyla $31.70 \text{ Hz / tabaka}$ ve 2206.65 ng (8.32 ng mm^{-2}) olarak elde edilmiştir.

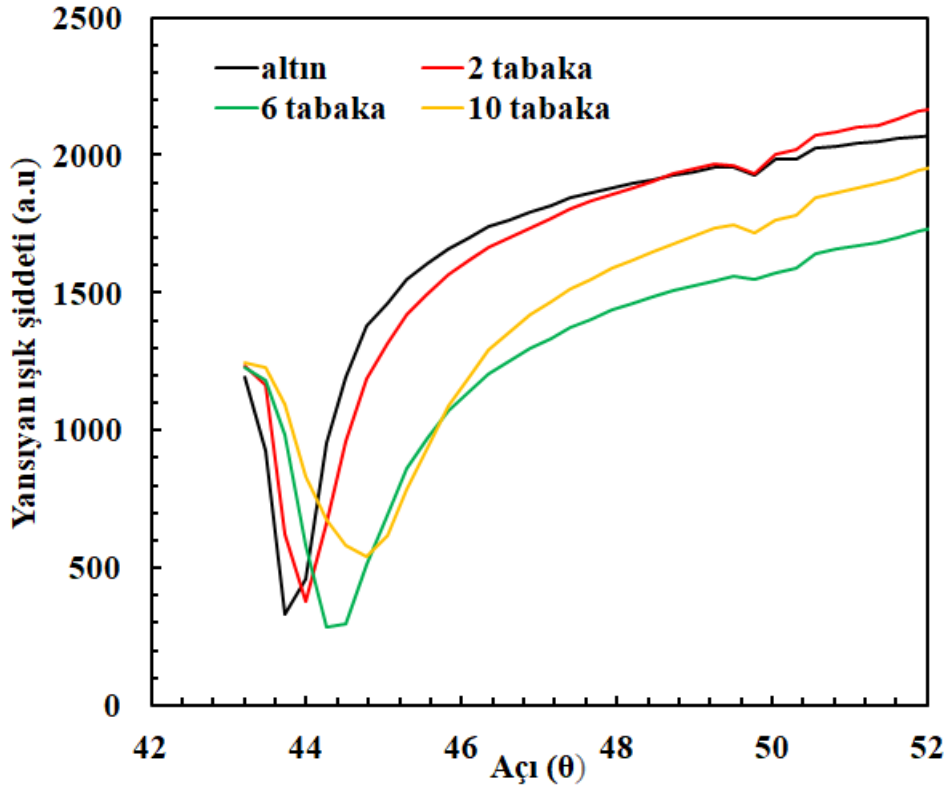


Şekil 7.7. Kuartz kristal yüzey üzerine kaplı NHDACx LB ince filmlerin tabaka sayısına göre frekans değişimi.

7.4.3 Altın Yüzey Üzerine Üretilen NHDACx LB İnce Filmlerinin SPR Ölçüm Sonuçları

NHDACx LB ince film kaplama işlemine başlamadan önce boş altın kaplı yüzeyin SPR ölçümü alınmıştır. SPR cihazına ait prizma üzerine index eşleştirici sıvı sürülüp altın kaplı cam prizma üzerine yerleştirilmiştir. Altın kaplı yüzey üzerine 2 tabaka NHDACx kaplandıktan sonra prizma üzerine yerleştirilmiş ve ölçüm alınmıştır. Her 2 tabaka için aynı işlemler tekrarlanarak toplam 10 tabaka NHDACx LB ince film kaplanmış ve SPR ölçümleri kaydedilmiştir. Farklı tabakalarda (2 tabaka, 6 tabaka ve 10 tabaka) 50 nm kalınlığında altın kaplı cam yüzey üzerine kaplanan NHDACx LB ince filmlerin rezonans açısı kaymasına göre yansıyan ışık yoğunluğunun değişimi Şekil 7.8’de gösterilmiştir. Film tabakalarının sayısı arttıkça SPR minimumunun daha büyük açığa denk geldiği görülmüştür. NHDACx LB ince filmlerinin açısı kayması ve tabaka sayısı arasında lineer bir değişim görülmüştür. Bu değişim NHDACx ince filmlerin transferi sırasında NHDACx moleküllerinin altın kaplı yüzeye

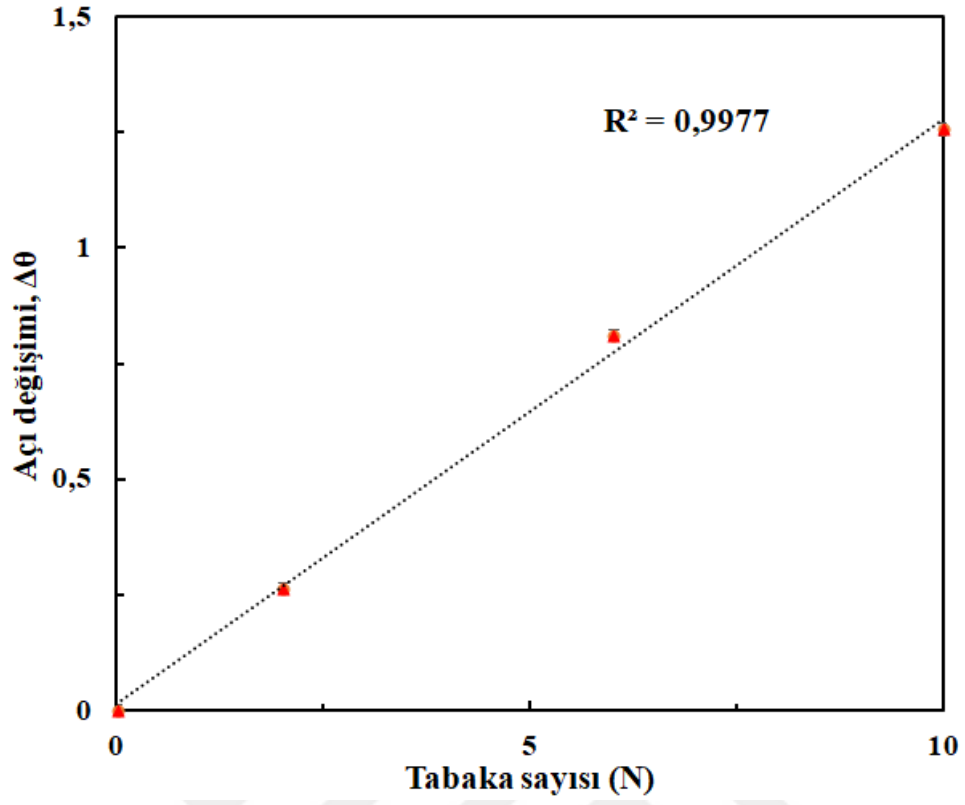
neredeyse eşit olarak aktarıldığını göstermektedir. Şekil 7.9’da NHDACx LB ince filmine ait tabaka sayısına bağlı açı kayması grafiğinden elde edilen verilerde lineer bir artış görülmüştür. Tabaka sayısına bağlı açı değişiminin lineer olması tabaka kalınlıklarının birbirine yakın değerde olduğunu göstermektedir.



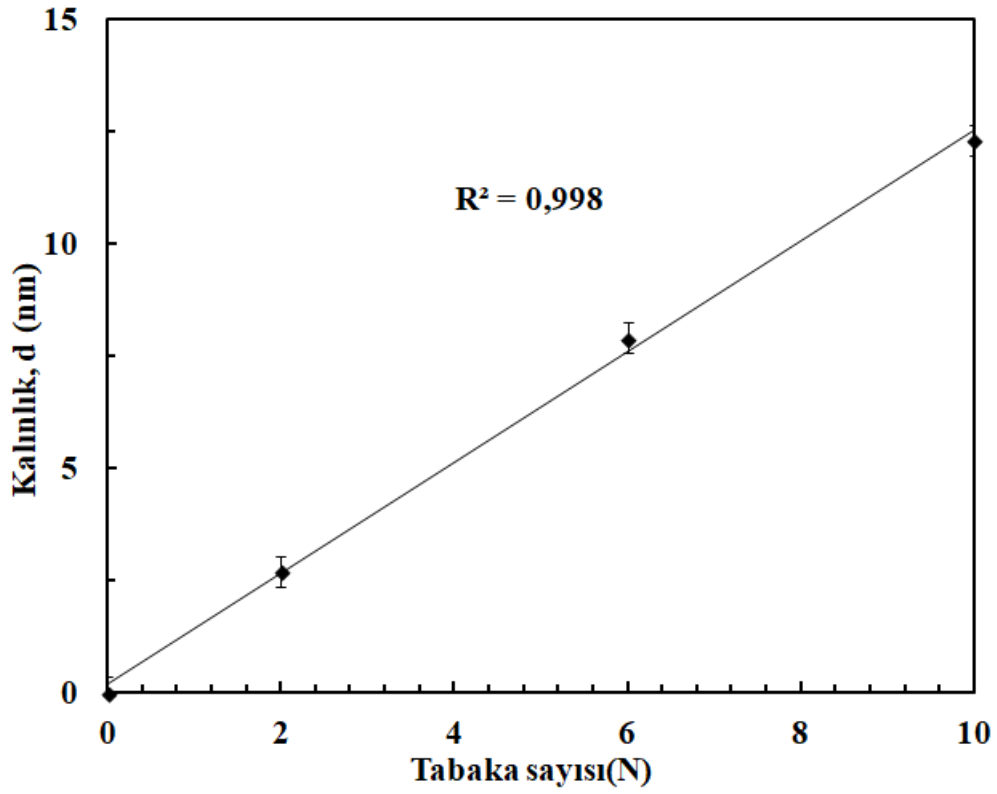
Şekil 7.8. Altın kaplı cam yüzeye kaplanan tabakaların SPR ölçümü.

SPR ölçümleri, transfer işleminin yanında ince filmlerin kırılma indisi ve kalınlıklarının hesaplanma işlemlerinde de kullanılır. Winspall yazılımı aracılığıyla ve Şekil 7.8’deki deneysel SPR eğrileri kullanılarak, NHDACx LB filmlerine ait kırılma indisi ve kalınlık değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan kalınlık ve kırılma indisi değerleri Çizelge 7.1’de verilmiştir.

NHDACx LB ince film kalınlıkları, eğri verilerinden, Winspall programı yardımı ile teorik olarak hesaplanmıştır. LB ince filmlerin kalınlıklarının, tabaka sayısı ile orantılı bir biçimde arttığını gösteren grafik Şekil 7.10’da verilmiştir.



Şekil 7.9. NHDACx LB ince filmine ait tabaka sayısına bağlı açı kayması grafiği.



Şekil 7.10. NHDACx LB ince filmine ait tabaka sayısına bağlı kalınlık değişimi grafiği.

Çizelge 7.1’de tabaka sayısı arttıkça kırılma indisinin de arttığı gösterilmiştir.

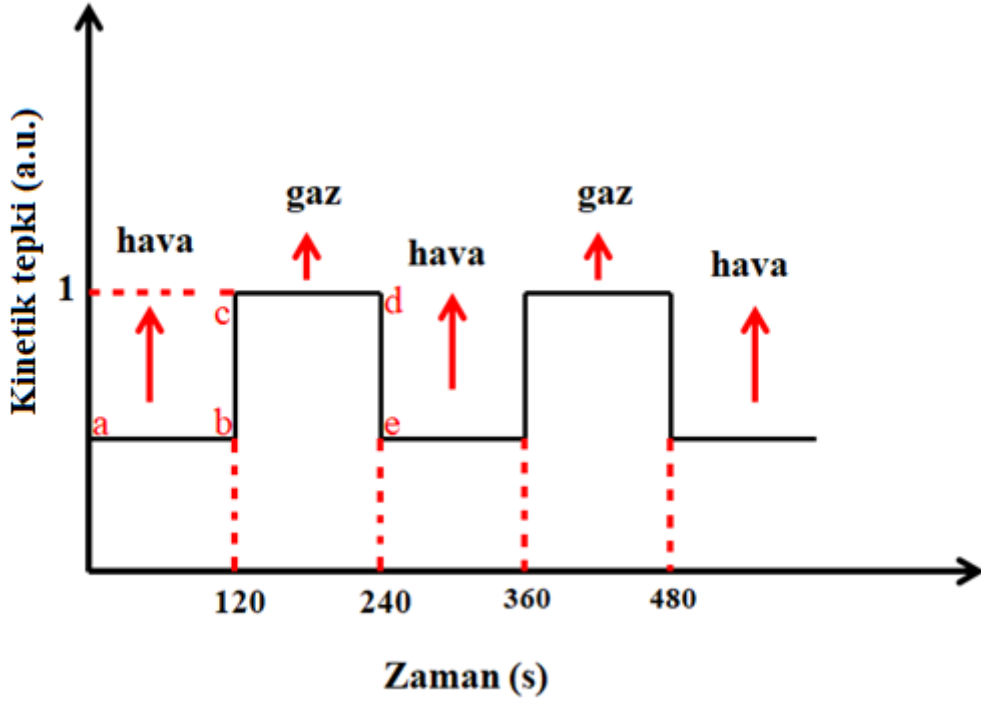
Çizelge 7.1. NHDACx ince filmlerin kalınlığı ve kırılma indisi

Tabaka sayısı	Kalınlık (nm)	Kırılma indisi
2	2,7	1,48
6	7,9	1,53
10	12,3	1,62

7.5 NHDACx LB İnce Filmi Sensörüne Ait Kinetik Çalışma

Bu bölümde altın kaplı cam yüzey üzerine 10 tabaka kaplanmış NHDACx maddesinin zararlı organik buharlar ile etkileşimleri irdelenmiştir. Üretilen LB ince filmleri, aseton, diklorometan ve benzen organik buharlarıyla etkileşimi incelenip sensörün duyarlılığı araştırılmıştır. İnce film tarafından gaz molekülleri tutulur ve ince film ile gaz molekülleri etkileşir. Ortama gönderilen gaz moleküllerinin yoğunluğuna göre ince filmlerin gazlarla olan etkileşimi değişiklik göstermektedir.

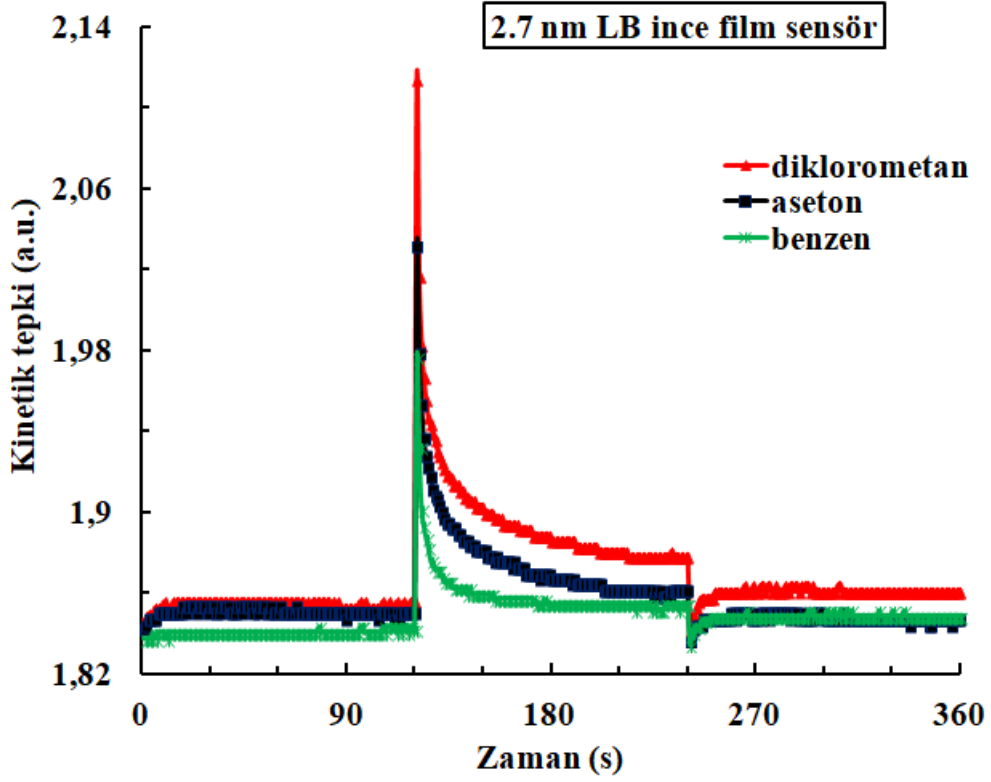
Şekil 7.10’da gaz sensörüne ait kinetik çalışma gösterilmiştir. NHDACx ince film sensörünün bulunduğu ortama gaz ve hava iki dakikalık aralıklarla verilmiştir. Şekil 7.11’de görüldüğü gibi 0-120 saniye arası hava verilmiştir. 120. Saniyede yani b noktasında ortama organik buhar gönderilmiş NHDACx ince film sensörünün kinetik tepkisindeki fark maksimum değere çıkmıştır. (b-c aralığı) Bu değişim ince filmin organik buhara karşı hızlı tepki verdiğini göstermektedir. Kinetik tepki değişimi zamanla azalır ve belli bir süre sonra sabit kalır.(c-d aralığı) Kinetik tepkinin çıkabildiği maksimum değerden sonra geri ilk kinetik tepki değerine (e noktasına) geri dönmemesi ince film ile gazın etkileşiminin devam ettiğini göstermektedir. Kinetik tepki değerinin ilk değere geri dönmesi gazın ortamdan uzaklaştığını ifade eder.



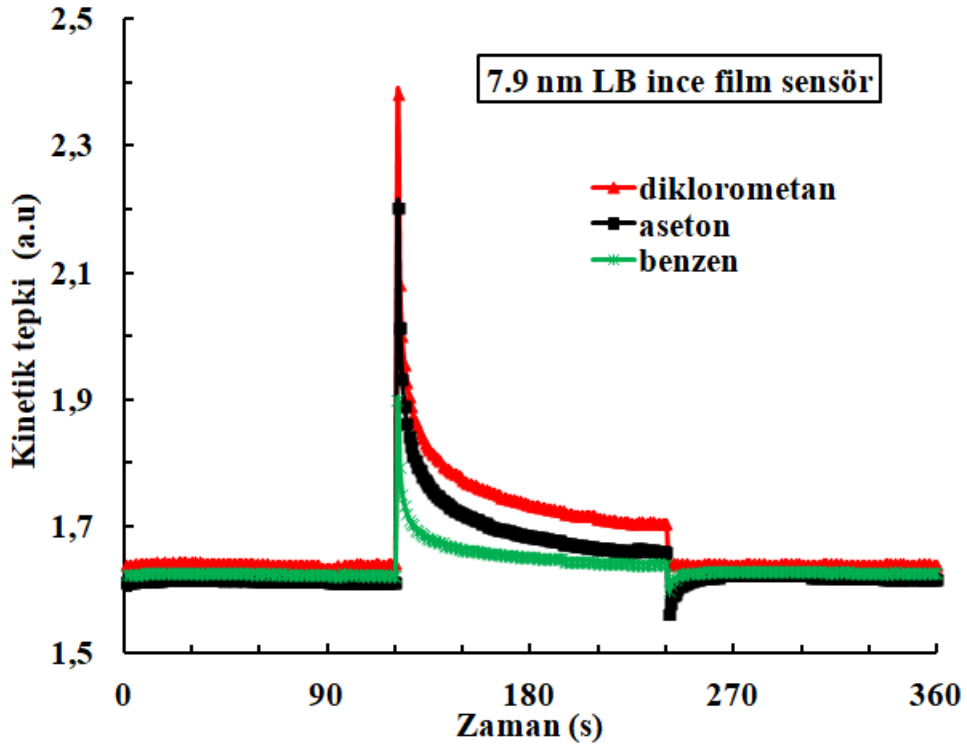
Şekil 7.11. Gaz sensörüne ait kinetik çalışma

7.6 NHDACx LB İnce Film Sensörünün Zararlı Organik Buhar ile Etkileşimi

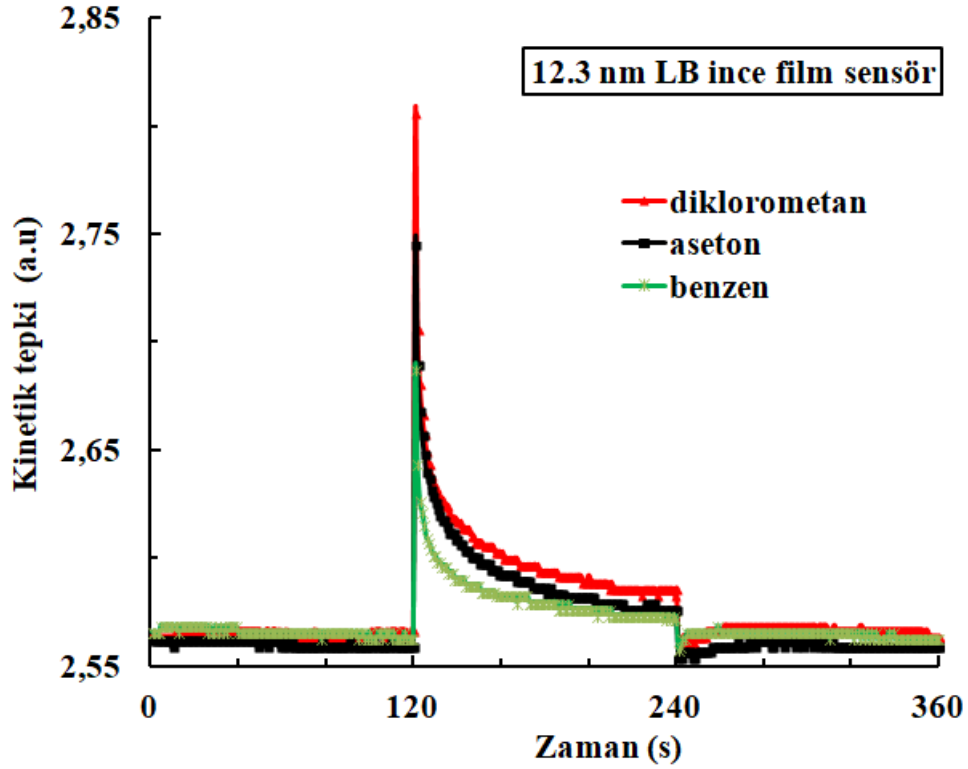
Altın kaplı cam yüzey üzerine üretilen NHDACx LB ince filmleri (optik sensörler) SPR sistemdeki yuvasına yerleştirilir ve optik sensörün kinetik tepkisi ölçülür. Diklorometan, aseton ve benzen buharlarına maruz kalan üç farklı kalınlıktaki (2,7 nm, 7,9 nm ve 12,3 nm) NHDACx ince filmlerinin tepkileri sırasıyla Şekil 7.12, Şekil 7.13 ve Şekil 7.14’te gösterilmiştir.



Şekil 7.12. 2,7 nm kalınlıktaki NHDACx LB filmin organik buharlara karşı tepkisi



Şekil 7.13. 7,9 nm kalınlıktaki NHDACx LB filmin organik buharlara karşı tepkisi.

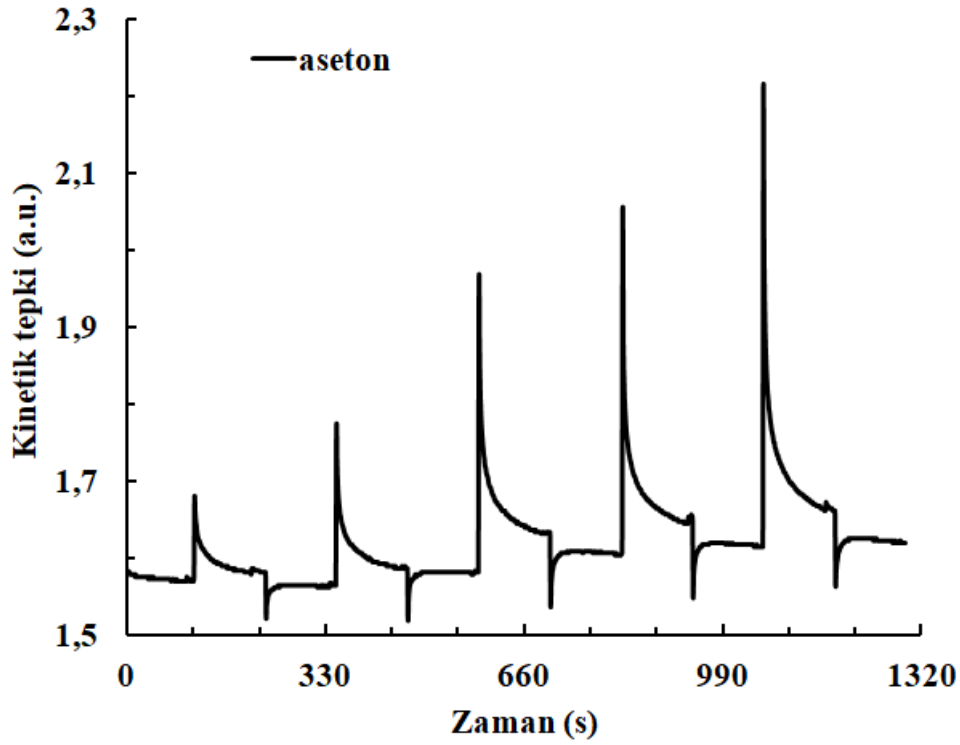


Şekil 7.14. 12,3 nm kalınlıktaki NHDACx LB filmin organik buharlara karşı tepkisi.

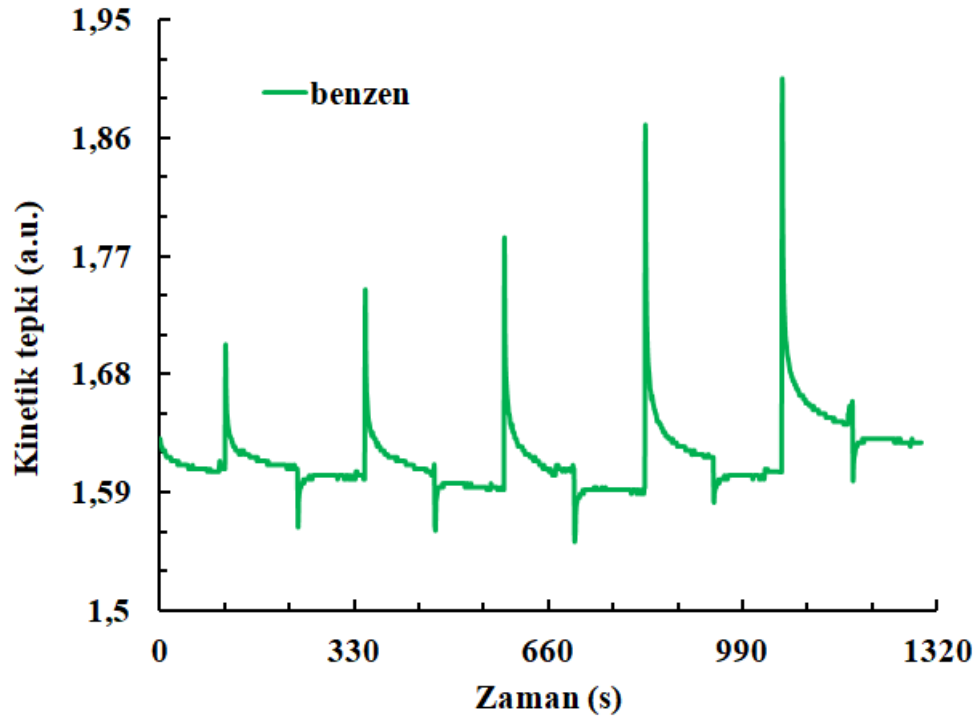
Organik buharlar için kinetik yanıtın değişimi ile NHDACx LB ince filmlerinin kalınlığı değerlendirilmiştir. NHDACx LB ince film kalınlığının artması ile daha yüksek kayma meydana gelebilir. SPR kinetik sonuçları, 7.9 nm kalınlığında NHDACx ile optik sensörün kinetik yanıtının, farklı kalınlıklardaki (2.7 nm ve 12.3 nm) NHDACx e sahip diğer optik sensörler arasında organik buharlara karşı en yüksek olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, absorbe edici buhar moleküllerinin daha yüksek kinetik tepkiye neden olduğu açıklanabilir.

NHDACx LB ince film sensörü 120 saniye süreyle temiz havaya maruz bırakıldı. NHDACx LB ince film sensör ile zararlı buhar arasında ilk etkileşim meydana geldiğinde sensörün tepkisi yüzey absorpsiyonuna bağlı olarak hızla artar. (120-125 s arası) Zararlı organik buhar molekülleri NHDACx LB ince filmine taşındığında difüzyon nedeniyle artma meydana gelir. Daha sonra NHDACx LB ince film sensörü kinetik sabit değere ulaşır ve absorbe edilen moleküllerin miktarının yaklaşık eşit olduğu açıklanabilir. 240. Saniyede temiz hava optik sensörün yanıt değerinin başlangıç değerine dönüp dönmediğini gözlemlemek için NHDACx LB ince film sensör yüzeyine taşınır.

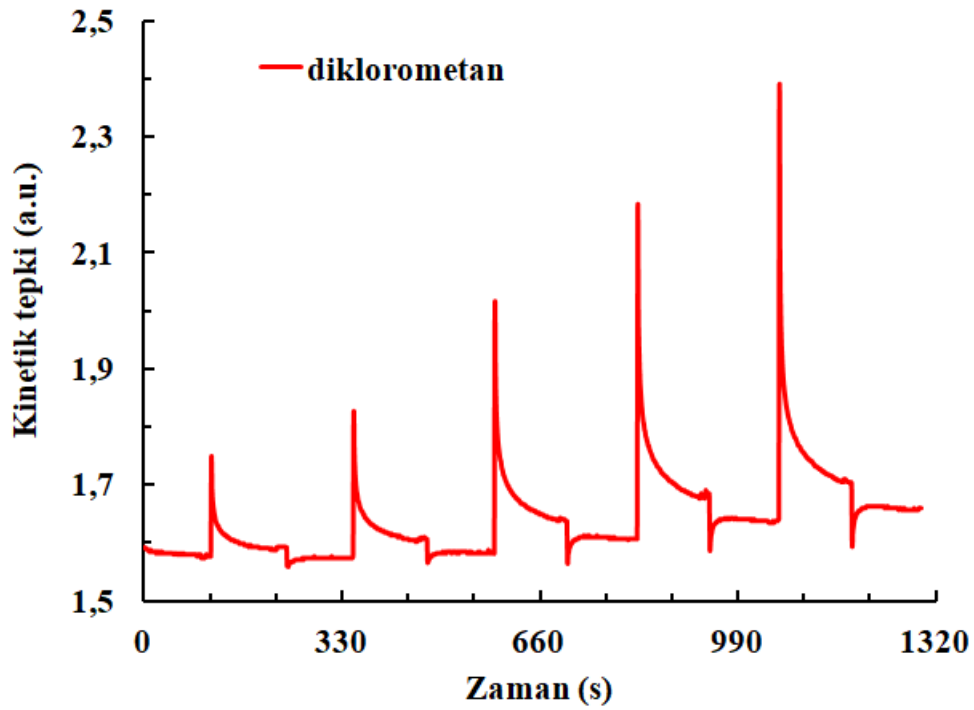
Bu organik buharların seyreltilmiş miktarları %20, %40, %60, %80 ve %100 olarak tanımlanmıştır. Farklı konsantrasyonlardaki bu organik buharlar maruz kalma sırasındaki gerçek zamanlı değişiklikleri anlayabilmek için 2 dakika boyunca NHDACx optik sensörüne maruz bırakıldı. Yüzde konsantrasyon arttıkça NHDACx optik sensörün kinetik tepkisi de doğru orantılı olarak arttı. Sonuç olarak, SPR kinetik ölçümlerinde kullanılan tüm zararlı organik buharlara hızlı yanıt, tekrarlanabilir ve geri dönüştürülebilir yanıtlar gözlemlendi.



Şekil 7.14 7.9 nm kalınlığa sahip NHDACx LB ince filmin aseton zararlı organik buharına karşı tepkisi



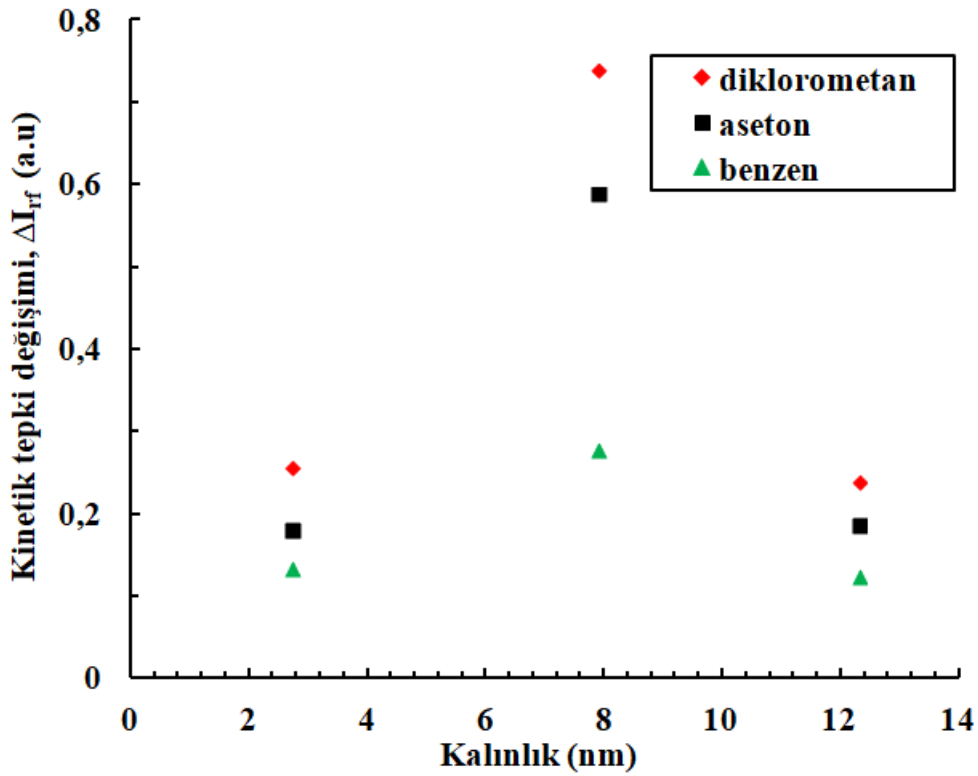
Şekil 7.15 7.9 nm kalınlığına sahip NHDACx LB ince filminin benzen zararlı organik buharına karşı tepkisi



Şekil 7.16 7.9 nm kalınlığa sahip NHDACx LB ince filminin diklorometan zararlı organik buharına karşı tepkisi

7.6.1 Organik Buhar Etkileşmelerinin Değerlendirilmesi

Şekilde üretilen NHDACx LB ince filmlerin üç buhar ile olan etkileşmeleri karşılaştırılmaktadır. Buharlara verilen tepkiler karşılaştırıldığında NHDACx maddesi ile üretilen LB ince filminin en fazla diklorometan buharı ile etkileştiği görülür. İdeal bir gaz sensörünün sensör maddesi seçici olmalıdır. Bu sebeple NHDACx maddesi diklorometan buharı için uygun iyi bir sensör maddesidir. NHDACx LB ince filmleri diklorometan buharına karşı diğer buharlardan daha duyarlı olduğu gözlenmiştir. İdeal bir gaz sensörü için optimum kalınlık değeri 7.9 nm olarak tespit edilmiştir. NHDACx LB ince filmi ile gaz sensörü üretilerek diklorometan buharının tespitinde kullanılabilir.



Şekil 7.17 Organik buharlara (diklorometan, aseton ve benzen) maruz kalan NHDACx LB filmi için Kinetik tepki-Kalınlık değişimi

8. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu tez çalışması kapsamında Uşak Üniversitesi Öğretim Üyesi Doç.Dr. Selahattin Bozkurt tarafından ilk kez sentezlenen β -Hidroksi Amin Tabanlı Kaliks[4]Aren maddesi LB ince film maddesi olarak kullanılmıştır. NHDACx kod isimli kaliksaren maddesinden kloroform çözücüsü kullanılarak 1mg/mL konsantrasyona sahip çözelti hazırlanmıştır.

Bu çalışmada ince film üretim tekniklerinden biri olan Langmuir-Blodgett ince film üretme yöntemi kullanılarak NHDACx bazlı LB ince filmler elde edilmiştir. UV görünür bölge spektroskopisi, KKM ve YPR teknikleri kullanılarak, üretilen LB ince filmlerin karakterizasyonu incelenmiştir. Bu işlemlerden sonra altın kaplı yüzey üzerine NHDACx LB ince film üretimi yapılarak kinetik ölçümler yapılmıştır.

NHDACx LB ince film üretimi öncesi su yüzeyindeki NHDACx moleküllerinden oluşan tabakanın, kuartz cam, kuartz kristal ve altın kaplı cam yüzeylere homojen bir şekilde aktarılması için en uygun basınç değerinin belirlenmesi için izoterm grafiğinden yararlanılmıştır. Alternate Layer Nima 622 model LB teknesi kullanılarak hareketli bariyer açık iken saf su yüzeyine NHDACx çözeltisi serpilmiş ve 15 dakika beklenmiştir. NHDACx maddesinin su yüzeyindeki davranışları incelenerek izoterm grafiği elde edilmiştir. İzoterm grafiği incelendiğinde çok katlı NHDACx LB ince film üretimi için en uygun yüzey basınç değeri 28 mN/m olarak tespit edilmiştir.

28 mN/m en uygun basınç değerinde kuartz cam ve altın kaplı cam yüzeyler üzerine Y-tipi LB ince film üretimi 2, 6, 10 tabaka, kuartz kristal yüzey üzerine ise 1, 3, 5, 7 ve 9 tabaka olarak kaplanmıştır. NHDACx LB ince filmlerinin homojenliği ve çok katlı LB film üretilebilirliğini irdelemek amacıyla UV-görünür bölge spektroskopisi kullanılmıştır. UV-görünür spektroskopisinde Şekil 7.5'te tabaka sayısı arttıkça absorbans şiddetindeki artış NHDACx maddesi ile cam yüzey üzerine LB ince filmlerinin üretilebileceğini göstermektedir. Şekil 7.6'da kuartz cam yüzey üzerine üretilen LB ince filmlerinin 255 nm'de tabaka sayısına bağlı olarak absorbans değişimi lineer bir değişim göstermiştir. Bunun sonucu olarak her tabakanın düzenli ve neredeyse aynı miktarda NHDACx maddesini transfer ettiği gözlenmiştir. Şekil 7.7'de kuartz kristal yüzey üzerine kaplanan NHDACx maddesinin tabaka

artışına bağlı frekans değişiminin lineer olarak değiştiği gözlenmiştir. Bunun sonucunda LB ince film tabakasının eşit miktarda kütle içerdiğini ve düzenli bir yapı oluşturduğunu göstermektedir. Ayrıca, LB ince filmlerin her bir tabaka için frekans değişimi ve kütle miktarı değişimi sırasıyla 31.70 Hz / tabaka ve 2206.65 ng (8.32 ng mm^{-2}) olarak hesaplanmıştır.

SPR tekniği kullanılarak altın kaplı cam yüzey üzerine 10 tabaka kaplanarak NHDACx LB ince filmleri zararlı organik buharlar ile etkileşimleri incelenmiştir. Diklorometan, benzen, aseton gibi hava kirliliğine ve insan sağlığına ciddi zararlar veren üç farklı organik buhara maruz bırakılarak sensör özellikleri incelenmiştir.

Bu tez kapsamında altın kaplı cam yüzey üzerine üretilen NHDACx LB ince film sensörlerinin diklorometan, benzen, aseton organik buharları ile etkileşimi SPR sistemi ile incelenmiştir. Bu üç farklı zararlı organik buharlara maruz kalan üç farklı kalınlıktaki (2,7 nm, 7,9 nm ve 12,3 nm) NHDACx ince filmlerinin kinetik ölçümleri sonucunda; 7.9 nm kalınlığında hazırlanan NHDACx optik sensörünün organik buharlara karşı yanıtı, farklı kalınlıklarda (2.7 nm ve 12.3 nm) NHDACx ile hazırlanan diğer optik sensörlere kıyasla en yüksek olduğu görülmüştür. Acikbas ve ark. [45] Poli [Stiren (ST)-ko-Glisidli Metakrilat (GMA) LB ince filmlerin; 5 farklı organik buhar (diklorometan, kloroform, benzen, toluen ve etanol) ile etkileşimleri karşılaştırılmıştır. Buharlara verilen tepkiler karşılaştırıldığında üretilen LB ince filminin en çok diklorometan buharı ile etkileştiği rapor edilmiştir.

Bu tez kapsamında elde edilen sonuçlar, Uluslararası ve Hakemli-SCI indeks, Uluslararası ve Hakemli-TR-Dizin ve Uluslararası ve Hakemli kapsamında taranan “*Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*” [46], “*J. BAUN Inst. Sci. Technol.*” [47] ve “*Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*” [48] isimli dergilerde sırasıyla; “*Optical and organic vapor properties of Calix[4]arene based macrocyclic Langmuir-Blodgett thin films*”, “*Developing of the calixarene based diamide chemical sensor chip for detection of aromatic hydrocarbons’ vapors*” ve “*Calix[4]arene-based Langmuir-Blodgett (LB) Thin Film for Volatile Organic Compounds Detection*” başlıkları altında basılmaya uygun görülmüştür.

9. KAYNAKLAR

[1] Güzelöglü, E., *Nanoteknolojik Ürünlerin Tüketimine Yönelik Toplumsal Farkındalık Yaratma Sürecinde Halkla İlişkilerin Rolü*” ,Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Halkla İlişkiler ve Tanıtım Ana Bilim Dalı Doktora Tezi,2012.

[2] Gabriel, A. S., 2004: Introduction to Nanotechnology and Its Applications to Medicine, *Surg Neurol Silva*, 216–220.

[3] Celep, Ş., *Nanoteknoloji ve Tekstilde Uygulama Alanları*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2007.

[4] Kutucu, B., *Nanoteknoloji ve Çift Duvarlı Karbon Nanotüplerin İncelenmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı , Yüksek Lisans Tezi, 2010.

[5] Çakmak, T., “*Bakır/Gümüş/Çinkooksit Partiküllerinin Ultrasonik Sprey Piroliz Yöntemiyle Üretimi*”, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji Malzeme Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2016.

[6] Kozak, M. 1992, Çevre Kirliliğinin Oluşum Nedenleri, *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi* 3, 30-32.

[7] Öztürk, D., Bayram, T. 2019, Van İli Kent Merkezinde Hava Kirliliği, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi BEU Journal of Science* 8 (3), 1142-1153.

[8] <http://www.rshm.saglik.gov.tr/bolmler/bolumdetaylar/cevresagligi/havakirliligi> (11.11.2005).

[9] Hava Kirliliğine Genel Bakış, Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, (2001).

[10] Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., 1994 Dış Ortam Hava Kirlenmesi, *Aydoğdu ofset, Ankara*, Çevre Sağlığı Temek Kaynak Dizisi no:8, 12-13.

[11] Zencirci, S.A., Işıklı,2017, B. Hava Kirliliği. *Türk Dünyası Uygulama Ve Araştırma Merkezi Halk Sağlığı Dergisi*, 2(2),24-36.

[12] Açıkbaş, S., “*Gaz Sensörü Tasarımı ve Yapay Sinir Ağı Tabanlı Matematiksel Modelleme Yaklaşımı*”, Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2019.

[13] Tözün, M., Ünsal, A., “*Benzen Ve Sağlık Etkileri*”, Derleme, <https://www.Ejmanager.Com/>, 2008.

[14] Huo, L.H., Cheng, X.L., Zhao, H., Gao, S., Xu, Y., Zhao, J.G., "Preparation, characterization and gas sensitivity of copper aphthalocyanine derivatives LB films", *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 257–258, (2005), 137– 141.

[15] Öğrence, D., “*ParaAmino Benzoik Asit ve Parahidrazino Benzoik Asit Türevlerinin İnce Film Özelliklerinin İncelenmesi*”, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2016.

[16] Baytöre, C., “*Değişik Fonksiyonel Gruplara Sahip Kaliksaren Molekülleri Kullanılarak Organik Uçucu Gaz Sensörlerinin Geliştirilmesi*”, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2013.

[17] Erdoğan, F.O., Kopaç, T. 2020, “*Zonguldak-Karadon Kömüründen Elde Edilen Aktif karbonların Oda Sıcaklığında Aseton Adsorpsiyon Özelliklerinin İncelenmesi*” *J Fac. Eng. Archit. Gaz.* . 35:4 :2211-2224.

[18] Beera, P.D., Drew, M. G.B., Leeson, P.B., Ogdena, M.I., 1996, “*Metal complexes of a calix[4]arene diamide: syntheses, crystal structures and molecular mechanics calculations on [Fe(L'-2H)] [FeCl₃] and [Er(L'-2H)(p' lcrate)] (L' = 5,11,17,23-tetra-tert-butyl-25,27-bis(diethylcarbamoylemethoxy)calix[4]arene)* ” , *Inorganica Chim. Acta.*, 246: 133-141.

[19] Creavena, B.S., Donlona, D.F., McGinley, J.,2009, “Coordination chemistry of calix[4]arene derivatives with lower rim functionalisation and their applications”, *Coord. Chem. Rev.*, 253: 893-962.

[20] Kendi, B., “ *Kaliks(4)aren Bazlı Kiral Reseptörlerin Sentezi*” Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2010.

[21] Yıldız, H., “*Tiyol Grubu Taşıyan Kaliks(4)arenlerin Sentezi ve Lipaz Katalizli Enantiyoseçimli Tepkimelerde Kullanılması*” Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2015.

[22] Açıkbaz, Y., Bozkurt, S., Halay, E., Capan, R., Güloğlu, M. L., Sirit, A., Erdoğan, M., 2017, “Fabrication and characterization of calix[4]arene Langmuir–Blodgett thin film for gas sensing applications”, *J Incl Phenom Macrocycl Chem.*, 89: 77–84.

[23] Özbek, Z., Davis, F., Çapan, R., 2020, “Electrical properties of alternating acid and amino substituted calixarene Langmuir–Blodgett thin films”, *J Phys Chem Solids.*,136:109-146.

[24] Özbek, Z., Çapan, R., Göktas, H., Şen, S., İnce, F.G., Özel, M.E., Davis, F., 2011, “Optical parameters of calix[4]arene films and their response to volatile organic vapors”, *Sensor Actuat B-Chem.*, 158: 235-240.

[25] Özmen, M., Özbek, Z., Bayrakçı, M., Ertul, Ş., Ersöz, M., 2015, “Preparation of Langmuir–Blodgett thin films of calix[6]arenes and p-tert butyl group effect on their gas sensing properties”, *Appl. Surf. Sci.*, 359:364-371.

[26] Horoz, B., “*CO Gazına Duyarlı In_2O_3 Gaz Sensörünün Üretimi ve Karakterizasyonu*”, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2019.

[27] Aydın, H., “*ZnO Esaslı Nanoyapılı Yarıiletken İnce Filmlerin Büyütülmesi ve Gaz Sensörlerinin Üretilmesi*”, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Ana Bilim Dalı Doktora Tezi, 2013.

[28] Özkaya, C., “*Perilendiimid Türevi Moleküllerin Langmuir-Blodgett İnce Film Özelliklerinin İncelenmesi*”, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2014.

[29] Evyapan, M., “*Organik Gaz Sensör Maddelerinin Langmuir- Blodgett İnce Film Tekniğiyle İncelenmesi*”, Balıkesir Üniversitesi Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2005.

[30] Çaycı, D., “*Porfirin Langmuir- Blodgett İnce Filmlerin Gaz Etkileşme Ve Yüzey Özellikleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi*”, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2010.

[31] Civan, M., “*Bazı Organik Moleküller İle Üretilen Langmuir-Blodgett Filmlerin Moleküler Yapılarının Fourier Transform Kırmızı -Altı Spektrometresi Kullanılarak İncelenmesi*”, Hacettepe Üniversitesi Fizik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2007.

[32] Açıkbaz, Y., “*1,3-Bis-(4- İmino -3 Hidroksi-Benzoikasit) İndan Maddesinin LangmuirBlodgett İnce Film Özelliklerinin İncelenmesi*”, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2006.

[33] Uzunoğlu, T., “II-VI Yarı İletken Nano Parçacık İçeren Organik Langmuir-Blodgett İnce Fimlerin Özelliklerinin İncelenmesi”, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Müh. Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 2008.

[34] Oğuzhan, Ö., “Langmuir-Blodgett Metodu Kullanılarak Triazin Türevi İle Ito Yüzeyinin Modifikasyonu”, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2011.

[35] Şen, S., “Seçilmiş Organik Malzemelerin İnce Film ve Organik Buhar Sensörü Özelliklerinin İncelenmesi”, Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Ana Bilim Dalı Doktora Tezi, 2008.

[36] Açıkgöz, Ş., “Su Örneklerinde Organik Reaktifler Ve Uv-Vis Spektrofotometre Kullanarak Metal Tayini İçin Bir Dağıtıcı Sıvı-Sıvı Mikroekstraksiyon Yöntemi Geliştirme”, Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2014.

[37] Genç, B., “Elektromanyetik Spektrumun X- Işını Ve Görünür Bölgesinde Ortamlardan Yayılan Fotonları Kaydetmek İçin Spektrometre Ve Görüntüleme Sistemlerinin Tasarımı”, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2006.

[38] Matsuzawa, Y., Noguchi, S., Sakai, H., Abe, M., Matsumoto, M., 2006 "Hybrid Langmuir and Langmuir-Blodgett films composed of amphiphilic cyclodextrins and hydrophobic azobenzene derivative", *Thin Solid Films*, 510: 292-296.

[39] Özel, F., “ Organik molekül temelli gaz sensörü çalışmaları ” Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2010.

[40] Minareci, B., “*Nano Organik İnce Film Sensörlerin Organik Buhar Duyarlılık Özellikleri*”, Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2019.

[41] Çapan, R., Açıkbaş, Y., Evyapan, M., 2006, “A study of Langmuir–Blodgett thin film for organic vapor detection”, *Mater. Lett.*, 61(2):417-420.

[42] Türkoğlu, E.A., “*Yüzey Plazmon Rezonans Temelli Antibadi Sensörlerin Hazırlanması*”, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2010.

[43] İlhan B., “*Merkez Metal Atomu İçeren ve İçermeyen Oktakis Ftalosiyanın Maddeleri Kullanılarak Üretilen İnce Filmlerin Uçucu Organik Buharlar ile Etkileşme Özellikleri*”, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı, 2015.

[44] Açıkbaş, Y., Bozkurt, S., Erdoğan, M., Halay, E., Sirit, A., Çapan, R., 2018, “Optical and Vapor Sensing Properties of Calix[4]arene Langmuir-Blodgett Thin Films with Host–Guest Principles” *J. Macromol. Sci. A.*, 55: 526-532.

[45] Açıkbaş, Y., Çapan, R., Erdoğan, M., Bulut, L., Soykan, C., 2016. “Optical Characterization and Swelling Behaviour Of Langmuir-Blodgett Thin Films Of a Novel Poly [Styrene (ST)-co- Glycidly Methacrylate (GMA)] ” *Sensor Actuat B-Chem.*,241: 1111-1120.

[46] Açıkbaş, Y., Zeybek, N., Özkaya, C., Sirit, A., Erdoğan, M., Çapan, R., Bozkurt, S.,2021, “Optical and Organic Vapor Properties of Calix[4]arene Based Macrocylic Langmuir-Blodgett Thin Films” *J Optoelectron ADV M.*,23: 14-21.

[47] Zeybek, N., Açıkbaş, Y., Bozkurt, S., Sirit, A., apan, R., Erdoğan, M., zkaya, C., 2021 “Devoloping of Calixarene Based Diamide Chemical Sensor Chip for Detection of Aromatic Hydrocarbons’ Vapors” *BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi*, 23(1):291-300.

[48] Açıkbaş, Y., Zeybek, N., 2021 “Calix[4]arene-based Langmuir-Blodgett (LB) Thin Film for Volatile Organic Compounds Detection” *S. Fen Fakültesi Fen Dergisi* 47(1): 100-117.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı: ZEYBEK, Nursel

Uyruğu: T.C

Doğum tarihi ve yeri:

Medeni Hali: Bekar

e-mail:

Eğitim Durumu

Yüksek Lisans: Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Lisans: Uşak Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği (2018)

Lise: Sabri Kılıçoğlu Anadolu Lisesi (2014)

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Optical and organic vapor properties of Calix[4]arene based macrocyclic Langmuir-Blodgett thin films
Y. Açıkbaş, N. Zeybek, C. Özkaya, A. Sirit, M. Erdoğan, R. Çapan, S. Bozkurt
Journal of Optoelectronics and Advanced Materials 23 (1-2), 14-21, 2021.
2. Developing of the calixarene based diamide chemical sensor chip for detection of aromatic hydrocarbons' vapors

N. Zeybek, Y. Açıkbaş, S. Bozkurt, A. Sirit, R. apan, M. Erdoğan, C. zkaya
BAUN Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 23(1), 291-300, 2021.

3. Calix[4]arene-based Langmuir-Blodgett (LB) Thin Film for Volatile Organic
Compounds Detection

Y. Açıkbaş, N. Zeybek

Selçuk Üniversitesi Fen Fakóltesi Fen Dergisi 47(1), 110-117, 2021

İlgi Alanları

İnce filmler, nano malzemeler, gaz sensörleri