

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

**MALZEME BİLİMİ VE NANOTEKNOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**KALİKS (4) AREN LANGMUIR-BLODGETT İNCE FİMLERİN ÜRETİMİ VE GAZ
SENSÖR ÖZELLİKLERİNİN KUARTZ KRİSTAL MİKROBALANS TEKNİĞİ İLE
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Levent GÜLOĞLU

MAYIS 2019

UŞAK

T.C
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MALZEME BİLİMİ VE NANOTEKNOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

KALİKS (4) AREN LANGMUIR-BLODGETT İNCE FİMLERİN ÜRETİMİ VE GAZ
SENSÖR ÖZELLİKLERİNİN KUARTZ KRİSTAL MİKROBALANS TEKNİĞİ İLE
İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Levent GÜLOĞLU

MAYIS 2019

UŞAK

Mehmet Levent GÜLOĞLU tarafından hazırlanan **Kaliks[4]Aren Langmuir-Blodgett İnce Filmlerin Üretimi ve Gaz Sensör Özelliklerinin Kuartz Kristal Mirobalans Tekniği İle İncelenmesi** adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Yaser AÇIKBAŞ
Tez Danışmanı, Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Zikriye ÖZBEK
Biyomühendislik Anabilim Dalı, Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi

Doç. Dr. Yaser AÇIKBAŞ
Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Gamze TETİK
Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi

Tarih: 30/05/2019

Bu tez ile U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Murat Kemal KARACAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

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.

Mehmet Levent GÜLOĞLU



**KALİKS (4) AREN LANGMUIR-BLODGETT İNCE FİLMLEİN ÜRETİMİ VE
GAZ SENSÖR ÖZELLİKLERİNİN KUARTZ KRİSTAL MİKROBALANS TEKNİĞİ
İLE İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Mehmet Levent GÜLOĞLU

**UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Mayıs 2019

ÖZET

Bu çalışmada 25,27-(dipropilmorfolinasetamido)-26,28-dihidroksi kaliks[4]aren maddesi LB ince film üretimi ve kimyasal gaz sensör uygulamaları için seçilmiştir. Kaliks[4]aren LB ince filmleri UV-Görünür Bölge ve Kuartz Kristal Mikrobals (KKM) ölçüm sistemleri ile karakterize edilmiştir. Kuartz kristal yüzey üzerine depozit edilen kaliks[4]aren LB ince filmlerine ait kütle miktarı, tek bir tabaka için 2028,80 ng ($7,65 \text{ ng mm}^{-2}$) olarak tahmin edilmiştir. Aynı zamanda, bu LB filmlerin oda sıcaklığında geliştirilen organik buhar algılayıcı cihaz olarak duyarlılık özellikleri de incelenmiştir. Kaliksaren LB filmlerin zararlı uçucu organik bileşiklere karşı hassasiyet performansı KKM sistemi kullanılarak araştırılmıştır. Kaliksaren LB ince filmler diğer organik buharlara kıyasla diklorometan buharına daha fazla duyarlılık göstermiştir.

Bilim Kodu:

Anahtar Sözcükler: Langmuir-Blodgett (LB) İnce Film, Kimyasal Gaz Sensör, Kuartz Kristal Mikrobals, Kaliksaren.

Sayfa Adedi:51

Tez Yöneticisi: Doç.Dr. Yaser AÇIKBAŞ

**PRODUCTION OF CALIX[4]AREN LANGMUIR-BLODGETT
THIN FILMS AND INVESTIGATION OF GAS SENSOR PROPERTIES BY
QUARTZ CRYSTAL MICROBALANCE TECHNIQUE
(M.Sc. Thesis)**

Mehmet Levent GÜLOĞLU

**UNIVERSITY OF UŞAK
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

May 2019

ABSTRACT

In this study, 25,27-(dipropilmorfolinasetamido)-26,28-dihidroksi calixarene organic materials was selected for the fabrication of LB thin film and chemical gas sensor applications. The characteristics of the calixarene LB films were evaluated by UV–Vis and quartz crystal microbalance (QCM) measurement systems. The mass deposited on the quartz crystal per bilayer was predicted as 2028.80 ng (7.65 ng mm⁻²) for the calixarene LB film. The sensing abilities of this LB film towards the development of room temperature organic vapor sensing devices were also examined. QCM system was fixed to investigate vapor sensing performance of calixarene LB films against to harmful volatile organic compounds (VOCs). The calixarene LB thin films were more sensitive to dichloromethane than other vapors.

Science Code:

Keywords: Langmuir-Blodgett (LB) Thin Film, Chemical Gas Sensor, Quartz Crystal Microbalance, Calixarene.

Page Number:51

Supervisor: Doç.Dr. Yaser AÇIKBAŞ

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın başından sonuna kadar büyük bir sabırla ve özveri ile desteğini ve ilgisini bir an olsun esirgemeyen değerli Sayın Hocam Doç.Dr. Yaser AÇIKBAŞ'a teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım. Laboratuvar imkanlarını sağlayan ve esirgemeyen değerli hocalarımız Prof. Dr. Rifat ÇAPAN'a ve Prof. Dr. Matem ERDOĞAN'a ve Tez kapsamında kullanılan ince film maddesinin sentezinde ve temin edilmesinde Uşak Üniversitesi Öğretim Üyesi Doç. Dr Selahattin BOZKURT'a çok teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca maddi manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, sevgilerini hayatta olmasalar da her zaman hissettiğim çok değerli annem Nuray GÜLOĞLU ve babam Mahir GÜLOĞLU'na ve bana verdikleri destek, sabır ve hoşgörü ile bu çalışmamda her konuda destek olan eşim Birgül GÜLOĞLU ve kızlarım Zeynep ve Elif GÜLOĞLU'na sonsuz sevgilerimi sunarım.

Mehmet Levent GÜLOĞLU
Mayıs 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ.....	vi
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÇEVRE.....	2
2.1. Çevre Kirliliği.....	2
2.2. Hava Kirliliği.....	2
2.2.1. Giriş.....	2
2.2.2. Hava Kirliliğine Neden Olan Kaynaklar.....	3
2.2.2.1. Doğal kaynaklar.....	3
2.2.2.2. Yapay Kaynaklar.....	3
2.2.3. Hava Kirliliğinde Etkin Rol Alan Bazı Zararlı Gazlar.....	4
2.2.3.1. Bazı Zararlı Organik Buharlar.....	4
2.2.2.3.1. Diklorometan.....	4
2.2.2.3.2. Kloroform.....	6
2.2.2.3.3. Benzen.....	7
2.2.2.3.4. Toluen.....	7
3. GAZ SENSÖRLERİ.....	8
3.1. Giriş.....	8
3.1.1. Gaz Sensör Üniteleri.....	9
3.1.2. Elektronik Tespit Etme ve Uyarı Gönderme Birimi.....	10
3.1.3. Sesli Işıklı Uyarı Sistemi.....	10
3.1.4. Otomatik Gaz Kesme Vanası.....	10
3.1.5. Gaz Sensörleri Uygulama Alanları.....	11
3.2. Langmuir-Blodgett İnce Filmlerin Gaz Sensörlerinde Uygulamaları.....	12

4. KALİKSAREN.....	13
4.1. Giriş.....	13
4.1.1. Çözücü Etkisi.....	14
4.1.2. Erime Noktası.....	14
4.2. LB İnce Film Maddesi Olarak Kullanım Alanları.....	14
5. KULLANILAN TEKNİKLER.....	15
5.1 Giriş.....	15
5.1.1 UV-Görünür Spektrofotometresi.....	15
5.1.1.1 LB Film Karakterizasyonu ve Sensör Ölçümleri.....	16
5.2. Atomik Kuvvet Mikroskobu.....	17
5.2.1. Giriş.....	17
5.2.2. Atomik Kuvvet Mikroskobunun Çalışma Prensibi.....	18
5.3. Kuartz Kristal Mikroblans.....	19
5.3.1. Giriş.....	19
5.3.2. KuartzKristalinMikrobalans(KKM)Sistemi	19
5.3.3. Kuartz Kristal Ölçüm Sistemi.....	21
5.3.4. Lb İnce Film Üretim Tekniği.....	22
5.3.4.1. Giriş.....	22
5.3.4.2. Langmuir-Blodgett İnce Film Üretim Tekneleri.....	22
6. DENEYSEL SONUÇLAR.....	24
6.1. İzoterm (Yüzey basınç-alan) Grafikleri.....	24
6.2. Kuartz Cam Yüzeğe Transfer Grafikleri.....	26
6.3. KuartzKristal Yüzeğe Transfer İşlemi.....	27
6.4. UV-Görünür Spektroskopisi Sonuçları.....	28
6.5. Kaliksaren LB İnce Filmlerin Organik Buhar Etkileşmeleri.....	30
7. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	33
8. KAYNAKLAR.....	35
9. ÖZGEÇMİŞ.....	40

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1.1. Zararlı Gaz Ölçüm Cihazı.....	9
Şekil 3.1.2. H ₂ S, CO ve O ₂ ortam gaz ölçüm cihazı.....	10
Şekil 4.1.1. Kaliks [4] aren yapısı ve numaralandırılması.....	14
Şekil 4.1.2. Sensör Çalışmalarında Kullanılan Kaliks [4] arenler.....	15
Şekil 5.1.1. UV-Görünür Spektrofotometresi Çalışma Prensibi.....	16
Şekil 5.2.1. Atomik Kuvvet Mikroskobu Şematik Diyagramı.....	18
Şekil 5.3.1. Tipik Kuartz Kristalin Yapısı.....	20
Şekil 5.3.2. Çift ve tek vagon olarak kullanılabilen LB teknesi.....	22
Şekil 6.1.1. Kaliksaren Maddesine Ait Yüzey Gerilimi-Alan Grafiği.....	25
Şekil 6.2.1. Kaliksaren Cam Yüzeye transfer Grafiği.....	26
Şekil 6.3.1. Kuartz Kristal Üzerine Üretilen Kaliksaren LB Filmine Ait Tabaka Sayısına Bağlı Rezonans Frekansı Değişimi.....	27
Şekil 6.4.1. Kaliksaren Çözeltisi Ve Kaliksaren LB İnce Filmlerine Ait UV- Görünür Spektrumları Tabaka Sayısının Absorbansa Göre değişimi.....	29
Şekil 6.5.1. QCM Sisteminin Şematik Diyagramı.....	31
Şekil 6.5.2. Kaliksaren LB filmin Organik Buhar ile Etkileşimi.....	31
Şekil 6.5.3. Kaliksaren LB İnce Filmin Farklı Konsantrasyonlardaki Diklorometan Organik Buharı İçin Kinetik Çalışma.....	32

TABLO LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Hava Kirliliğine Neden Olan Kaynaklar.....	4
Tablo 3.1. Gaz Sensörlerinin Uygulama Alanları.....	11

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
LB	Langmuir-Blodgett
UOB	Uçucu Organik Bileşikler
DCM	Diklorometan
UTUKB	Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği
UV	Ultra Viole
NM	Nanometre
SN	Saniye
QCM	Kuartz Kristal Mikrobalans
AKM	Atomik Kuvvet Mikroskobu
IR	Kızıl Ötesi

1. GİRİŞ

Gün geçtikçe artan çevre sorunlarının en başında hava kirliliği gelmektedir. Hava kirliliği, yıllar geçtikçe dünyamızı tehdit etmekle birlikte ekolojik felaketlerle maruz bırakmaktadır. Dünya nüfusumuz hızla artışına paralel olarak, talep edilen enerji sarfiyatı, endüstrinin hızla gelişmesi ve betonlaşmayla ortaya çıkan gazlar nedeni ile hava kirliliği canlıların sağlığını tehdit etmektedir.

Hava kirliliği, canlılara zarar verecek miktarın, atmosfere hızlı bir şekilde karışması olarak tanımlanabilir. Bu hava kirliliğine neden olan gazlar doğal olarak veya insan tarafından atmosfere karışabilirler. Havaya karışan gazların çıkış yerleri, canlı ve çevrenin üzerindeki olumsuz etkilerine Bölüm 2' de yer verilmiştir. Bölüm 2' de özellikle havanın kirlenmesinde önemli rol oynayan zararlı gazların oluşma nedenleri ve canlı sağlığı üzerindeki etkilerinden söz edilmiştir.

Çevre kirliliği arttıkça, atmosferde canlılar için zararlı olan gazların tespiti ve kontrol edilmesi büyük önem kazanmıştır.

Bölüm 4'te tez kapsamında ince film sensör maddesi olarak kaliksaren türevi seçilmiştir. Kaliksarenler iki genel yöntemle sentezlenmişlerdir. Birincisi uzun ve çok adımlı Hayes ve Hunter yöntemine bağlı olarak sentezdir. Diğeri ise Zinke-Cornforth yöntemiyle sentezlenen formaldehit ile fenolün baz katalizörlü kondenzasyonudur. Kaliksarenlerin vazo görünümündeki yapıları yeni atomda bulunan moleküllerin elde edilmesi kullanılmıştır. Aynı zamanda kaliksaren türevleri katyonlarla veya nötral moleküllerle kompleks oluşturabilirler. Kaliksarenler halkalı fazda olması kolaylık ile türevlendirilmesi ve çeşitli boyut ve büyüklükte moleküler boşluk oluşturabilmesi nedeniyle diğeri fazdaki moleküller için iyi bir taşıyıcıdır. Bundan dolayı da oldukça geniş uygulama sistemine sahiptirler.

Bölüm 5'te Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM), UV-görünür spektroskopisi ve Kuartz Kristal Mikrobalans (QCM) sistemi hakkında teorik bilgilere yer verilmiştir. Bu

tekniklerin LB ince film uygulamalarına yer verilmiştir.

Bölüm 6 ise yapılan deneysel çalışmalara yer verilmiştir.



2. ÇEVRE

Çevre, canlıların ömürleri boyunca hayatlarını devam ettirdikleri ve birbirleriyle iletişim içinde bulunduğu ortamdır. Sağlıklı bir yaşam için temiz ve yaşanabilir çevre ile mümkündür. Bunun olabilmesi insanoğlunun elindedir.

2.1. Çevre Kirliliği

Çevre kirliliği, canlıların ve onların etrafını saran cansız çevrenin doğal dengesini değiştiren ve insanoglundan kaynaklanan çevreyle ilgili zararlardır. Ekosistem içerisinde bulunan canlıların sağlığını etkileyen, cansız ve ortamdaki maddeler üstünde yüzeysel zararlar veren, laboratuvar ortamında tanımı olan maddelerin havaya suya topraga karışmasıdır. Çevre kirliliği su, hava, toprak, elektromanyetik kirlilik gibi birçok madde başlığı ile incelenebilir. Çevre sorunlarından en önemlisi diyebileceğimiz hava kirliliğidir.

2.2. Hava Kirliliği

2.2.1. Giriş

Hava kirliliğini şu şekilde ifade edebiliriz; canlıların sağlığını etkileyen ve çevreye zararlar vermesine sebep olan, havadaki laboratuvar ortamında tanımlanabilen maddelerin olması gerekenin üzerinde yoğunluk ve miktara ulaşmasıdır.

Farklı bir tanım ile söyleyecek olursak hava kirliliği; havada farklı formlarda ki maddelerin canlılara ve ekosistemdeki doğal dengeyi bozacak şekilde kütle, yoğunlukta havada bulunmasıdır. Canlıların sürekli etkileşimleri sonucu meydana hammadde ve tüketim istekleri sonucunda ortaya çıkan laboratuvar ortamında tanımlanabilen maddelerle hava tabakası kirlenerek, ekosistemi olumsuz etkilemektedir [1].

2.2.2. Hava Kirliliğine Neden Olan Kaynaklar

2.2.2.1. Doğal Kaynaklar

Doğada kendiliginden gerçekleşen ve havayı kirleten labaratuvar ortamında tanımlanabilen maddeler dogada vardır. Dogal olaylarla oluşan yabancı maddeler havada uzun süre tutunamazlar. Örnek olarak;

- Yanardağ faaliyetleri
- Orman yangınları
- Çöl tozları
- Açık arazideki ekosistem dengesinin değişmesi verilebilir.

2.2.2.2. Yapay Kaynaklar

Canlıların yapmış olduğu etkileşimler sonucu doğanın dengesi değişmektedir. Hava kirliliğinde, insanoğlunun dogal olmayan kaynaklardan meydana getirdiği kirlilik daha önem arz etmektedir. Son zamanlarda insanları en çok meşgul eden, yerleşim yerleri ve sanayi sınırları içerisindeki hava kirliliğidir. Havayı kirleten bu kaynaklar şöyle sıralanabilir:

- Ulaşım
- Sanayi

Hava kirliliği; sanayi gelişimi, nüfusun artması, şehirleşmenin olması gibi kriterlere bağlı olarak değişkenlik gösterir. Atmosferik faktörler, bulunan yer ve topografik yapı, plan yapılmadan şehirleşmenin olması ve ekosistemi destekleyen yeşil alanların olması gereken miktarda olması için çaba gösterilmemesi ve kullanılan yakıtların derecesi dogal kaynakların neden olduğu çevresel kirliliği etkileyen faktörlerdir [2].

Tablo 2.1.Bazı hava kirliliği kaynakları ve etkileri [2]

Azot ve kükürt oksitler	Yeraltı yakıtları	Asit yağmurları, canlıların hayatını sağlığa zararlı şekilde etkiler.
Organikler	Yanıcı olanlar, endüstride yapılan üretimler işlemler Rüzgârın doğada meydana getirdiği değişiklikler	Ekosistemin olumsuz etkileri, solunum yolu sorunları
Karbon monoksit CO ²	Otomobil egzozları	Kanda CO ² yükselmesi canlı için önemli olan oksijen azalması
İnorganikler (Kurşun, civa)	Maden sanayisi, maden işleme, yanma, imalat	Besinlerle canlıların vücuduna geçerek kanser yapıcı etki

2.2.3. Hava Kirliliğine Etkin Rol Alan Bazı Gazlar

2.2.3.1. Bazı Zararlı Organik Buharlar

Birleşimi en az bir karbon ve hidrojen atomu olan kimyasal bileşiklere organik bileşikler denir [3]. Bunlar, uçucu organik bileşikler, uçucu olmayan organik bileşikler ve yarı uçucu organikler olmak üzere bu başlıklar altında örneklendirebilir [4].

2.2.2.3.1. Diklorometan

Diklorometan doğada olmayan, sentetik bir kimyasal maddedir. Yumuşak, renksiz, bir yapıya sahiptir. Oda sıcaklığında sıvı fazda bulunur. Diklorometan endüstride maddeyi çözen olarak kullanılır. Çözücü özelliği çok iyi olduğundan baharatların karışımlarının ayrılmasında kullanılmaktadır. Sağlık üzerinde zararlı etkisi olması nedeni ile günümüzde bu amaçla kullanılmamaktadır.

Çevrede bulunan diklorometan yoğun bir şekilde olmasının sebebi, endüstriyel olması ve evlerde boya çıkartıcı olarak kullanımından kaynaklanır. Havada uçucu olma özelliğine sahip olmakla birlikte suda kesinlikle çözünmez. Diklorometan çok çabuk uçucu olduğundan toprakta da tutunamaz. Bu nedenle hem toprağa, hem de suya salındığında çok hızlı bir şekilde havaya geçer. Diklorometan miktar olarak yarısı, 17 ile

53 gün gibi bir sürede yok olur. Araştırmalar sonucu, suda yaşayan canlıların ve bitkilerin diklorometan depo edemediğini göstermektedir.

Uçucu bir gaz olan diklorometan canlılar solunum yoluyla vücutlarını etki altına alırlar. Diklorometan maddesinin kullanıldığı yerlerde, boya sökücüler ve endüstrideki hammadde üretimi sonucunda çıkan atık bölgelerde insan sağlığını olumsuz etkileyen yerlerdir [5].

Diklorometan sıvı olarak canlıya temas ettirilirse deride derin yanıklara neden olur. Diklorometan, insanlarda otonom sinir sistemine zarar verir. Atmosferde yoğun olarak (havada bulunması gereken oranın üzerinde ise) bulunduğunda insanlarda, bir olaya tepki vermede azalma ve kişisel beceri gerektiren el becerisi işlerinde dengesizliğe yol açabilir.

Diklorometan yoğun şekilde kullanıldığı işyerlerinde solunum yoluyla maruz kalan kişilerde kanser yaptığı ile ilgili bir bulguya rastlanmamıştır. Uluslararası Kanser Araştırma Kurumu (IARC) laboratuvar ortamında yapılan deneylerdeki verilere dayanarak, diklorometan insanda kansere sebep olabilme etkisi nedeni ile Grup 2B'de değerlendirmektedir.

2.2.2.3.2. Kloroform

Kloroform (CHCl₃) renksiz bir sıvıdır. Yüksek oranda uçucudur. Su içerisinde ise düşük çözünürlüğe sahiptir. Kloroform farklı olarak klor metan olarak da bilinir ve az zararlı olarak kabul edilir. Diş macunları, öksürük şurupları, ilaç ürünlerinde ve temizlik ürünlerinde yoğun olarak bulunan bir bileşiktir. Tüketicilere doğrudan sağlığına zarar verecek şekilde kloroform kullanımı gittikçe azalmıştır. İlk bilindiği zamanlar, eterden maddesinden 5 kat daha etkili olduğu için cerrahlar ve dişçiler tarafından uyuşturucu olarak kullanılmıştır. Kloroformun uyuşturucu dozu ile ölüme sebep olan dozu arasındaki miktar farkı çok oldu için, görülen yan etkiler ve kullanım zorluğu sebebiyle artık uyuşturucu madde olarak kullanılmamaktadır [6].

ABD'nin Virginia Teknik Üniversitesi Uzmanları, bir araştırma sonucunda içme suyuna katılan klorla ilgili sağlığa zarar verici verilere ulaşmıştır. Bilim adamlarına göre klor, deterjanlar ve diş macunlarındaki triklosan adlı maddeyle etkileşime geçtiğinde reaksiyona girebiliyor ve zehirli bir gaz (kloroform) oluşabilmektedir. Bu zehirli gazın solunması ya da derinin maruz kalması birçok hastalığa sebep olabilmektedir. Araştırmalar sonucunda deriye temas ile de geçebilmektedir. Kloroforma uzun süreli maruz kalınma sonucunda hepatit, sarılık ve benzeri karaciğer hastalıklarına neden olabilmektedir.

Akut etkileri: Düşük miktarlarda etkileşime girildiğinde kloroform; baş ağrılarına baş dönmesine ve yorgunluk neden olabilir. Diğer etkileri; solunum alıp vermede değişim, bulantı ve kusma gibi vücutta olumsuz etkilere neden olabilir. Böbrek ve karaciğer etkileridir. Yüksek miktarda konsantrasyona maruz kalındığında kalp durması nedeniyle öldürücü olabilir.

Kronik etkiler: Kloroformla düşük seviyede etkileşime maruz kalmak sinirlilik ve depresyon belirtileri yanında sarılık ve hepatite de sebep olabilir.

Üreme etkileri: Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda kloroformun, sakat doğumlara ve yumurtlama miktarında azalmayı içeren olumsuz etkileri olduğu görülmüştür. Erkeklerde ise bu maddeye maruz kalmak, dengesiz bir sperm artışına neden olmaktadır.

Kanser riski: Bazı epidemiyolojik çalışmalar ile kloroforma maruz kalmak ile rektum, kalın mesane ve bağırsak kanseri arasında bir ilişki olduğu biliniyor. Fakat bu durumun daha çok araştırılması gerektiği bilinmektedir. Düşük miktarlarda kloroformla etkileşimde

olunması, hücre ölümlerine sebep olan kanser hastalığına neden olmadığı kabul ediliyor. Hayvanlarda ise, kloroformla etkileşiminde olmanın böbrek ve karaciğer tümörlerinde artışa neden olduğu, yapılan laboratuvar ortamı çalışmalarında net bir şekilde onaylanmıştır.

2.2.2.3.3. Benzen

Kendine özgü kokusu, renksiz, opak ve kolay tutuşabilen bir sıvıdır. Kloroform, eter, alkol, karbon sülfür, karbon tetraklorür, aseton ve yağlarla karışabilme ve dumanlı bir alevle yanabilme özelliği vardır. Benzen, hoş kokulu bileşiklerin temelde çıkış yeridir. Kimyasal formülü C_6H_6 olarak bilinir. Özgül ağırlığı 0,879 kaynama noktası 80.1 derecedir. Benzen nitrolanarak derişik asit nitrat ile ısıtıldığında nitrobenzeni verir. Bu reaksiyona benzeyen derişik sülfatasiti de oluşturur. Benzen ve çeşitleri geçiş elementi olan metallere birleşik oluşturmaya yatkındır [7]. Benzenin uzun ya da kısa süreli rahatsızlıklara zehirlenmelere yol açmaktadır. Kısa süreli rahatsızlığa neden olan benzen zehirlenmesinin önemli semptomları canlının merkezi sinir sistemi ile ilgili olmasıdır. Bilinç kaybının olması uzun süreç sonunda felç olmaya sebep olmaktadır. Benzen maddesi ile daha az etkileşimde baş dönmesi, hızlı bir şekilde terleme, yüz kızarıkların oluşması, nefesin benzen kokması, çarpıntı, bulantı ve kusma görülür. Atakların sürekliliği sonunda baş ağrısı, kulak çınlaması, vücutta güç azalması, sindirim sisteminde bozukluklar, bacak ve ellerde haftalarca süren felç olabilir. Oral yolla 30 gr benzen yutulması ölüme kadar sebep olmaktadır [8,9].

2.2.2.3.4. Toluen

Toluen zararlı bir organik bileşiktir ve çözücü olarak kullanılır. Kimyasal üretim maddeleri endüstrisinde önemli bir hammaddedir. Uzun süreli maruz kalındığında genetik mutasyona neden olur. Yüksek hassasiyeti ve kararlılığındaki bu madde biyo ve kimyasal duyar çalışmalarında kullanılabilir. Böylelikle sanayi alanlarında kaliteli nefes alabilme koşullarımız için ortam ile bu tür buharların sebebiyet verebileceği ölüme sebebiyet veren kazalar en aza inmiş olur [10,11,12]. Kimyasal formülü $C_6H_5-CH_3$ olan bileşiktir. Organic maddelerin çoğu için çok etkileşmeli bir çözücü olmasına rağmen sudaki çözünürlüğü azdır [13,14]. Toluen maddesine kısa süre maruz kalınırsa öncelikle baş dönmesi ile başlayan baş ağrısı ve yorgunluk sonucunda uykusuzluk hissedilebilir. Toluen maddesine uzun süre etkisinde kalındığında ise beyin, sinir sistemi, karaciğer ve bağırsaklar etkilenmektedir [15].

3. GAZ SENSÖRLERİ

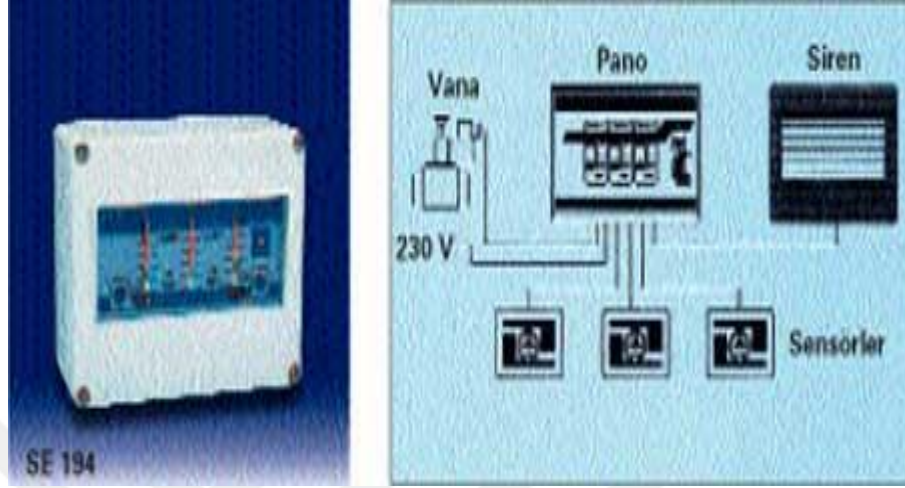
3.1. Giriş

Günümüz teknolojisindeki hızlı ilerleme yaşamımızı kolaylaştırırken, canlıların ve ekosisteme son derece zararda verebilmektedir. Bu zararı önlemek amacı ile alınması gereken önlemler günümüz dünyasında önem arz etmektedir.

İnsan ve çevre için zararlı gazların tespiti için günümüz teknolojisinden yararlanılmaktadır. Bundan dolayı gaz Sensörlerinde duyulan ihtiyaç bu sektörde hem zararlı gazların tespiti hem de doğada ki gazların ölçülmesi son derece önemlidir.

Basit bir gaz sensörü yani gaz ölçüm sistemi elemanları; gaz algılayıcı, elektronik değerlendirme, sesli/ışıklı uyarı sistemleri ve acil durumda otomatik gaz kesme sisteminden oluşmaktadır [16].

Bu sistemler Şekil 3.1.1’de şekilde basit bir yapı şeklinde de olabilir. Daha karmaşık bir sistemde de şekillendirilebilir [17].



Şekil 3.1.1. Zararlı gaz ölçüm cihazı

3.1.1. Gaz Sensör Ünitesi

Sistemin en etkili ekipmanıdır. Sensörün ortasında yer alan kısım yarı iletken madde SnO₂ bileşimidir. Yüzeyinde serbest elektron bulundurur. Sensörde oluşan gerilim ile ısı değişimi oluşur. Isı değişimi ile havada ki gaz yoğunluğu ile Sensördeki iç elektriksel iletkenlik değişir. SnO₂ yarı iletken maddenin temiz havadaki iletkenlik/geçirgenliği ile ortamın kirliliğindeki iletkenlik/geçirgenliği farkları arasında oluşan mutlak fark bu tip sensörlerde gaz kaçağı tespitinde kullanıldığı sistemi oluşturmaktadır [17].

Sensörün çalışma prensibinde önce AC (Alternatif Akım) ile ya da DC (Doğru Akım) olarak beslenebilecek ısı tabakası ile sistem aktifleşmiş olur. Sensörün bulunduğu ortamda insan sağlığını etkileme konsantrasyonuna göre değer ppm cinsinden değişiklik göstermektedir. Zararlı gaz konsantrasyonuna göre sistem alarma geçer sistem ünitesine uyarı sinyali gönderir.



Sekil 3.1.2. H₂S, CO ve O₂ ortam gaz ölçüm cihazı

3.1.2. Elektronik Tespit Etme ve Uyarı Gönderme Birimi

Cihazın bu parçası duyarlı sensörleri ile görülebilir/duyulabilir uyarı ve otomatik gaz kesme sistemi arasında bir işlemci fonksiyonuna sahiptir. Detektörün basit tanımlı uyarı cihazlarının, sistemin de aynı zamanda ışıklı ve sensörlü ya da sesli kontrol elemanları içermektedirler. Ayrıca bu detektörlerin kontrol fonksiyonlu olanlarında sesli uyarı sistemi ve otomatik gaz kesme için üzerinden akım geçtiği zaman çalışan elektromanyetik çıkışları mevcuttur.

3.1.3. Sesli Işıklı Uyarı Sistemi

Sistemin bu devresinde görsel ve duyuşal anlayabileceğimiz bir sisteme sahiptir. Genelde uyarı sisteminin hem görsel hem de duyuşal olması daha tercih edilebilir sistemdir. Sistemde uyarı halinde iken sesli uyarıda bir arıza durumunda ışıklı sistem devreye girerek uyarıyı bir şekilde vererek ünitenin sağlıklı çalışmasına olanak sağlamaktadır.

3.1.4. Otomatik Gaz Kesme Vanası

Solenoid vana olarak bilinen elektrikli vanalarıdır. Güvenlik sisteminin bir parçası olan gaz kesme vanaları bu solenoid gaz yolu sistemlerde kullanılan aç-kapa sisteminden farklı olarak manuel kontrol ediliyor olması daha tercih edilebilirdir [18].

3.1.5. Gaz Sensörleri Uygulama Alanları

Gaz sensör sistemlerinin uygulandığı alanlar Tablo 3.1.'de başlıklar altında sıralanmıştır

Tablo 3.1. Gaz sensör sistemlerinin uygulama alanları [18].

Ekosistemdeki uygulamalar	Hava kirliliğindeki zararlı gazların yoğunluk tespitinde, yangın uyarı sistemlerinde ve güvenlik amaçlı sistemlerde vs. Çalışma ortamlarında yanıcı ve patlayıcı gazların ortamda bulunma olasılığında,
Sağlıktaki uygulamalar	Tıp alanında anestezi ve klinik uygulamalarında, Kimyasal maddelerin tespitinde ve biyokimyasal analizlerin yapılmasında,
Ticari alandaki uygulamalar	Güvenlik amaçlı çalışma alanlarındaki ihtiyaçlarda, kimyasal madde işleyen endüstri alanında ve işlenen maddelerin işlem kontrolünde, ortamdaki zararlı atık gazların ve gaz kaçak tespitinde,
Askeri alandaki uygulamalar	Bu tür özel alanlarda kimyasal madde bulunma olasılığında ve insan sağlığına olumsuz etki eden zararlı gazların tespitinde bu sistemden yararlanır.

3.2. Langmuir-Blodgett İnce Filmlerin Gaz Sensörlerinde Uygulamaları

Teknolojideki gelişmeler ile nano boyuttaki gelişmeler, çok hızlı bir şekilde ilerlemektedir. Sensör sisteminde yeni bir uygulama gelişmesine sebep olmaktadır. Hava, su ara yüzeyindeki organik moleküllerin katı bir yüzeye iletilmesi ile LB ince filmler oluşur. LB ince filmlerin gaz sensörleri araştırmalarında kullanımının ivme kazandığı görülmektedir. Gaz sensörleri sistemlerinde maliyeti düşük ve aynı zamanda uzun ömürlü sensörler üretme alanında gelişmeler hız kazanmıştır. Langmuir- Blodgett (LB) ince film tekniği ile nano kalınlığının kolay tespit edilebilir olması sebebi ile organik ince film üretiminde kullanılır.

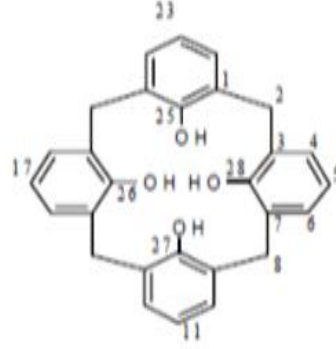
LB ince film tekniği ile pyroelektrik malzemeler sıcaklık değişimine duyarlı sensör olarak birçok alanda çok yaygın bir şekilde kullanılır. Bu tür sensörler LB film tekniği ile daha hassas ve daha düşük maliyet ile üretilebilir [19].

4. KALİKS [4] AREN

4.1. Giriş

Kaliksarenler genellikle formaldehit ve p-alkil fenollerin baz katalizörlüğünde elde edilen makrosiklik bileşiklerdir. Adlandırma D. Gutsche tarafından yapılmıştır ve vazoya benzer yapısından dolayı Latince vazo anlamına gelen "kaliks" kelimesinden türetilmiştir.

Kaliksarenler iki genel yöntemle sentezlenmişlerdir. Birincisi uzun ve çok adımlı Hayes ve Hunter yöntemine bağlı olarak sentezdir. Diğeri ise Zinke-Cornforth yöntemiyle sentezlenen formaldehit ile fenolün baz katalizörlü kondenzasyonudur. Kaliksarenlerin vazo görünümündeki yapıları oluşan ortamın merkezi moleküllerinin elde edilmesi için çok kullanılır. Aynı zamanda kaliksaren türevleri katyonlarla veya nötral moleküllerle kompleks oluşturabilirler. Kaliksaren halkalı yapıda olması kolay bir şekilde türevlenebilmesi ve farklı hacimlerde molekül aralıkları oluşturabilmesi nedeniyle anyon, nötral ve katyon moleküller için iyi bir taşıyıcıdır. Kaliksaren' in bu özelliğinden dolayı oldukça geniş uygulama alanına sahiptirler [20].



25,26,27,28-tetrahydroxycalix[4]arene

Şekil 4.1.1. Kaliksaren yapısı ve numaralandırılması

Kaliksarenler 8,7,6,5,4 gibi değişik sayıda oksijenli birimlerden ve birleşik gruplardan meydana gelebilirler. Literatürde *p*-alkil fenolden oluşan dört üyeli siklik tetramer yapıdaki kaliksaren, daha sistemli olarak 23,17,11,5 tetra-alkil-28,27,26,25-tetra hidroksil kaliksaren ve daha kısa ise *p*-alkil kaliksarenler şeklinde isimlendirilir [19,20].

4.1.1. Çözücü Etkisi

Apolar çözücülerde kaliksaren oluşması tercih sebebi olurken, polar çözücülerin büyük bir kısmı ise kaliksaren oluşumunu engellediği için kullanılmaz.

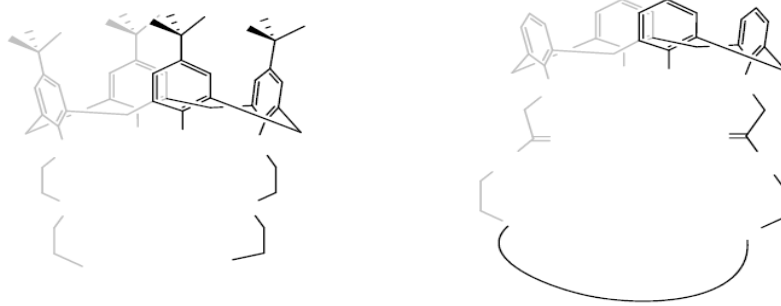
4.1.2. Erime Noktası

Kaliks[4]aren oda şartlarında kristalize yapıda sert fazda bulunan maddedir. Erime noktası 300°C ve üzerindedir. Kaliksarenin Yapısında hidrojenler erime noktasını belirlemede önemli rol oynamaktadır.

4.2. LB İnce Film Maddesi Olarak Kullanım Alanları

P-pozisyonunda veya oksijenin fenolik olmasına uygun hidrofilik ve asıl birleşimde olan atomun yerini alan başka atomu içeren kaliksaren türevleri sulu fazda dağılma özelliğine sahiptir. Kaliksarenli bileşikler farklı çapraz birleşme reaksiyonlarıyla mono ve multi-layer olarak istikrarlı hale getirilebilir ve yapılan bir çalışmada;

Şekil 4.1.2.'deki *p-tert*-bütil-kaliksaren türevleri sensör filmi olarak kullanılmış ve Ag⁺ ile Cu²⁺ için duyarlı bir sensör geliştirilmiştir.



Şekil 4.1.2. Sensör çalışmalarında kullanılan Kaliksarenler

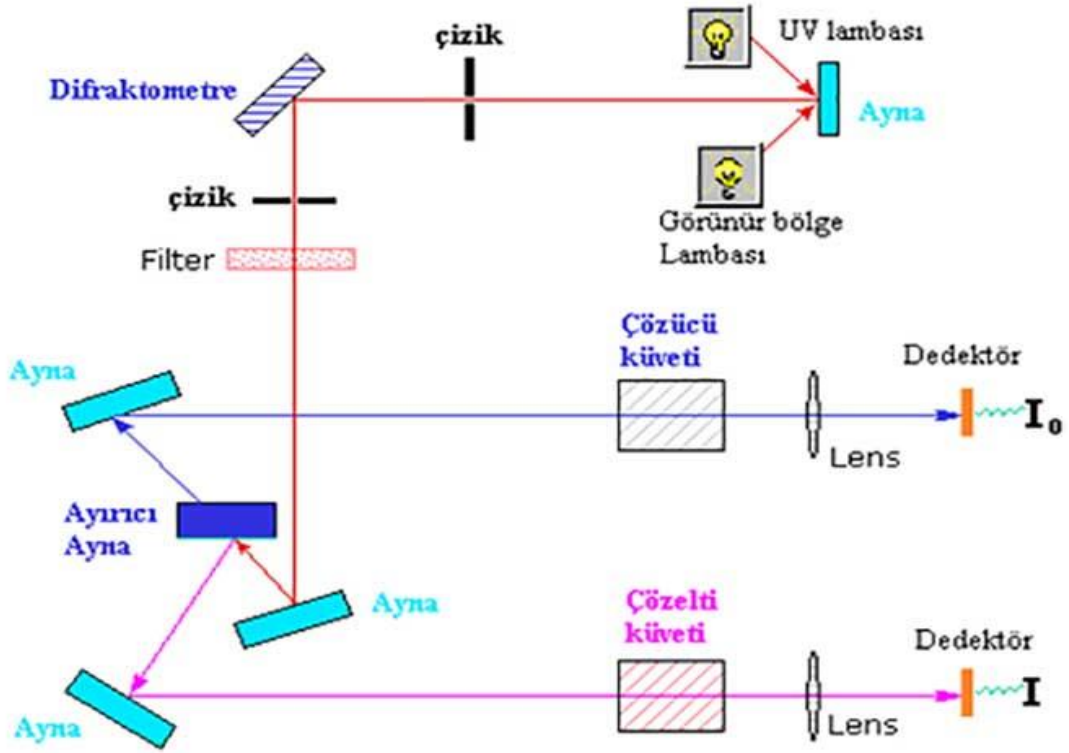
5. KULLANILAN TEKNİKLER

5.1. Giriş

Üretilen LB ince filmlerin karakterizasyonu için Atomik kuvvet mikroskobu, UV-Görünür Spektrofotometresi ve Kuartz kristal Mikrobals sistemleri kullanılmıştır.

5.1.1. UV-Görünür Spektrofotometresi

Teknoloji ile gelişen sistemlerin günümüzde 200 ile 2500 nm dalga boyları aralığında ölçüm yapabilen spektrofotometreler yüksek teknoloji ile gelişmektedir. Bu teknolojik sistemler aynı zamanda ultraviyole (UV) ve kızıl ötesi (IR) bölgelerde ölçüm yapabilmektedir. Şekil 5.1.1.'de UV-spektrofotometresinin şematik gösterimi verilmiştir



Şekil 5.1.1. UV-görünür spektrofotometresinin çalışma prensibi

Spektrofotometre sisteminin temel çalışma şekli, uygun olarak hazırlanan çözültiden farklı dalga boyunda ışığı geçirmesi ve bu ışığın ne kadarı hazırlanan çözelti tarafından absorbe ya da diğer tarafa geçememe esasına dayanır. Hazırlanan çözeltinin içerisindeki madde miktarı ne kadar fazla ise hazırlanan çözelti tarafından diğer tarafa geçemeyen ışın miktarı da doğru orantılı olarak fazla olur. Çözelti miktarı ile tutulan ışın oranı doğru orantılıdır. Hazırlanan çözelti içerisindeki tüm maddeler, ışının her bir dalga boyunu yakalarken ışının diğer dalga boylarını geçirir ya da yansıtır. Maddenin her bir dalga boyundaki bir ışını yakalaması, maddenin kimyasal ve fiziksel özellikleri gibi sabit bir özelliğidir.

5.1.1.1. LB Film Karakterizasyonu ve Sensör Ölçümleri

UV-görünür spektroskopisi LB film karakterizasyonu ve sensör ölçümleri için sıkça kullanılan yöntemler arasındadır. LB ince filmler sayesinde üretimi olan gaz sensor sistemlerinin optik sel karakterinin incelenmesinde önemli tekniklerden birisidir. UV-görünür spektroskopisi yardımıyla LB ince filmlerinin üretilebilirliği ve homojenliği

hakkında da bilgi sağlanmaktadır [21,22]. Bu doğrultuda laboratuvarındaki UV-görünür spektroskopi yardımıyla LB ince film üretilecek maddenin hangi dalga boylarında soğurma yaptığı ve bu bilgiler ışığında katı yüzey üzerine LB filmlerin üretilip üretilmediği hakkında bilgi edinilebilmektedir [23,24]. Bu yöntemin ince filmlere uygulanması ile Altaş üzerine aktarılan madde miktarı hakkında bilgiler edinilebilir ve dolayısıyla filmlerin yüzeyler üzerinde düzenli şekilde kaplanıp kaplanmadığına karar verilebilmektedir.

5.2. Atomik Kuvvet Mikroskobu

5.2.1. Giriş

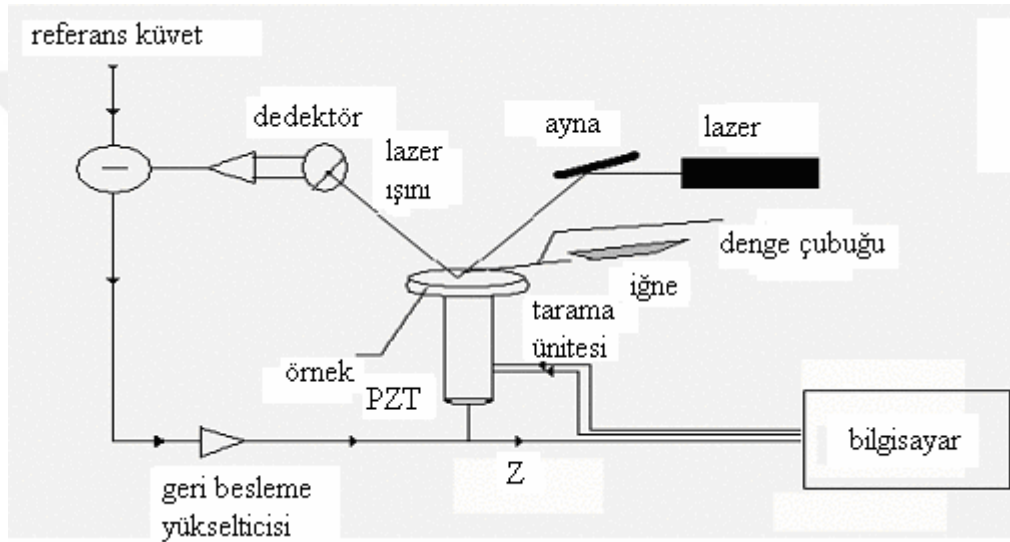
İlerleyen teknolojiye artık nanobilim ve Nanoteknoloji, ülkelerin teknolojik anlamda her türlü alanda stratejisini belirler duruma gelmiştir. Günümüzde maddeyi nanometre seviyesinde teknolojik nano-ölçekte aygıtlar ve malzemeler yapılabilmektedir. Bütün bu gelişmeler ışığında, yeryüzünde bilimsel ve teknolojik devrim başlamıştır. Tarama Tünelleme Mikroskobu (STM) ile Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) sistemini kullanma ile yüzey üzerinde atomları itme ve çekme ile birbirlerinden ayırmak, istenilen şekilde sıralamak ve onların yüzey özelliklerini incelemek mümkün hale gelmiştir.

1982 yılında taramalı tünelleme mikroskobunun keşfi ile hız kazanan araştırmalar, 1990 yılından itibaren daha sistemsel cihazlar üretilmeye yönelik araştırmalarla devam etmiştir. Taramalı tünelleme mikroskobu merkez etrafındaki elektron kümesinin üç boyutlu karakterizasyonunu çıkaran bir elektron mikroskobudur. Bilim insanlarının STM başarısından sonra atomlar arası kuvvetlere hassas olması gereken bir sistemin bir atoma uygulanıp onu haritasını çıkaran bu teknik; aynı zamanda yüzey kimyası ve organik moleküllerin iç yapısını aydınlatmak için kullanılmaktadır. Örneğin, DNA sarmalının yapısı bu teknikle incelenmiştir [25]. STM iletkenliği olan sert bir yüzeyin karakterini atom altı boyutta detaylandırma olanağı sağlar. Binnig ve grubu tarafından 1986'da araştırmalar sonucu bulunan atomik kuvvet mikroskobu AFM de STM gibi bir yüzeyin karakterizasyonu ile ilgili bilgi alabilme olanağı sağlar. STM tekniğinin aksine burada kullanılan numuneler iletken olmak zorunda değildir. AFM iletken olmayan numunelere de uygulanabilir. AFM sayesinde her türlü maddenin yüzeyi ile ilgili morfolojik bilgi almak mümkündür. AFM ile örnek yüzeyi algılama metodunda

örnek ile AFM arasında akım değil, elektrostatik, Van der Waals, sürtünme ve manyetik kuvvet söz konusudur [26].

5.2.2. Atomik Kuvvet Mikroskobunun Çalışma Prensibi

Atomik kuvvet mikroskobunun şematik diyagramı ve Cantilever (Denge çubuğu) iğnesi Şekil 5.2.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.2.1. Atomik Kuvvet Mikroskobu şematik diyagramı

AFM'de alınan örneğin yüzeyini taramak için bir iğne ucu olan bir düzenek kullanılır. Bu iğne örneğin yüzeyine yeterli miktarda yaklaştığında örneğin yüzeyi ile bu iğne arasındaki etkileşim kuvvetleri ile çubuğun ucundaki iğnenin yüzeye doğru temasında değişiklik göstermesine neden olur. Sistem düzeneğinin ucundaki iğne madde yüzeyine yaklaştıkça yüzeye temas etmesi sırasında itme kuvvetinde artışa neden olur ve sistemin ucundaki iğne yüzeyden dışarı doğru sapar. Ucunda kullanılan iğne incelenmek istenilen yüzeye göre farklılıklar gösterebilir. Genel olarak Si_3N_4 ya da silikon (Si) iğne materyalinin yapımında kullanılır. Sistemin ucundaki iğnenin kalınlığı genelde 0.2 nanometre ile 10 nanometre arasında farklılık göstermektedir. Bu sisteme lazer yardımı ile yüzeyden uzak veya yüzeye doğru olan çubuk değişkenlikleri tespit edilir. Lazer ışını sistemdeki çubuğa benzeyen maddenin üzerinden yansır. Eğer sistemdeki çubuğun hareket etmeye başlaması yansıyan ışının açısında farklılıklar meydana

getirecektir. Bu gibi farklılıkların tespiti için duyarlı foto diyot yani üzerine ışık düştüğünde iletken olarak akım geçiren malzeme kullanılmaktadır. Sistemdeki çubuk ucundaki iğneden foto diyotla ölçülen ışıdaki bu sapmalar ile incelenen nano-ölçekteki yüzeyde yükseklik ve alçalmalar sistemde kayıt edilir [27,28,29].

5.3. Kuartz Kristal Mikro balans

5.3.1. Giriş

“Piezo” Yunan dilinde uygulanan kuvvet anlamına gelmektedir. Piezoelektrik olayı 18. Yüzyılda keşfedilmiştir. Piezoelektrik özellik, elektrik enerjisini mekanik enerjiye ya da mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirebilmek olarak tanımlanabilir. Piezoelektrik polimerlerden seramiklerden ya da polimerlerden de, sapmadan doğrultunda uygulanan yük birim yüzeye tesir eden kuvvet sırasında malzemenin içindeki kristalize yapının her iki etrafında olan +q ve -q yüklerin ortaya çıkması sonucu oluşur [30].

Piezoelektrik malzemeler içinde kullanılan (PZT) kurşun-zirkonyum-titanyum seramiktir. Piezoelektrik etkiyi oluşturabilmek için en önemlisi simetrik merkezi olmayan kristaller ile oluşturulmaktadır. Kullanılan malzemeler:

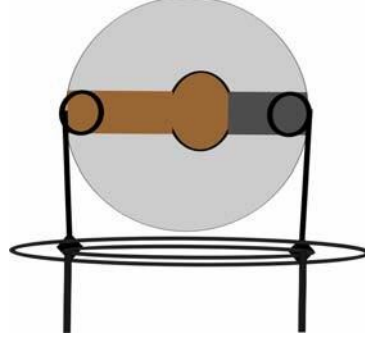
- Kuartz (SiO_2)
- Turmalin
- Baryum Titanat (BaTiO_3)

Günümüzde kuartz kristal en işlevsel olarak kullanılan doğal bir piezoelektrik kristaldir. Kuartz kristalin aşırı dayanıklı olması, endüstri alanında tercih edilmesini sağlamıştır [31].

5.3.2. Kuartz Kristal Mikro balans (KKM) Sistemi

Sensörler kısaca tanımlayacak olursak termal olması optiksel olması ya da elektriksel sinyallere dönüştürebilmesi bu cihazların tanımı olabilir. Bilinen bütün sensörler iki bileşenli bir sistem olarak kabul edilebilir. Sensör uygulamaları için kullanılan QCM ise çok ince bir quartz kristalinden meydana gelmektedir ve

piezoelektrik yapıdadır. Çok ince quartz kristalin üstünde bulunan elektrotlara basınç uygulanmaya çalışıldığında piezoelektrik etkiden dolayı mekaniksel güç elde edilir [32]. Şekil 5.3.1.'de tipik bir kuartz kristalin yapısı gösterilmiştir.



Şekil 5.3.1. Tipik bir kuartz kristalin yapısı

Kuartz kristal doğru bir elektronik devreye bağlandığında, kuartz Kristal madde uygulanan elektriksel değişim ile kaynağın frekansında titreşimler olmasına neden olmaktadır. Frekansta ki bu değişimler titreşim hareketi neden olarak tüm mekaniksel sistemlerde olduğu gibi bir kuartz kristalde de birden çok titreşim frekansına yada stabil dalga moduna sahip olabilir.

Kuartz Kristalin titreşim frekansının, Kristalin kesimiyle yakın ilgisi vardır. Araştırmalar sonucu Kuartz Kristalinin titreşim frekanslarının sıcaklıkla değişimi incelemek istediğimizde, Kuartz kristalin oda sıcaklığında en kararlı titreşime sahip olduğu bulunmuştur [33].

Kuartz Kristal Mikro balans (KKM) sistemi çok küçük kütle farklılaşmalarına hassas olması ince film ve kinetik gaz sensör uygulamalarında tercih edilme sebebidir. Çok küçük kütle değişimlerine duyarlı olması, çok katlı LB filminin verimliliğini ve yapıların ürün kalınlığını öğrenmemize imkan sağlamaktadır. KKM sistemi sayesinde, LB ince filmin zararlı organik buharlar ile etkileşmesi sonucunda kuartz kristal frekansında ki değişimlerin ölçülebilmesi mümkündür.

5.3.3. Kuartz Kristal Ölçüm Sistemi

QCM de metal olan elektrotlar, elektronik devrede uygun olacak biçimde sisteme bağlandığında çok ince kuartz piezoelektrik özelliğinden dolayı ölçülebilir frekans oluşturur [34]. Rezonans frekansı çok küçük kütle farklarına hassas olduğundan QCM üzerine yüzey kaplandıkça rezonans frekansında farklılıklar gözlenecektir.



5.3.4. LB İnce Film Üretim Tekniği

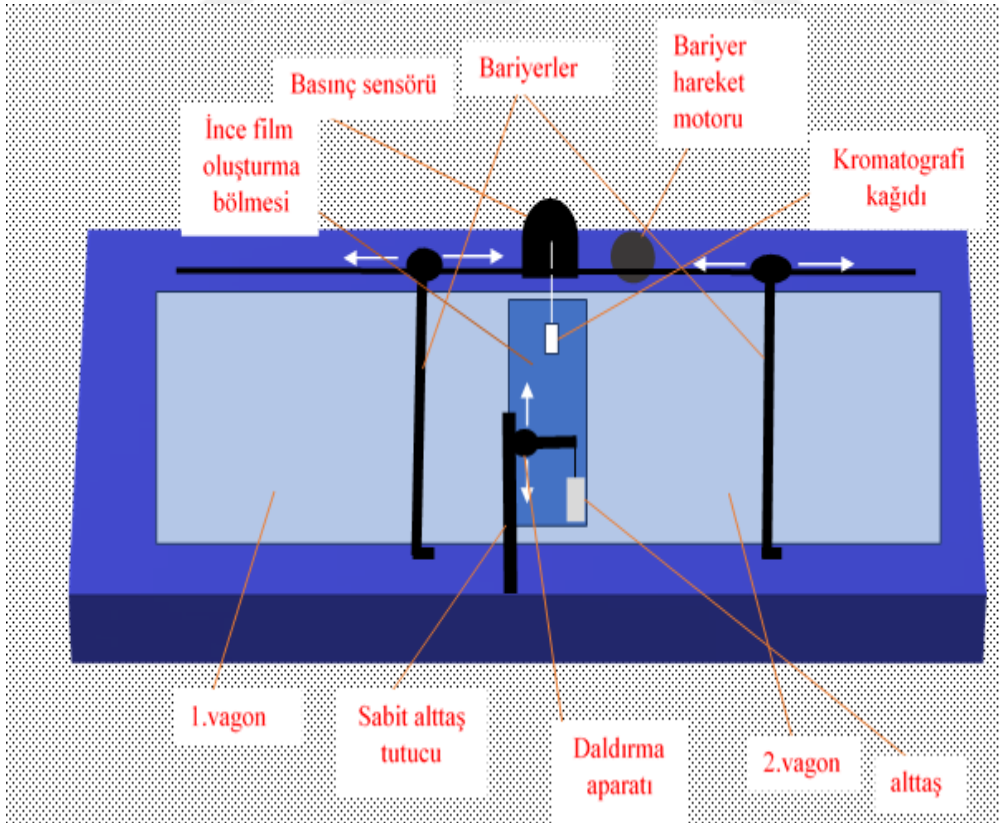
5.3.4.1. Giriş

Kullanışlı bir ince film üretmek için öncelikle uzun bir kimyasal formüle sahip $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COOH}$ e ihtiyaç vardır. Bu formülde son kısımda ki formül COOH polar kısmı amfifilik moleküllerin hidrofililik suyu seven kısmı kafa tarafını oluşturur. Formüldeki baş kısım ise $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n$ hidrokarbon kısım ise apolar özellikte hidrofobik suyu sevmeyen kısım oluşturur.

LB ince film için kullanılan en kullanışlı benzen ve türevleri, yağ asitleri aromatik bileşikler ince film üretimine en kullanışlı örneklerdir [33].

5.3.4.2. Langmuir-blodgett İnce Film Üretim Teknikleri

Günümüz teknolojisinde LB ince film için kaplamada kullanılan LB tekniklerinin kontrolünü bilgisayarlar tarafından yapılmaktadır. Tekne sisteminin kenar kısımlarında bulunan bariyerler Hava ile Sıvı arasındaki yüzey basıncı kontrol etmede fayda sağlarken bizde bunun sayesinde istediğimiz kalınlıkta ince film üretmemize olanak sağlamaktadır.



Şekil 5.3.2. Çift ve tek vagon olarak kullanılabilen LB teknesi

Bu sistemde kısaca tanımlamaya çalışırsam sabit olan bir bariyer ve sağ ve solda olmak üzere 2 adet tekne mevcuttur. 2 ayrı moleküllü serpiştirdiğimiz teknelerde birbirlerine karışmazlar. Sabit bariyerin üzerinde Şekil 5.3.2.'de görüleceği üzere sabit Alttaş tutucu vardır. Bu alttaş 360 derece dönebilir özelliğindedir. Bu alttaş istediğimiz yöne döndürebilmeyi ve hızını ayarlamamızı sağlamaktadır. İki ayrı tekneye ayrılmış vagonlarda bariyer hızlarını ve yüzey basıncı ile üretilecek yüzey basınçları birbirinden bağımsız olan iki ayrı molekül diziliminin ardışık olacak şekilde alttaş üzerine transferini sağlayabiliriz [35].

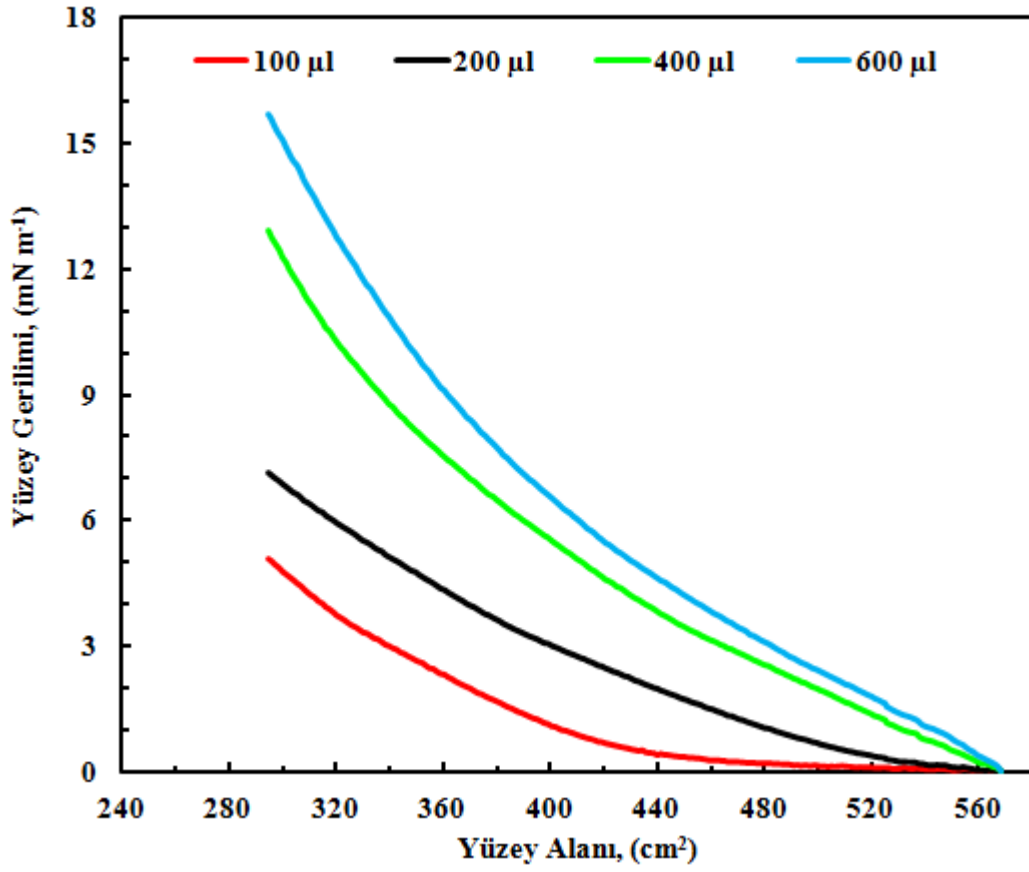


6. DENEYSEL SONUÇLAR

6.1. İzoterm (Yüzey basınç-alan) Grafikleri

İzoterm grafiklerinin elde edilmesi ve LB ince film üretim işlemleri için NIMA 622 çift vagonlu LB teknesi kullanılmıştır. Bu işlemler gerçekleştirilirken en çok dikkat edilmesi gereken konu hijyen ve temizlik işlemidir. Laboratuvar ortamında kirliliği azaltmak ve deneysel veriler için kullanılan zararlı organik sıvıların vereceği zararları önlemek amacıyla koruyucu ekipman olarak eldiven, korumalı önlük ve maske mutlaka kullanılmalıdır. NIMA 622 çift vagonlu teknenin ve parçalarının hijyen olduğuna emin olduktan sonra NIMA 622 çift vagonlu teknenizi saf su ile doldurup ve basınç ölçer sensörler yardımıyla saf suyun yüzey kısmının temiz olup olmadığı mutlaka kontrol edilir. Bu işlem yapılarak yüzeydeki basıncın değeri sıfır oluncaya kadar sürekli devam edilir. Daha sonra NIMA 622 çift vagonlu teknede hareket özelliği olan bariyerler açılarak yüzeyin gerilim değeri sıfırlanıp, laboratuvar ortamında daha önce hazırlanmış olan çözeltinin serpilmesi ile sistem hazır hale getirilir.

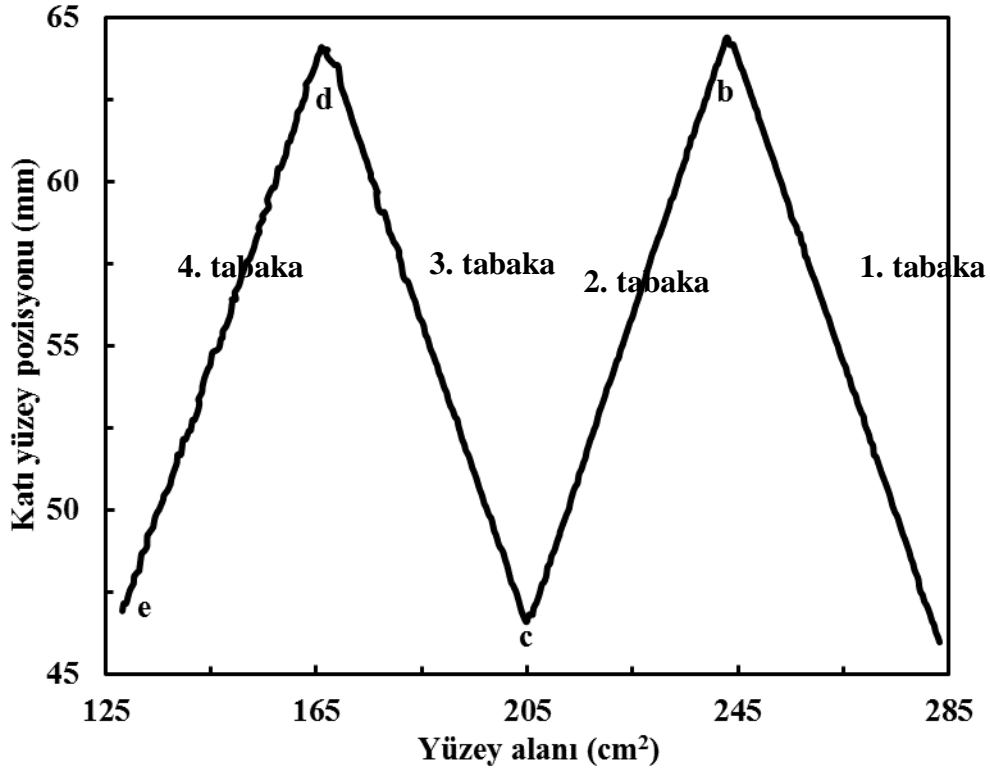
Laboratuvar ortamında hazırlanan çözelti kloroform yardımı ile temizlenen mikro şırınga içerisine alındıktan sonra Laboratuvar ortamında hazırlanan çözelti su yüzeyinde damlatılmayan yer kalmayacak şekilde bütün bölgelerine damlatılarak, çözücü maddelerin çözüldükten ayrılması yani uçması için on ya da on beş dakika zaman aralığında beklenir. Yapılan bu işlemlerin ardından hazırlanan sistemin içindeki örneğin bilgisayar yardımıyla izoterm grafiği elde edilir. Şekil 6.1.1.'de kaliksaren maddesine ait farklı çözelti miktarlarında (100, 200, 400 ve 600 μ l) izoterm grafikleri verilmiştir. Elde edilen grafiklerden kaliksaren maddesine ait LB ince film üretimi için en uygun yüzey gerilim değerinin 14 mN m^{-1} olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.1.1. Kaliksaren maddesine ait yüzey gerilimi-alan izoterm grafiği.

6.2. Kuartz Cam Yüzeye Transfer Grafikleri

Kaliksaren maddesinin kuartz cam yüzey üzerine kaplanan 4 tabaka LB ince film transfer grafiği Şekil 6.2.1.'de gösterilmektedir.



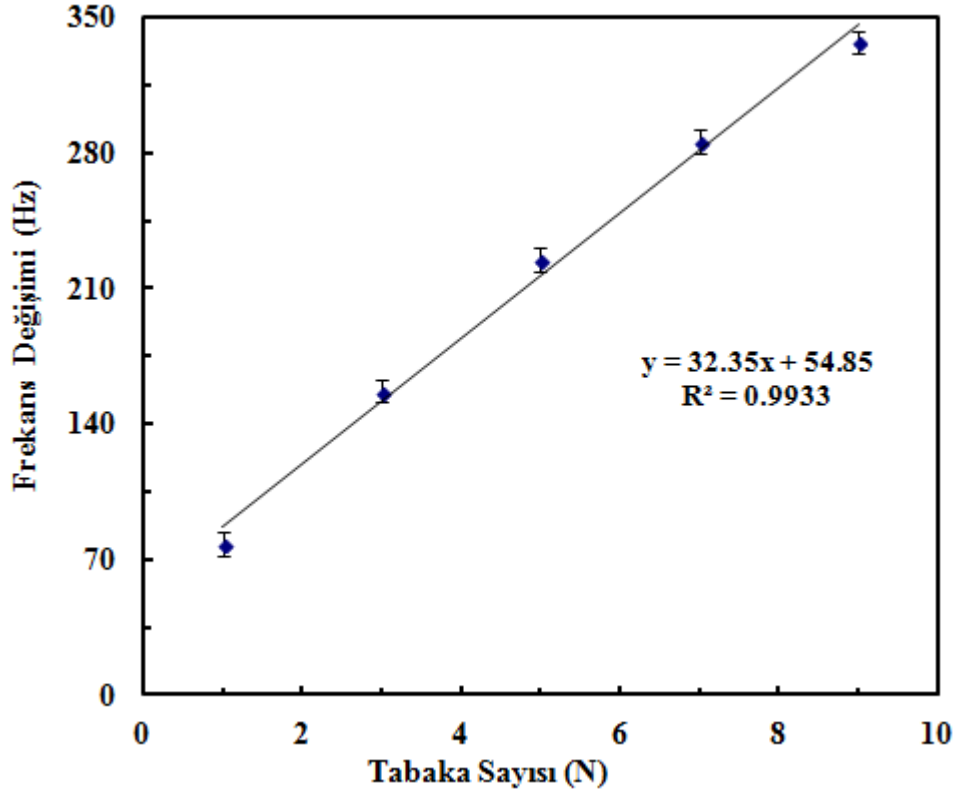
Şekil 6.2.1. Kaliksaren maddesine ait cam yüzeye transfer grafiği.

Şekil 6.2.1.'de deki kuartz cam yüzey üzerine transfer grafiği, büyük alan değerinden küçük alan değerine göre takip edilmiştir. Birinci ince tabaka transfer işlemi, a pozisyonundan başlamış, b pozisyonunda tamamlanmıştır. a pozisyonu ile b pozisyonu arasındaki yüzeyin alanının azalması, ince tabakanın, sert yüzeye transfer edildiğini lineer değişim ise, düzenli bir şekilde transfer olduğunu gösterir. a-b arasındaki aynı işlem b-c, c-d ve d-e aralıklarında tekrarlanarak çok katmanlı LB ince film üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu grafikte gözlenen dört tabakanın cam yüzeye transferindeki maddenin yüzey alanında ki etkileşim sonunda azalma miktarları yaklaşık aynıdır. Bu durumdan anlamamız gereken ise her tabakada yaklaşık eşit miktarda molekülün cam yüzeyine transfer olduğunu göstermektedir. 4 tabaka sayısına bağlı transfer oranı eşitliği ile hesaplanmış ve kaliksaren LB ince filmine ait her bir tabaka için yaklaşık 0.90 ile 1.00 Aralığında olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç ile kaplanan 4 tabakanın homojenliğinin yüksek olduğu sonucuna varılır.

6.3. Kuartz Kristal Yüzeye Transfer İşlemi

Kaliksaren maddesi ile kuartz kristal yüzey üzerine sırasıyla 14 mN m^{-1} sabit basınç değerinde kaplanan 10 tabaka LB ince filmin tabaka sayısına bağlı frekans değişimi incelenmiştir.

Tabaka sayısı arttıkça frekansta meydana gelen değişimler lineer bir davranış gösterdiği Şekil 6.3.1.'de gözlenmiştir. Bu grafik kuartz kristal üzerine eşit olacak miktarda kütle transfer edildiğini ve düzenli bir yapı oluşturduğunu göstermektedir. Bu grafiğin eğiminden yararlanarak kaliksaren maddesine ait kütle her tabaka için $2028,80 \text{ ng}$ ($7,65 \text{ ng mm}^{-2}$) olarak hesaplanmıştır.

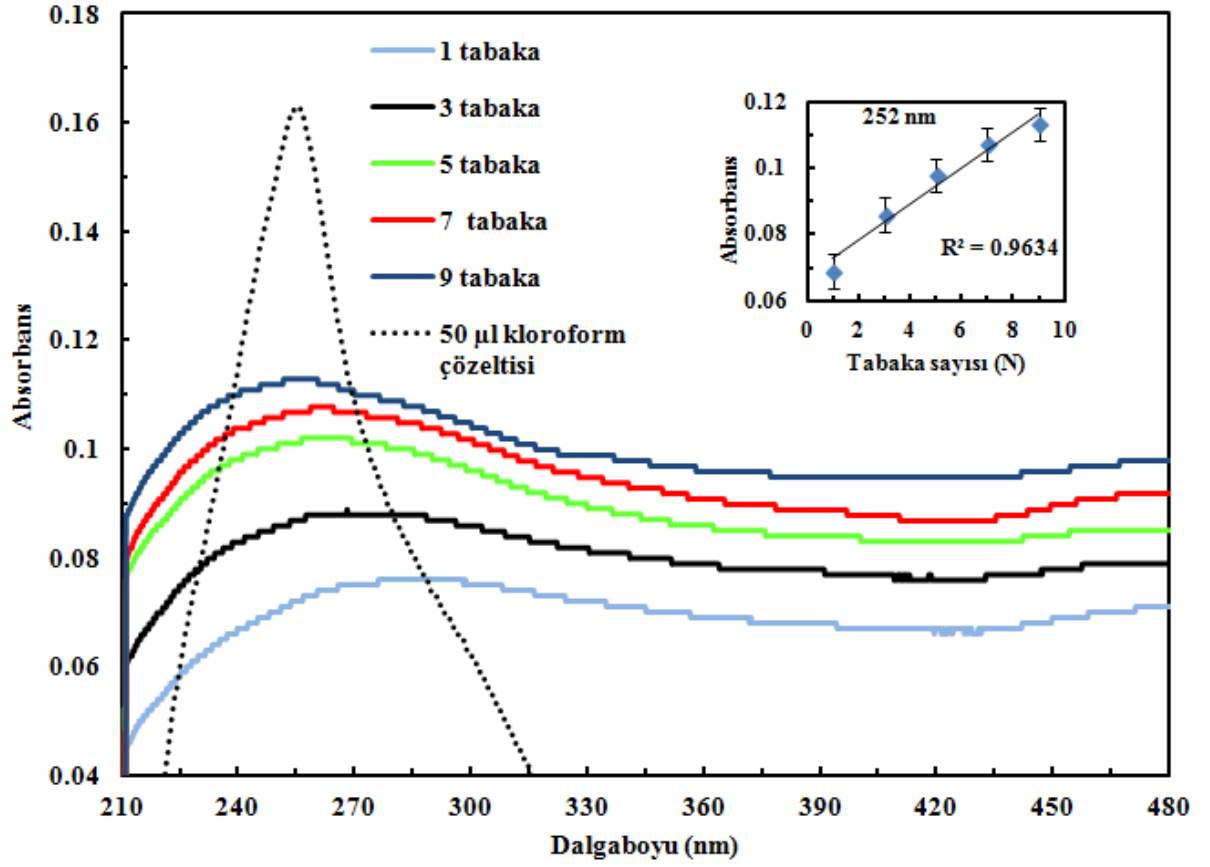


Şekil 6.3.1. Kuartz kristal üzerine üretilen kaliksaren LB filmine ait tabaka sayısına bağlı rezonans frekansı değişimi

6.4. UV-Görünür Spektroskopisi Sonuçları

Kuartz cam yüzey üzerine kaliksaren maddesi ile kaplanan LB ince filmlerin karakterizasyonu ile ilgili bilgi sahibi olabilmek için, bir diğer kullanılan teknikte UV-görünür spektroskopisidir. Kloroform ile hazırlanan kaliksaren çözeltisinin 50 µl miktarda UV-görünür spektroskopisi elde edilmiş ve Şekil 6.4.1.' de verilmiştir.

Kaliksaren çözeltisinin UV-görünür spektrumu 256 nm değerinde soğurma piki göstermiştir. Kuartz cam yüzey üzerine hazırlanan tabaka kalınlıklarına göre LB ince filmlerine ait UV-görünür spektrumları deneysel verileri sisteme kayıt edilmiştir. Şekil 6.4.1.' de bu ince filmlere ait UV-görünür spektrumları verilmiş ve bu spektrumlar çözelti ile karşılaştırıldığında UV-görünür spektrumlarında aynı dalga boylarında pik yapması gözlenmesi beklenir. Fakat filmlerdeki madde miktarlarının çözeltiye göre az olmasından dolayı aynı dalga boylarında pik yapma şiddeti daha düşük olmuştur. Ayrıca 10, 8, 6, 4 ve 2 tabakalarına göre 252 nm'de tabaka sayısının soğurma şiddetine bağlılığı incelenmiştir ve Şekil 6.4.1.' de sunulmuştur. Grafikten kaliksaren LB ince filmlerinin, üretim sırasında her bir tabakanın düzenli ve birbirleriyle eşit diyebileceğimiz şekilde kaplandığı şeklinde yorumlanır. Aynı zamanda, grafikten gözlenen lineer ilişki bu ifadeyi desteklemektedir.

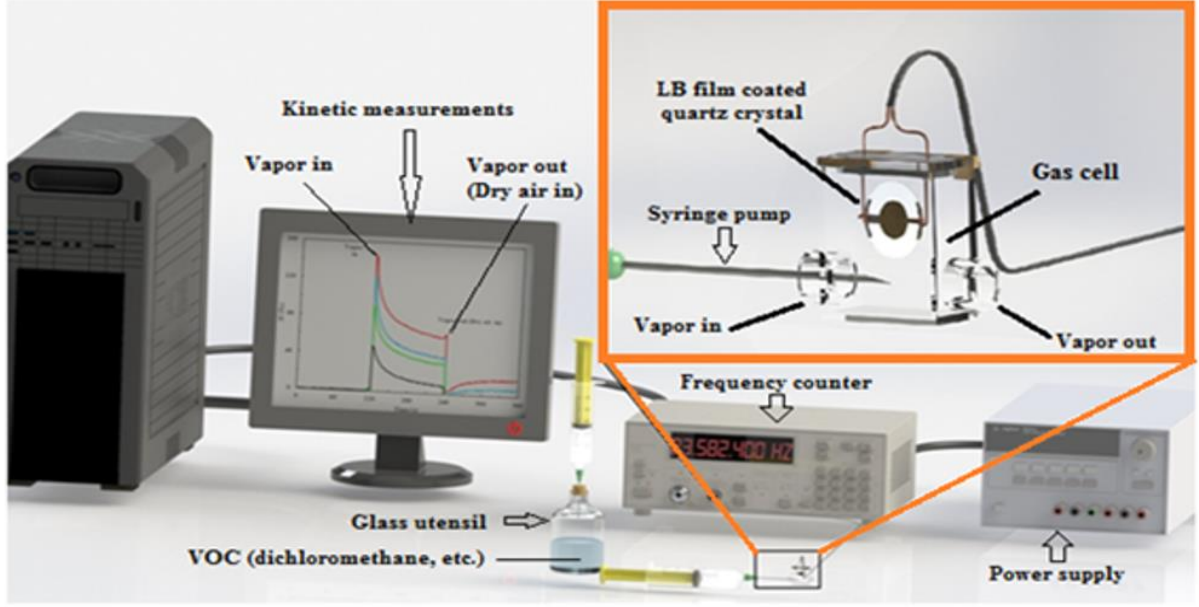


Şekil 6.4.1. Kaliksaren çözeltisi ve kaliksaren LB ince filmlerine ait UV-görünür spektrumları. Tabaka sayısının absorbansa göre değişimi.

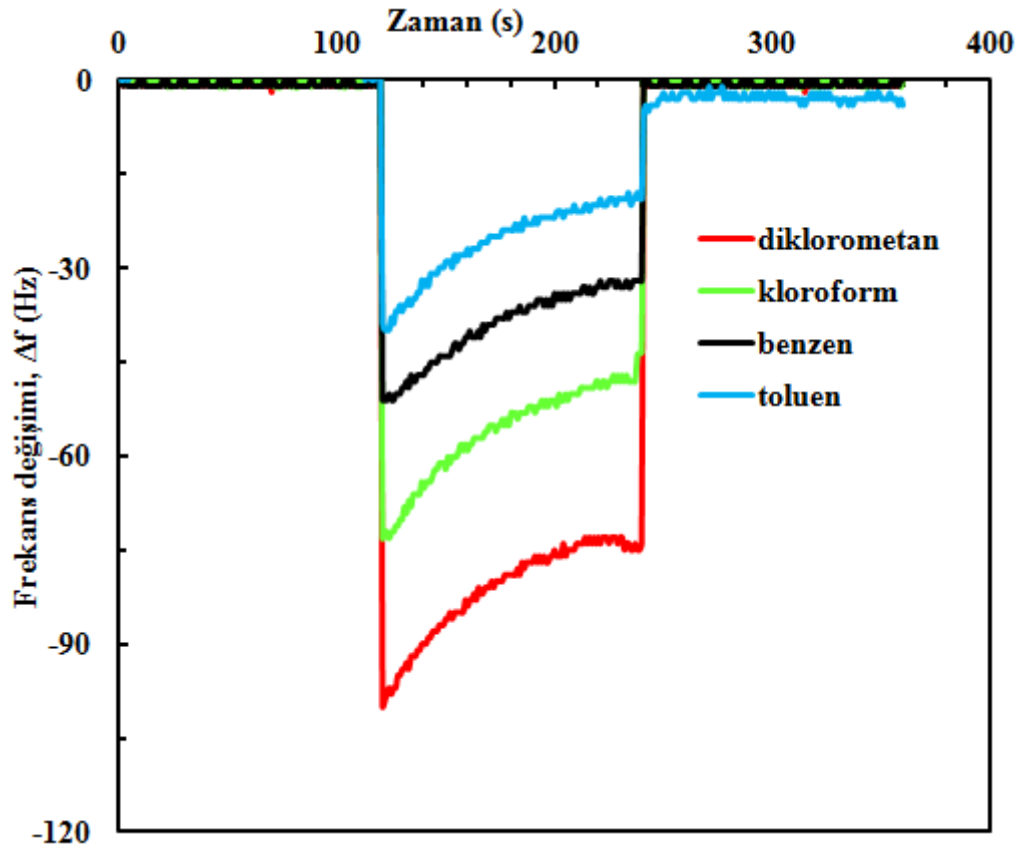
6.5. Kaliksaren LB İnce Filmlerin Organik Buhar Etkileşimleri

Bu bölümde kuartz kristal üzerine 10'ar tabaka kaplanmış kaliksaren maddesinin deneysel ortamda zararlı olarak ifade edilen organik buhar ile etkileşimleri incelenmiştir. Laboratuvar ortamında üretilmeye çalışılan bu filmlerin, dört farklı zararlı organik buharlar (diklorometan, kloroform, benzen ve toluen) için LB ince film sensör denemelerinde kullanılmıştır. Şekil 6.5.1.' de QCM sisteminin şematik diyagramı verilmiştir.

Kaliksaren LB ince filmin dört farklı organik buhar ile etkileşimi Şekil 6.5.2.' de verilmiştir. 0 saniye ile 120 saniye arasında laboratuvar ortamında yapılan deneysel ortamda hava bulunmaktadır. 120. saniyeye geldiğimizde deneysel ortama zararlı olarak ifade edebileceğimiz organik buhar gönderildiğinde kristalin rezonans frekansındaki değişimler Şekil 6.5.2 deki grafikten görülmektedir. Ortama zararlı organik buhar molekülleri girdiğinde kristalin rezonans değer frekansı hızla azalmakta ve gitgide minimum bir değere ulaşmaktadır. Laboratuvar ortamında yapılan bu deneyde dikkat edebileceğimiz bir noktada zararlı organik buhar ortama verilir verilmez kristalin rezonanstaki değişim frekansın hızlı bir şekilde farklı değerler almasına neden olmaktadır, bu durum ince filmin zararlı organik buhara karşı çok hızlı tepki verdiği söylenebilir. Frekans belli bir değişim değerleri gösterdikten sonra yaklaşık olarak mutlak bir değer almaktadır. Laboratuvar ortamında yapılan deneysel verilerde ki bu zaman aralığında frekansın sabit değerde kalması ince filmin zararlı organik buhar ile etkileştiğini ifade eder. Organik buhar ortamda 120 saniye kalmış, 4. Dakikada (240. saniyede) ortama temiz hava verilmiş ve kristalin rezonans frekansındaki değişimlerin eski değerlerine gerilediği gözlenmiştir. Gözlenen bu durum ise, deneysel ortamda kullanılan ince film sensörünün geri dönüşümlü olduğunu göstermektedir. Laboratuvar ortamında yapılan deneysel verilerde frekansın almış olduğu değer temiz hava verildikten sonra eski değerine tekrar dönmeseydi, kaliksaren maddesi ile kaplanan ince film sensörünün geri dönüşümlü olmadığı ifade edebilirdi. Kısaca, bu maddeden yapılabilecek gaz sensörünün tek kullanımlık olduğu anlamına gelirdi.



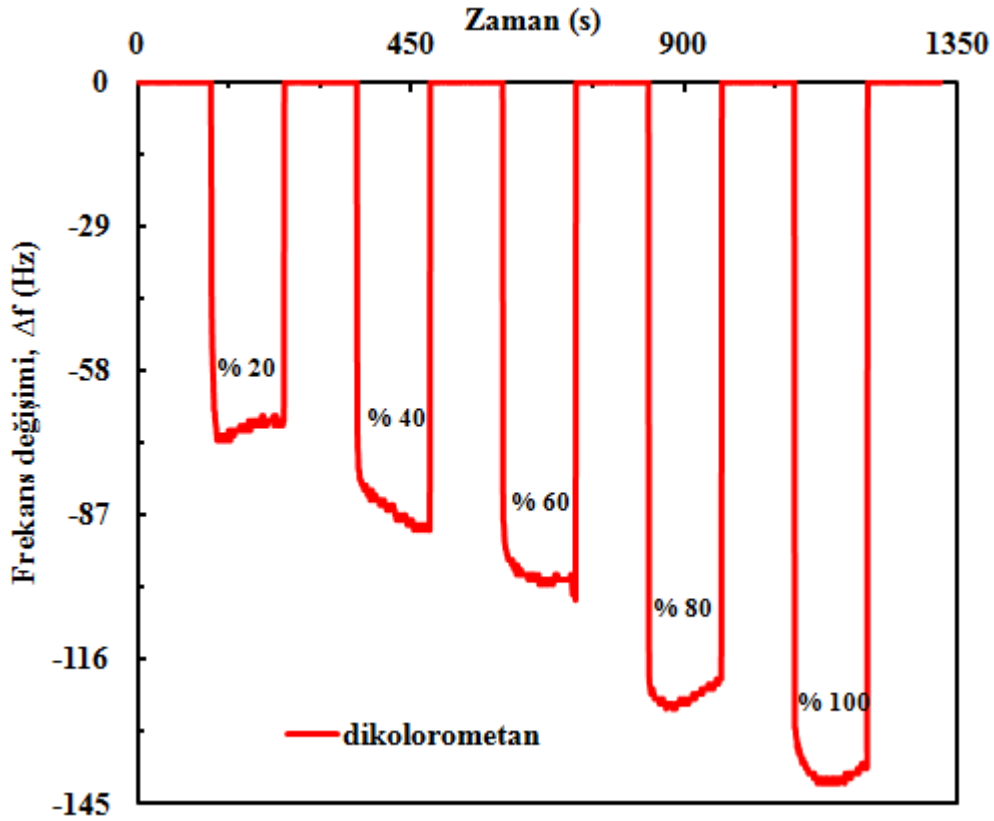
Şekil 6.5.1. QCM sisteminin şematik diyagramı.



Şekil 6.5.2. Kaliksaren LB filmin organik buhar ile etkileşimi.

Ayrıca, kaliksaren LB ince filminin, farklı konsantrasyonlardaki diklorometan buharı ile etkileşimi Şekil 6.5.3.'te gösterilmiştir. İlk 2 dakika ortamda hava bulunmaktadır. 120. saniyede ortama % 20 konsantrasyon oranında organik buhar gönderildiğinde, kristalin rezonans frekans değişimi hızla artmaktadır. Frekanstaki bu hızlı değişim, ince filmin zararlı organik buhara karşı çok hızlı tepki verdiği olarak ifade edilebilir. Organik buhar 2 dakika ortamda kalmış ve bu süreç boyunca frekans belli bir değişim gösterdikten sonra sabit bir değere yaklaşmıştır. 240. saniyede ortama hava verildikten sonra ince filmin frekansının ilk değerine döndüğü gözlenmiştir. Elde edilen bu sonuç, ince film sensörünün geri dönüşümlü olduğunu göstermektedir. 360. saniyede ortama organik buhar % 40 oranında gönderilmiş ve frekans değişiminin % 20 konsantrasyona göre daha fazla arttığı gözlenmiştir. Benzer deney % 60, % 80 ve % 100 değerleri için de denenmiştir.

Sonuç olarak; kaliksaren LB ince film sensörünün, diklorometan buharına karşı tepkisi, konsantrasyon oranı arttıkça frekans değişiminin arttığı gözlenmiştir.



Şekil 6.5.3. Kaliksaren LB ince filmin farklı konsantrasyonlardaki diklorometan organik buharı için kinetik çalışma.

7. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu proje kapsamında, 25,27-(Dipropylmorpholinoacetamido)-26,28-dihydroxycalix arene organik maddesi LB ince film kaplamada kullanılmak üzere seçilmiştir. Deneysel verilerin ilk aşamasında bu organik madde kloroform etkileşimi sonucu bilinen konsantrasyon oranlarında çözeltiler hazırlanmıştır. Kaliksaren maddesinden hazırlanan çözeltiler bir mikro şırınga yardımı ile su yüzeyini kaplayacak şekilde serpildi ve moleküllerin su yüzeyindeki davranışlarının incelendiği izoterm grafikleri elde edildi. İzoterm grafiklerinden yararlanarak kaliksaren LB ince film üretimi için en uygun yüzey basınç değeri 14 mN m^{-1} olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada kaliksaren maddesi kullanılarak çok katmanlı LB ince filmler kuartz cam ve kuartz kristal yüzeyleri üzerinde üretilmeye çalışılmıştır. Kuartz cam yüzey üretilen LB ince filmlerin karakterizasyonu için UV-görünür spektroskopisi ve kuartz kristal yüzey üzerinde üretilen ince filmlerin karakterizasyonu için ise KKM sistemi kullanılmıştır. Tabaka sayısı arttıkça frekansta meydana gelen değişimler lineer bir davranış gösterdiği Şekil 6.5.3.'te verilmişti. Bu grafik kuartz kristal üzerine eşit miktarda kütle transfer edildiğini ve düzenli bir yapı oluşturduğunu göstermektedir. Bu grafiğin eğiminden yararlanarak kaliksaren maddesine ait kütle her tabaka için $2028,80 \text{ ng}$ olarak hesaplanmıştır.

Kuartz kristal üzerine 10 tabaka kaplanmış kaliksaren maddesinin farklı zararlı organik buhar ile etkileşimleri KKM sistemi ile incelenmiştir. Üretilmesi hedeflenen bu filmleri farklı organik buhar (toluene, diklorometan, kloroform, benzen ve diklorometan) ile LB gaz sensör deneysel veri alma denemelerinde kullanılmıştır. Organik buhar işlemi etkileşimlerinde kuartz kristalin bulunduğu ortama zararlı gazın ve havanın iki dakikalık aralıklarla verilmesi ile zamana bağlı frekans değişikliklerinin incelenmesiyle gerçekleştirilmiştir.

Kaliksaren maddesinden üretilen LB ince filmin kaplamasında tüm zararlı organik buharlara karşı verdiği tepki birbirleri ile karşılaştırıldığında üretilen LB ince filmleri en fazla diklorometan buharına tepki verdiği deneysel verilere dayanılarak söylenebilir. Kaliksaren

maddesinin diklorometan buharına diğer zararlı organik buharlardan daha hassas ve duyarlı olduğu ve kalikaren türevinin diklorometan buharının tespitinde kullanılabileceği söylenebilir. Sonuç olarak, kaliksaren ince film üretimi, zararlı organik buharlara karşı olan tepkileri ve etkileşme mekanizması aydınlatılarak, bu maddenin literatüre kazandırılması sağlanmıştır. Bu maddenin sensör maddesi olarak potansiyel uygulama alanına sahip olacağı bu çalışma ile ortaya çıkmıştır.

Bu çalışma SCI kapsamında yayınlanmış olup literatüre kazandırılmıştır [36].



8. KAYNAKLAR

- [1] Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., Dış Ortam Hava Kirlenmesi, T.C. Sağlık Bakanlığı, (2001).
- [2] yayin@die.gov.tr., Haber Bülteni, Hava Kirliliği, Devlet İstatistik Enstitüsü, 99, (27.06.2005).
- [3] Hava Kirliliğine Genel Bakış, Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, (2001).
- [4] Yeşilyurt, C., Akcan, N., Hava Kalitesi İzleme Metodolojileri ve Örneklem Kriterleri, T.C. Sağlık Bakanlığı, Ankara, (2001).
- [5] Karlık B., Tehlikeli ve Zararlı Kokuları Gerçek-Zamanlı Tanıma ve Koku Bilgisinin İletimi, Havacılık İleri Teknolojiler ve Uygulamaları Sempozyumu, Hava Harp Okulu, İstanbul, (2004).
- [6] Çirkinoğlu A., Çevre kirliliği ve çevre kirliliğinde kullanılan gaz dedektörleri, Bitirme Çalışması, Fizik Eğitimi Bölümü, Balıkesir Üniversitesi, (2001).
- [7] Saxena, V., Choudhury, S., Gadkari, S.C., Gupta, S.k., and Yakhmi, J.V., "Room temperature operated ammonia gas sensor using polycarbazole Langmuir-Blodgett film", *Sensors and Actuators*, B 107, (2005), 277-282.
- [8] Huo, L.H., Cheng, X.L., Zhao, H., Gao, S., Xu, Y., Zhao, J.G., "Preparation, characterization and gas sensitivity of copper phthalocyanine derivatives LB films", *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 257–258, (2005), 137– 141.
- [9] Xiea, D., Jiang, Y., "The properties of praseodymium bis[octakis(octylxy)-phthalocyaninato] complex Langmuir–Blodgett films for NO₂ sensor", *Sensors and Actuators*, B 93, (2003), 379-383.

- [10] Çapan, R., Evyapan, M. Namlı, H., Turhan, O. and Stanciu, G. A., "Characterization of a Novel-1,3-Bis (p-iminobenzoic acid) indan̄-Langmuir- Blodgett Film for Organic Vapor Sensing", *J. Nanosci. Nanotech.*, 5, 7, (2005), 1108-1112.
- [11] Çapan, R., Açıkbăș, Y., Evyapan, M."A study Langmuir-Blodgett thin film for organik vapor", *Materials Letters detection*, accepted 9 April (2006).
- [12] Abidi, R., Oueslati, I, Amri, H., Thuery, P., Nierlich, M., Asfari, Z., Vicens, J., 2001"Synthesis, Structure and Complexing Properties of New Calix [4] (aza)crowns", *Tetrahedron Lett.*, 42, 1685 -1689.
- [13] <http://www.pergeysc.com/perge.htm>, (04.01.2006).
- [14] <http://www.kimyaokulu.com/molekulmoddeli/hidrokarbon.htm>, (03.12.2005).
- [15] Saxena, V., Choudhury, S., Gadkari, S.C., Gupta, S.k., and Yakhmi, J.V., "Room temperature operated ammonia gas sensor using polycarbazole Langmuir- Blodgett film", *Sensors and Actuators*, B 107, (2005), 277-282.
- [16] Petty M.C., *Monolayer Materials, Langmuir-Blodgett films*, Cambridge University Press, Cambridge, (1996).
- [17] <http://www.cem.msu.edu/reusch/spectrpy/uv.spec.htm.u2>, (11.02.2006).
- [18] Apaydın, F., *Magnetik Rezonans*, Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Ankara, Ders Kitapları No: 3, (1996).
- [19] Feng, Y., Li, D., Wang, Y., Evans, D-G, Duan, X., " Synthesis and characterization of a UV absorbent-intercalated Zn-Al layered double hydroxide", *Polymer Degradation and Stability* 91, (2006), 789-794.

- [20] Hahn, M-S., Taite, L-J., Moon, J.J., Rowland, M.C., Ruffino, K.A., West, J.L., "Photolithographic patterning of polyethylene glycol hydrogels", *Biomaterials* 27, (2006), 2519–2524.
- [21] Heriot, S.Y., Zhang H-L., Evans, S.D., "Multilayers of 4-methylbenzenethiol functionalized gold nanoparticles fabricated by Langmuir-Blodgett and Langmuir-Schaefer deposition", *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, accepted 4 December 2005.
- [22] Matsuzawa, Y., Noguchi, S., Sakai, H., Abe, M., Matsumoto, M., "Hybrid Langmuir and Langmuir-Blodgett films composed of amphiphilic cyclodextrins and hydrophobic azobenzene derivative", *Thin Solid Films*, accepted 12 December 2005.
- [23] Heriot, S.Y., Zhang H-L., Evans, S.D., "Multilayers of 4-methylbenzenethiol functionalized gold nanoparticles fabricated by Langmuir-Blodgett and Langmuir-Schaefer deposition", *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, accepted 4 December 2005.
- [24] Matsuzawa, Y., Noguchi, S., Sakai, H., Abe, M., Matsumoto, M., "Hybrid Langmuir and Langmuir-Blodgett films composed of amphiphilic cyclodextrins and hydrophobic azobenzene derivative", *Thin Solid Films*, accepted 12 December 2005.
- [25] <http://yunus.hacettepe.edu.tr/dogan/ders.html>, (27.10.2005).
- [26] <http://stm2.nrl.navy.mil.html>, (21.10.2005).
- [27] Binnig, G.; Quate, C. F.; Gerber, C. (1986). "Atomic-Force Microscope". *Physical Review Letters*. 56: 930–933, doi:10.1103/physrevlett.56.930
- [28] Giessibl, Franz J. (2003). "Advances in atomic-force microscopy". *Reviews of Modern Physics*. 75 (3): 949–983. doi:10.1103/RevModPhys.75.949

- [29] Alexander Riss, Alejandro Pérez Paz, Sebastian Wickenburg, Hsin-Zon Tsai, Dimas G. De Oteyza, Aaron J. Bradley, Miguel M. Ugeda, Patrick Gorman, Han Sae Jung, Michael F. Crommie, Angel Rubio, Felix R. Fischer. Imaging single-molecule reaction intermediates stabilized by surface dissipation and entropy. *Nature Chemistry*, 2016; DOI: 10.1038/nchem.2506
- [30] Rubinger, C.P.L., Moreira, R.L., Neves, B.R.A., Cury, L.A., Ferreira, C.A., Meneguzzi, A., "AFM studies of poly (5-amino-1-naphthol) ultrathin films obtained by associating Langmuir-Schaefer and Langmuir-Blodgett methods", *Synthetic Metals*, 145, (2004), 147–151.
- [31] Zdravkova A.N., van der Eerden, J.P.J.M., Snel, M.M.E., "Phase behaviour in supported mixed monolayers of alkanols, investigated by AFM", *Journal of Crystal Growth*, 275, (2005), 1029–1033.
- [32] Taşaltın, C., "Quartz kristal mikrobalaans (QCM) ve İnterdigital transduser(IDT)'lerde ara yüzey film preparasyon parametrelerinin gaz algılama özelliklerine etkisinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Fizik Bölümü, Marmara Üniversitesi, (2000).
- [33] Evyapan, M., "Organik gaz sensör maddelerinin Langmuir-Blodgett ince film tekniği ile incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Fizik Bölümü, Balıkesir Üniversitesi, (2005).
- [34] Altındal A., "Organik Yarıiletken Filmlerin Karakterizasyonu ve Gaz Sensörü olarak Kullanılması", Doktora Tezi, Fizik Bölümü, Marmara Üniversitesi, (1999).
- [35]. Uzunoğlu, T., "II-VI Yarı İletken Nano Parçacık İçeren Organik Langmuir-Bodgett İnce Fimlerin Özelliklerinin İncelenmesi", Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Müh. Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi,2008. .
- [36]. Fabrication and Characterization of Calix[4]arene Langmuir-Blodgett Thin Film for Gas Sensing Applications
Y. Acikbas, S. Bozkurt, E. Halay, R. Capan, M.L. Guloglu, A. Sirit, M. Erdogan
Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry 89 (1-2), 77-84, 2017.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GÜLOĞLU, Mehmet Levent
Uyruğu : T.C
Doğum yeri ve tarihi : Adana, 17.03.1984
Medeni hali : Evli
Telefon : 0553 030 00 74
E-mail : levbir1721@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Uşak Üniversitesi /Malzeme bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği	2019
Lisans	Balıkesir Üniversitesi/ Fizik Bölümü	2007
Lise	Anadolu Lisesi	2002

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2005-2006	Balıkesir Zafer Dershaneğinde	Fizik öğretmenliği
2007-	Migros Ticaret A.Ş	Mağaza Müdürü

Yabancı Dil

İngilizce, Almanca

SCI Yayınlar

Fabrication and Characterization of Calix[4]arene Langmuir-Blodgett Thin Film for Gas Sensing Applications

Y. Acıkbaz, S. Bozkurt, E. Halay, R. Capan, M.L. Guloglu, A. Sirit, M. Erdogan
Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry 89 (1-2), 77-84, 2017.

Hobiler

Futbol, Basketbol, Kitap okuma, Dağ Yürüyüşü, Yüzmek