

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

**MALZEME BİLİMİ VE NANOTEKNOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**SPİN KAPLAMA TEKNİĞİ İLE ÜRETİLEN İNCE FİMLERİN ORGANİK  
BUHAR DUYARLILIĞI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**CEMİL AKKOYUNLU**

**HAZİRAN 2019  
UŞAK**

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

**MALZEME BİLİMİ VE NANOTEKNOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**SPİN KAPLAMA TEKNİĞİ İLE ÜRETİLEN İNCE FİMLERİN ORGANİK  
BUHAR DUYARLILIĞI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**CEMİL AKKOYUNLU**

**UŞAK 2019**

CEMİL AKKOYUNLU tarafından hazırlanan **Spin Kaplama Tekniği ile Üretilen İnce Filmlerin Organik Buhar Duyarlılığı** adlı bu tezin Yüksek Lisans / Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

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

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

Prof. Dr. Matem ERDOĞAN .....  
Fizik Anabilim Dalı, Balıkesir Üniversitesi

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

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

25/06/2019

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.

**Cemil AKKOYUNLU**



**SPİN KAPLAMA TEKNİĞİ İLE ÜRETİLEN İNCE FİMLERİN ORGANİK  
BUHAR DUYARLILIĞI**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Cemil AKKOYUNLU**

**UŞAK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Haziran 2019**

**ÖZET**

Spin kaplama teknolojisi kullanılarak ince film kaplama tekniğinin esaslarının ele alındığı bu çalışmada, 2 - ((R) -2-hydroxy-3- (((((1R, 2S) -2-hydroxy-2,3-dihydro-1H-inden-1-yl) amino) propyl) isoindoline- 1,3-dion (SB-68) organik maddesi ince film maddesi olarak seçilmiştir. SB-68 maddesi kuartz kristal yüzey üzerine başarılı bir şekilde kaplanmıştır. Daha sonra, SB-68 ince film sensörü sekiz farklı zararlı organik buhara maruz bırakılmıştır. Deneysel çalışmalarda aseton, kloroform, benzen, tolüen, etilalkol, metanol, ksilen ve diklorometan organik buharları kullanılmıştır. SB-68 ince film sensörünün bu zararlı organik buharlara karşı hassasiyeti Kuartz Kristal Mikrobals (KKM) sistemi kullanılarak araştırılmış ve elde edilen veriler yorumlanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Spin kaplama, ince film, gaz sensörü, kuartz kristal mikrobals (KKM).

**Sayfa Adedi:** 66

**Tez Yöneticisi:** Doç. Dr. Yaser AÇIKBAŞ

**ORGANIC VAPOR SENSITIVITY OF THIN FILMS PRODUCED BY SPIN  
COATING TECHNIQUE**

**(M.Sc.Thesis)**

**Cemil AKKOYUNLU**

**UNIVERSITY OF USAK**

**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**June 2019**

**ABSTRACT**

In this study, where we discussed the principles of thin film coating technique using spin coating technology, 2 - ((R) -2-hydroxy-3- (((((1R, 2S) -2-hydroxy-2,3-dihydro-1H-inden-1-yl) amino) propyl) isoindoline- 1,3-dion (SB-68) organic materials was selected as sensor materials. SB-68 materials were deposited onto quartz crystal successfully. Then, the SB-68 thin film sensor was exposed to eight different harmful organic vapors. The organic vapors used in the experimental studies are acetone, chloroform, benzene, toluene, ethyl alcohol, methanol, xylene and dichloromethane. The sensitivity of SB-68 thin film sensor against to these harmful gases was investigated using Quartz Crystal Microbalance (QCM) technique and the obtained data were interpreted.

**Keywords:** Spin coating, thin film, gas sensor, quartz crystal microbalance (QCM).

**Page Number:** 66

**Supervisor:** Assoc. Prof. Dr. Yaser AÇIKBAŞ

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım süresince, bilgi ve deneyimleriyle beni yönlendiren, değerli zamanlarımı esirgemeyen, maddi ve manevi destekleriyle motive eden Danışman Hocam Sayın Doç. Dr. Yaser AÇIKBAŞ'a, deney araç ve malzemelerinin temin edilmesinde yardımcı olan Balıkesir Üniversitesi ve öğretim üyelerinden Sayın Prof. Dr. Matem ERDOĞAN'a, Sayın Prof. Dr. Rıfat ÇAPAN'a ve sentez maddenin temin edilmesinde yardımcı olan Sayın Doç. Dr. Selahattin BOZKURT'a yardımları için her birine TEŞEKKÜRLERİMİ ve SAYGILARIMI sunarım.

Yaşamımın her anında maddi ve manevi yardımlarıyla beni destekleyen benim bugünlere gelmemde emeği olan sevgili AİLEM'e de çok TEŞEKKÜR ederim.

Cemil AKKOYUNLU  
Haziran, 2019

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KİRLETİCİ EMİSYONLARIN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ.....	4
2.1. Uçucu Organik Bileşikler.....	5
2.1.1. Azot Oksitleri (NO <sub>x</sub> ).....	6
2.1.2. Karbonmonoksit (CO).....	7
2.1.3. Karbondioksit (CO <sub>2</sub> ).....	8
2.1.4. Kloroform (Triklor Metan).....	9
2.1.5. Benzen.....	9
2.1.6. Toluen.....	10
3. GAZ SENSÖRLERİ.....	12
4. SPİN KAPLAMA YÖNTEMİ İLE İNCE FİLM.....	14
4.1. Spin Kaplama Yönteminin Avantajları.....	19
4.2. Spin Kaplama Yönteminin Dezavantajları.....	20
4.3. Spin Kaplama Yönteminin Uygulama Alanları.....	21
5. İNCE FİLM KARAKTERİZASYONUNDA KULLANILAN TEKNİKLER.....	22
5.1. Mor Ötesi “Görünür Bölge” Spektroskopisi.....	22
5.2. Kuartz Kristal Mikrobalsans (KKM).....	24
6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	26
6.1 Denejde Kullanılan Maddenin Özellikleri.....	26
6.2 Denejde Kullanılan Çözeltinin Hazırlanması.....	27
6.3 Denejde Kullanılan Katı Yüzeylerin Temizlenmesi.....	28
6.4 Denejde Kullanılacak İnce Filmlerin Üretimi.....	28



6.5 SB-68 Maddeleri ile İnce Filmlerin Kaplanması.....	29
6.6 SB-68 Maddesine Ait Kinetik Çalışmalar.....	30
6.6.1 SB-68 Maddesinin Aseton Buharı ile Etkileşmesi.....	30
6.6.2 SB-68 Maddesinin Benzen Buharı ile Etkileşmesi.....	32
6.6.3 SB-68 Maddesinin Kloroform Buharı ile Etkileşmesi.....	35
6.6.4 SB-68 Maddesinin Diklorometan Buharı ile Etkileşmesi.....	37
6.6.5 SB-68 Maddesinin Etilalkol Buharı ile Etkileşmesi.....	39
6.6.6 SB-68 Maddesinin Metanol Buharı ile Etkileşmesi.....	40
6.6.7 SB-68 Maddesinin Toluen Buharı ile Etkileşmesi.....	41
6.6.8 SB-68 Maddesinin Ksilen Buharı ile Etkileşmesi.....	43
7. SONUÇ VE TARTIŞMA .....	45
8. KAYNAKLAR.....	47
ÖZGEÇMİŞ.....	52

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2. Hava kirliliği oluşumunda etkili unsurlar.....	4
Şekil 2.1.1. Azot oksit oluşumu .....	7
Şekil 2.1.5. Benzenin kimyasal yapısı.....	10
Şekil 2.1.6. Toluenin moleküler yapısı.....	11
Şekil 4. Spin kaplama yönteminin çalışma prensibi.....	15
Şekil 4.1.1. Spin kaplama yönteminin şematik açıdan görseli.....	15
Şekil 4.1.2. Spin kaplama yöntemi ile film oluşturma aşamaları.....	16
Şekil 5.2. Kuvarz Kristal Mikrobals sistemini temel elemanları .....	24
Şekil 6.1. SB-68 sentez maddesinin molekül yapısı.....	26
Şekil 6.2. SB-68 maddesi (a) katı haldeki ve (b) sıvı fazdaki görünümü.....	27
Şekil 6.3. Film kaplama işleminde kullanılan kuartz cam yüzeyler.....	28
Şekil 6.4. Deney çalışmasından alınan bir görsel.....	28
Şekil 6.5. Deney çalışmasında kullanılan spin kaplama cihazı.....	29
Şekil 6.6.1. SB-68 maddesinin aseton buharı ile etkileşmesi.....	31
Şekil 6.6.1.1. SB-68 maddesinin aseton buharı ile etkileşim grafiği.....	32
Şekil 6.6.2. SB-68 maddesinin benzen buharı ile etkileşmesi.....	34
Şekil 6.6.2.1. SB-68 maddesinin benzen buharı ile etkileşim grafiği.....	34
Şekil 6.6.3. SB-68 maddesinin kloroform buharı ile etkileşmesi.....	36
Şekil 6.6.3.1. SB-68 maddesinin kloroform buharı ile etkileşim grafiği.....	37
Şekil 6.6.4. SB-68 maddesinin diklorometan buharı ile etkileşmesi.....	38

Şekil 6.6.4.1. SB-68 maddesinin diklorometan buharı ile etkileşim grafiği.....	39
Şekil 6.6.5. SB-68 maddesinin etilalkol buharı ile etkileşmesi.....	40
Şekil 6.6.6. SB-68 maddesinin metanol buharı ile etkileşmesi.....	41
Şekil 6.6.7. SB-68 maddesinin toluen buharı ile etkileşmesi.....	42
Şekil 6.6.7.1. SB-68 maddesinin toluen buharı ile etkileşim grafiği.....	43
Şekil 6.6.8. SB-68 maddesinin ksilen buharı ile etkileşmesi.....	44
Şekil 7. SB-68 maddesinin organik buharlar ile etkileşim sonuçları.....	45



## TABLULAR LİSTESİ

<b>Tablo</b>	<b>Sayfa</b>
Tablo 2.1.4. Kloroformun karakteristik yapısı.....	9
Tablo 2.1.6. Toluenin karakteristik yapısı.....	11



## KISALTMALAR VE SİMGELER

### SİMGELER

### AÇIKLAMA

<b>m</b>	Metre
<b>mm</b>	Milimetre
<b>ml</b>	Mililitre
<b>nm</b>	Nanometre
<b>μ</b>	Mikron
<b>mμ</b>	Milimikron=Nanometre
<b>sn</b>	Saniye
<b>ρ</b>	Sıvının yoğunluğu

### KISALTMALAR

### AÇIKLAMA

<b>UOB</b>	Uçucu Organik Bileşikler
<b>CNG</b>	Compress Natural Gas “Sıkıştırılmış Doğal Gaz”
<b>LPG</b>	Likit Petrol Gazı
<b>DCM</b>	Diklorometan
<b>UV</b>	Ultra Viole
<b>KKM</b>	Kuartz Kristal Mikrobals
<b>SEM</b>	Taramalı Elektron Mikroskobu
<b>AKM</b>	Atomik Kuvvet Mikroskobu
<b>PPM</b>	Parts per million, Milyonda bir birim
<b>NMR</b>	Nükleer Manyetik Rezonans
<b>IR</b>	İnfrared, (Kızıl Ötesi)
<b>IUPAC</b>	International Union of Pure and Applied Chemistry (Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği)

# 1. GİRİŞ

Bir nesnenin yüzeyine uygulanan bir işlemin sonucunda kaplama oluşur. Nesne genellikle alt tabaka olarak adlandırılır. Kaplama tüm yüzeye veya yüzeyin bir bölümüne uygulanabilir. Yapışkanlık, ıslanabilirlik, korozyon gibi alttaşın yüzey özelliklerini değiştirmek için fonksiyonel kaplamalar uygulanmaktadır. Birçok endüstriyel kaplama prosesi, ince bir tabakaya ince bir fonksiyonel malzemenin uygulanmasını içermektedir.

Teknoloji insanoğlunun yaşamını daha da kolaylaştırmak, üretimi hızlandırmak, var olan yapıları değiştirmek ve araştırma yapmak amacıyla geliştirilen tüm araç gereçlerle birlikte tüm bilgileri içerir. Küçük bir kesit alana yaklaşık bir metrenin milyarda biri olarak tanımlanan bir boyuta uygulanırsa buna nanoteknoloji denir.

Çağımızın en önemli teknolojik gelişimlerinden biri olan nanoteknolojinin uygulamaları, biyoloji, kimya, fizik gibi bilimsel çalışmalarla başlayıp tıp, enerji, çevre, mühendislik, bilgi ve iletişim teknolojileri gibi elektronikte birlikte farklı alanda pek çok karşımıza çıkmaktadır. Nanoteknoloji sürekli gelişmekte olan bir teknoloji olup, uygulamaları günden güne artmaktadır. Nanoteknoloji, çok küçük ölçekteki mühendislik uygulamalarıdır.

Nanoteknoloji, hastalıkları tespit ve tedavi etmede, çevreyi gözleme ve korumada, enerjiyi üretme ve depolamada, gıda kalitesini artırmada ve karmaşık yapılar inşa etmede devrim yaratan en yeni uygulamaları sunmaktadır. Nanoteknoloji uygulamaları sürdürülebilir çevreye ve yenilenebilir enerji üretiminde de katkı sağlayacaktır. Nanoteknolojiler, pek çok uygulama alanında devrim yaratabilecek “gelişmekte olan teknolojiler” olarak değerlendirilmektedir.

Günümüzde bu teknoloji sayesinde daha sağlam, daha kaliteli ve ucuz, daha küçük ve hafif cihazlar geliştirilmesine imkân tanınmaktadır. Nanoteknoloji kullanılarak geliştirilen bu ürünler daha az malzeme ile daha az enerji kullanımı, ucuzluk, daha çok fonksiyonallite ve kullanım kolaylığı ile üretimde kendini fark ettirmektedir. Nanoteknolojinin bu

uygulamaları hayatımızın daha kolay hale getirmesine katkı sunarak, her geçen gün bir yenisi daha eklemek suretiyle bu sürecin ilerleyerek devam edeceğini bize haber vermektedir. Çevre kirliliği, doğal olmayan bir şekilde çevrenin insan eliyle bozulması olayıdır. Ekosistemin bozulma eylemi olarak da tabir edilmektedir. Çevre, dünya üzerinde ilişkilerini sürdüren canlılarının yaşamlarının tüm yönlerini devam ettiği ortak alanlardır. Bir diğer açıdan çevre kirliliğinin sadece canlılar üzerinde değil cansız varlıklar üzerinde de ekosisteme olumsuz etki yapabilme kapasitesine sahip olduğu, hava, su ve toprak aracılığı taşınabilen bir yapıya sahip olduğu söylenebilir. Çevre kirliliğinde en çok rastlanılan unsurlar su, hava, toprak, gürültü ve görüntü kirliliği olarak gruplandırılabilir. Bu kirliliklerin boyutu arttıkça tüm canlıların ya doğrudan ya da dolaylı olarak zarar görmesi kaçınılmaz olmaktadır. Ekosisteminde dengesinin bozulması her geçen gün çevre kirliliğinin artışıyla iklimsel değişikliklere yol açmaktadır [1].

İnce filmler genellikle kalınlığı m $\mu$  ya da nanometre boyutlarında ince bir yapıya sahiptir. Bu malzemeler film oluşumunda farklı üretim metotları sayesinde bir yüzeye atomsal ve ya molekülsel boyutta ince bir tabaka halinde yerleşmektedir [2]. İnce filmler önceleri, cam, vitray ve seramik yüzeylerde dekoratif amaçlı kullanılmıştır. Daha sonra ise gümüş tuzlarının kullanıldığı ve cam yüzeyde gümüş filmi elde edildiği görülmektedir. 1838'de ilk olarak elektroliz metoduyla üretilmiştir. Devamında Bunsen 1852'de kimyasal reaksiyon tekniğiyle, Faraday asal gaz içerisinde buharlaştırma tekniğiyle, Kundt ve Nahrwold ise Joule ısıtması metoduyla ince film üretiminde başarılı olmuşlardır [3].

İnce filmlerin üretiminde spin kaplama yöntemi uzun süredir kullanılan bir yöntemdir. Tipik olarak proses bir çözelti damlasının bir altlığın merkezine damlatılması ve sonra altlığın yüksek hızlarda döndürülmesi esasına dayanır. Merkezi hızlandırma fazla çözeltinin uzaklaştırılmasına ve kalan çözeltinin ise altlık yüzeyine ince film şeklinde yayılmasına neden olur. Film kalınlığı ve diğer özellikler çözeltinin viskozitesine, katı madde oranına, yüzey gerilimlerine, çözgenin buhar basıncı ve kuruma hızlarıyla, altlığın dönüş devri ve hızlanmasına da bağlıdır.

Gaz sensörleri ortamdaki çeşitli gazların yoğunluğunu algılamak amacıyla, kullanılmaktadır. Genelde fabrika, kapalı otopark ve ev gibi kapalı ortamlarda tehlike yaratabilecek Likit Petrol Gazı, Sıkıştırılmış Doğal Gaz (CNG), karbonmonoksit gibi gazları algılamak amacıyla gaz sensörleri kullanılmaktadır.

Gerçekleştirilen bu çalışmada spin kaplama tekniği ile SB-68 moleküllü kullanılarak ince filmler hazırlamıştır. İnce filmler aseton, kloroform, benzen, toluen, etil alkol, metanol, ksilen ve diklorometan gibi organik buharlara maruz bırakılıp gaz sensörünün özellikleri araştırılmıştır.

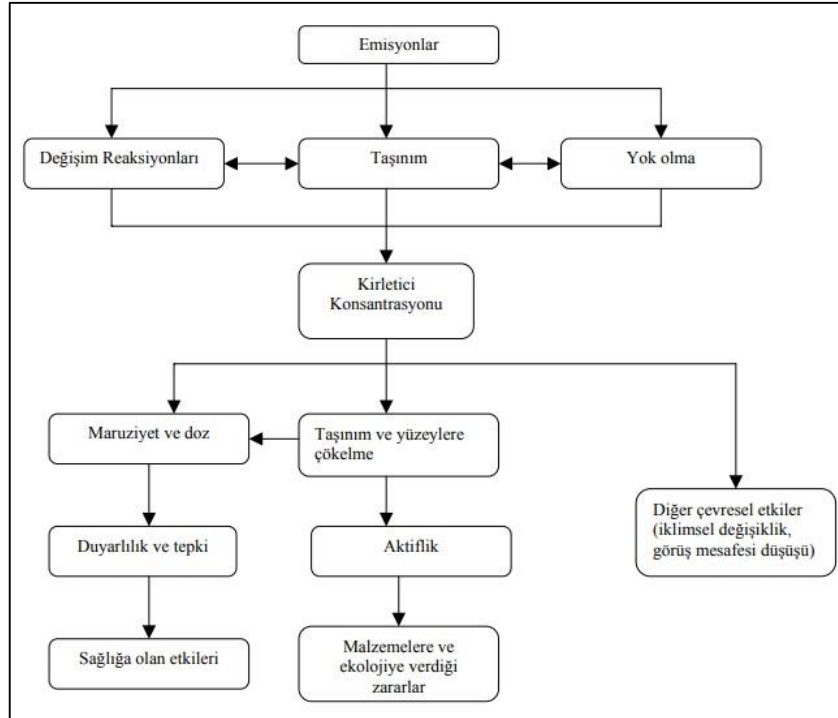




## 2. KİRLETİCİ EMİSYONLARIN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Bir insan yaşamı boyunca 400-500 milyon litre hava solumaktadır. İnsan yaşamı için birincil derecede öneme sahip olduğundan dolayı solunan havanın kalitesi aynı zamanda yaşam kalitesinde etkilemektedir. Her yıl yaklaşık 3 milyon insan hava kirliliğinin açtığı sorunlardan dolayı yaşamını kaybetmektedir. Bu da tüm ölüm oranlarının (ortalama 55 milyon) % 5'ine denk gelmektedir [4].

Hava kirliliği, sıvı ya da gaz halinde bulunabilen, hava bileşimini etkileyen kirleticilerin, doğal dengeye, canlıların sağlığına ve hayatına zarar veren ya da yaşam süresince nesnelere zararlanılmasını engelleyecek oran veya sürede atmosferde bulunması olarak açıklanmaktadır [5]. Hava kirliliğine neden olan unsurların temelinde çeşitli emisyonların rol oynadığı söylenebilir. Hava kirliliğinin insan sağlığına ve çevreye yönelik olumsuz etkilerinin meydana gelmesi, bu emisyonların farklı aşamalardan geçmesi ile gerçekleşmektedir. Bu aşamalar Şekil 2'de sırasıyla gösterilmiştir.



Şekil 2. Hava kirliliği oluşumunda etkili unsurlar [5].

Şekil 2'e göre emisyonların öncelikle değişim reaksiyonları ve taşınım yoluyla kirletici düzeyde yüksek konsantrasyonlara ulaştığı belirtilmektedir. Bu konsantrasyonlardaki kirleticilere doğrudan veya taşınım/çökeltme aracılığıyla maruziyet sonucunda insan sağlığında olumsuz etkileri meydana gelmektedir. Bu etkiler, insanların farklı dozda maruz kalmalarına ve duyarlılıklarına bağlı olarak değişmektedir. Kirletici konsantrasyonunun iklimsel değişiklikler gibi çevresel etkiler aracılığıyla da ekolojiye zararları ortaya çıkmaktadır.

Sanayi kuruluşlarının, üretim tesislerinin, motorlu taşıtların ve ısınma amaçlı kullanılan fosil kökenli yakıtlar sebebiyle hava kirliliği oluşmakta ve bu hava kirliliği insanlar üzerinde ciddi sağlık sorunlarına sebep olmaktadır. Düşük konsantrasyonlardaki hava kirleticiler, bünyelerinde kanserojen etkileri daha fazla olan bileşikler barındırmaktadırlar. Söz konusu sağlık sorunları başlıca akciğer kanseri, bronşit, eklem romatizması, raşitizm ve çeşitli kalp hastalıklarından oluşmaktadır. Ayrıca göz yanmaları, görme bulanıklığı, nefes darlığı, iştahsızlık, kan zehirlenmesi gibi rahatsızlıklar da görülebilmektedir. Havadaki zararlı emisyonların vücutta birikmesi ile iştahsızlık görülebilmektedir. Bununla birlikte direnci düşen bünye, hızlı bir şekilde hastalanmaktadır. Solunum güçlüğüne başlaması ile birlikte aşırı derecede yorgunluk ve yaşlanma belirtileri ortaya çıkmaktadır [6].

## **2.1. Uçucu Organik Bileşikler (UOB)**

Organik bileşikler en az bir karbon ile hidrojen atomundan oluşan kimyasal bileşiklerdir. Organik bileşikler üç ana gruba ayrılmaktadırlar. Bu gruplar uçucu organik bileşikler, yarı uçucu organik bileşikler ve uçucu olmayan bileşiklerdir. 50 – 260 °C arasında kaynama noktasına sahip uçucu organik bileşikler, kaynama noktalarının düşük olması sebebiyle iç ortam havasında buhar olarak bulunmaktadır [7].

Her ortamda az ya da çok miktarda bulunabilen uçucu organik bileşikler, kaynaklarının bulunma derecesine göre değişiklik göstermektedirler. Uçucu organik bileşikler kolonya, parfüm, deodorant, sabun, deterjan, şampuan, hava kokusu giderici spreylere gibi tüketim malzemelerinin yanı sıra ahşap cilası ve boya gibi malzemelerden de kaynaklanmaktadır. Bu bakımdan iç ortam hava kirliliğinin en etkili kaynakları arasında

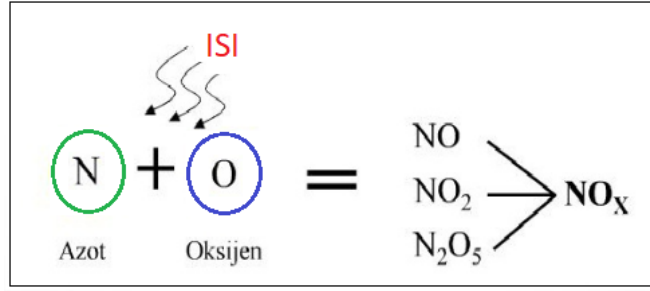
insan aktiviteleri, yapı malzemelerinden kaynaklı emisyonlar ile iç ortam havasının dış ortam kavası yoluyla havalandırılması yer almaktadır [8].

Egzoz gazları, petrol buharları ve endüstriyel atıklar gibi insan aktivitelerinin bir sonucu olarak meydana gelen UOB gözlemlenmesi ve kontrol altına alınması oldukça önemli bir durum haline gelmiştir. Söz konusu bileşiklerin çevreye verdikleri zararların başlıcaları aşağıda şu şekilde sıralanmaktadır [9].

1. Ozon tabakasının hasar görmesi,
2. Yer seviyesinde fotokimyasal ozon oluşumu,
3. Zehirli ve kanserojen etkiler,
4. Sera etkisinin artması,
5. Çevre dayanıklılığını azaltması.

### **2.1.1. Azot Oksitleri (NO<sub>x</sub>)**

Azot, atmosferin % 78'ini oluşturmaktadır. Hava içerisindeki azot, azot oksitlerin temel kaynağını oluşturmaktadır. Yanma işlemi sonucunda atmosferdeki azot oksitlerine (NO<sub>x</sub>) dönüşür. Genel olarak motorlu taşıtların yatkınları içerisinde yer alan azotlu maddeler ve sabit yakma merkezilerindeki azotun oksijenle birleşmesi azot oksitlerin oluşmasındaki sebeplerin başında gelmektedir. Azot oksitler atmosferde kararlı ve kararsız halde bulunurlar ve yanmadan sonra havaya karışan en kirletici emisyonlar olarak bilinmektedirler. Azot oksitler NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> şeklinde adlandırılırlar. Bunların arasında en önemli kirletici gazlar NO<sub>2</sub> ve NO'dur. Bir çok faktörün yanı sıra azot oluşumunu etkileyen en önemli faktör sıcaklığın yüksekliğidir. Yanma sonunda sıcaklığın 1800 °K'nin üzerine çıkmasıyla oksijen molekülleri ayrılır ve NO<sub>x</sub> oluşum hızı da buna bağlı olarak artış gösterir [6].



Şekil 2.1.1. Azot oksit oluşumu

Azot oksitler kanda bulunan hemoglobin ve ciğerdeki nemle birleşerek nitrik asit meydana getirirler. Meydana gelen nitrik asit konsantrasyonu'nun az olması etkisinde az olmasını sağlamaktadır. Fakat, solunum yolu rahatsızlıkları bulunan kişilerde, zamanla biriktiği durumlarda tehlikeli arzedeabilmektedir. Kokusuz bir gaz olan NO akciğerlerin çalışmasını bozarak insan sağlığını tehlikeye atabilir. Mukoza zarını tahriş etmesinin yanı sıra felcede sebep olabilmektedir. Keskin kokulu ve kırmızı kahverengi karşımı bir gaz olan NO<sub>2</sub> düşük yoğunlukta bile akciğerleri tahriş ederek dokulara ve mukoza zarına zarar verebilmektedir [10].

### 2.1.2. Karbonmonoksit (CO)

Egzoz dumanı ev havalandırma sistemi zayıf olan ocaklardan yayılan duman karbonmonoksit kaynaklarını oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra odun kerosen ve gaz yüzey ısıtıcıları, gaz sobaları ve sigara dumanı karbonmonoksitin yayılmasında oldukça etkili diğer kaynaklardır. Karbonmonoksitin düşük konsantrosyonlarda olması durumunda bile sebep olduğu sağlık sorunları kolayca tespit edilebilmektedir [11].

Renksiz, kokusuz ve neredeyse havanın molekül ağırlığına eşit zehirli bir gazdır. Atmosferde kolayca yok olmayan bu gaz, oluştuğu yerin çevresinde dağılmamakta ve bulunduğu yerde fark edilememektedir. Tam olarak yanmayan yakıtlar karbonmonoksit oluşumuna sebep olmaktadır. Oksijen miktarının yanma için yeterli olmadığı, gaz sıcaklığının düşük olması ve karbonmonoksitin karbondioksite dönüşme süresinin uzun

olmaması sebebiyle yanma tamamlanamamakta ve karbonmonoksit miktarını arttırmaktadır [6].

Karbonmonoksit insan sağlığı üzerinde birçok olumsuz etkiye neden olmaktadır. Herhangi bir sağlık sorunu bulunmayan insanların düşük konsantrasyonlar karşısında yorgunluk, kalp rahatsızlıkları ve göğüsağrısı yaşamlarına sebebiyet verebilmektedir. Yüksek konsantrasyonlara maruz kalındığında ise işitme ve görme duyularının zayıflamasına, baş ağrısı, baş dönmesi ve mide bulantısı şeklinde rahatsızlıklara yol açmaktadır. Çok yüksek konsantrasyonlara maruz kalındığında yaşam kaybına yol açabilmektedir [12].

### **2.1.3. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>)**

Atmosferdeki payı geçmişten beri hiç değişmeyen karbondioksit gazının, Sanayi Devrimi ile birlikte atmosferdeki oranının % 31 kadar arttığı tespit edilmiştir. Sera gazları içerisinde % 82 oranına sahip olan karbondioksit artış miktarı % 0,2 ile % 0,8 arasında değişim göstermektedir. İnsan aracılığıyla atmosfere salımı gerçekleşen karbondioksit, büyük oranda fosil yakıtlarının kullanılmasından kaynaklanmaktadır [13].

İç hava kalitesinin kontrolü için gerekli olan karbondioksit önemli bir hava kirleticisidir. Atmosferin % 0,03'ünü oluşturan karbondioksit zehirli bir gaz olmamasının yanında oksijen eksikliği durumunda boğulmaya yol açabilmektedir. Çevre özelliklerine göre dış ortamda 330 ile 500 ppm arasında bulunan karbondioksit konsantrasyon oranının 35000'i aştığı durumlarda merkezi nefes sinir alıcıları tetiklenerek nefes alma eksikliğine yol açmaktadır. Konsantrasyon miktarının daha fazla olduğu durumlarda ise oksijenin az olması sebebiyle merkezi sinir sistemi görevini yapamaz hale gelmektedir [14].

Karbondioksitin insan salımı, bireyin büyüklüğüne, yaşına ve aktivitelerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. İç mekanlarda konsantrasyonu 400 ve 2500 ppm arasında değişse de insanlar için bir tehlike teşkil etmemektedir. Farklı durumlara göre bu konsantrasyon 5000 ppm'e kadar çıkabilmektedir [15].

#### 2.1.4. Kloroform (Triklor Metan)

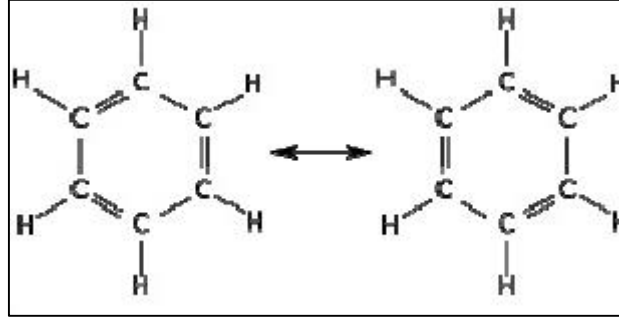
Kloroformun solunum sistemine girmesi, merkezi sinir sisteminde hasara yol açmaktadır. 1500 ila 30000 ppm'lik konsantrasyonlarda anestezi ve düşük konsantrasyonlar elde edilir. Çok yüksek değerlerdeki kloroforma (40000 ppm) maruz kalındığında kişinin yaşamını yitirmesine yol açabilmektedir. Anestezi yoluyla kloroforma maruz kalan insanlarda kaydedilen etkiler arasında; solunum hızının değişmesi, kalp rahatsızlıkları, mide bulantısı ve kusma gibi gastrointestinal etkilerin yanı sıra karaciğer ve böbrek üzerinde etkiler bulunmaktadır. Kloroform günümüzde cerrahide anestezik madde olarak kullanılmamaktadır. İnsanlarda, 10 mL (14,8 g) kadar miktarlarda kloroforma maruz kalınması, solunum ve kalp durmasına sebep olabilmektedir [16].

Tablo 2.1.4. Kloroformun karakteristik yapısı

Kimyasal Adı	Triklorometan(TKM)
Kimyasal Formülü(KF)	CHCl <sub>3</sub>
Yoğunluğu( $\rho$ )	1,48g/cm <sup>3</sup>
Molekül Ağırlığı(M <sub>w</sub> )	119,38g/mol
Donma Noktası	-63,5°C
Kaynama Noktası	61°C

#### 2.1.5. Benzen

Benzen, uçucu organik bileşikler arasında, başta Amerikan İnsan Sağlığı Servisi ve diğer Çevre ve İnsan Sağlığı Araştırma Merkezleri tarafından kanserojen maddeler arasında birinci sınıf olarak tanımlanmaktadır. Yüksek dozda ve kısa sürede alınan benzen kişinin hayatını kaybetmesine sebep olmaktadır. Ancak düşük seviyede maruz kalınan benzen baş dönmesi, uyuşukluk, kalp ritm bozukluğu gibi rahatsızlıklara neden olmaktadır. Benzen, kanserojen etkisi sebebiyle endüstri alanında kullanımı yasaklanmıştır. Toluene, benzen üretiminde kaynak olarak kullanılabilir [4].



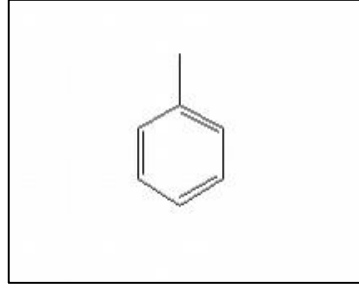
Şekil 2.1.5. Benzenin kimyasal yapısı [17].

Etanol (örneğin, alkollü içecekler) ile birlikte benzene maruz kalmak insanlarda benzen toksisitesini artırabilmektedir. Benzenin solunum yoluyla vücuda girmesi ile oluşan nörolojik semptomlar arasında uyku hali, baş dönmesi, baş ağrıları ve benzene inhalasyon maruziyetinin nörolojik semptomları arasında uyuşukluk, baş dönmesi, baş ağrıları ve insanlarda bilinç kaybı bulunmaktadır. Sıvı ve buhar haline maruz kalmak ise cildi, gözleri ve üst solunum yollarını tahriş edebilmekte, kızarıklık ve kabarcıklar oluşabilmektedir [18].

### 2.1.6. Toluen

Toluen suda çözülebilen ve orta derecede buhar basıncına sahip bir sıvıdır. Küçük moleküler ağırlığı ve sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle solunum yollarından hızla emilme özelliği bulunmaktadır. Fazla miktarda toluen emisyon kaynakları arasında motorlu araçlar, uçaklar, petrol rafinerileri ve terminalleri, kauçuk ve boya imalatı, vernikler ve laklar, metal yağ giderme, baskı ve tütün dumanı bulunmaktadır [19].

Aromatik bir kokuya sahip olan toluen ( $C_6H_5CH_3$ ) petrolün katalitik dönüşümü ve alifatik hidrokarbonların aromatisasyonu ile ve kok fırını endüstrisinin bir ürünü olarak iki temel kaynaktan üretilmektedir. Boya, kauçuk, tiner, kozmetik, yapıştırıcılar ve reçine sanayilerinde, diğer kimyasalların sentezinde ve yakıtların bir bileşeni olarak bir çözücü, taşıyıcı veya inceltici olarak bir dizi endüstriyel kullanıma sahiptir. Çeşitli ev ürünlerinin içeriğinde de ortalama % 12 oranında bulunabilmektedir [20].



Şekil 2.1.6. Toluenin moleküler yapısı [19].

Diğer adı metilbenzen olan toluen, aromatik bir hidrokarbondur. Sanayide yaygın olarak kullanılan, yapıştırıcılarda ve yapıştırıcı madde soluyan kişilerde bağımlılık yaratan bir maddedir. Genellikle ergenlik çağındaki kişiler tarafından uyuşturucu olarak kullanılması toplumsal bir sağlık sorunu haline gelmiştir. Toluene maruz kalınması halinde gözlerde, solunum sisteminde ve deride sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Az miktarda maruz kalınması merkezi sinir sisteminin baskılanmasına ve bellek kayıplarına sebep olabilmektedir. Baş ağrısı, yorgunluk, güçsüzlük, baş dönmesi, yürümede bozukluk, karın ağrısı ve koma şeklinde belirtiler görülebilmektedir [21].

Tablo 2.1.6. Toluenin karakteristik yapısı

<b>Kimyasal Adı</b>	<b>Metil Benzen (Toluen)</b>
Kimyasal Formülü(KF)	$C_6H_5-CH_3$
Yoğunluğu( $\rho$ )	$0,87g/cm^3$
Molekül Ağırlığı( $M_w$ )	$92,14g/mol$
Donma Noktası	$-95^\circ C$
Kaynama Noktası	$111,6^\circ C$



### 3. GAZ SENSÖRLERİ

IUPAC'a göre kimyasal bir sensör; kimyasal bir veriyi, belirli bir numune bileşenin konsantrasyonunun toplam bileşimindeki analizine kadar, analitik değer olarak faydalı bir sinyale dönüştürebilen bir cihazdır. Bu kimyasal verinin kökeni, analitin kimyasal reaksiyonu ya da incelenen sistemlerin fiziksel özelliklerine dayanabilir. Sensörler kimyasal bir veriyi ölçülebilir bir enerji biçimine dönüştüren bir alıcı ve bu enerjii bir sinyale dönüştüren bir dönüştürücü olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. Reseptör analit ile reaksiyona girerse, sensör “kimyasal sensör” olarak tanımlanır. Kimyasal reaksiyon gerçekleşmediği durumda ve analitin reseptörle etkileşmesinin etkisi, fiziksel özelliklerinin (kütle, sıcaklık, elektrik, manyetik, optik özellikler) bir kısmının değişmesi olarak gerçekleştiğinde, bu sensörün fiziksel bir sensör olduğu söylenebilir.

Gaz sensörleri, içinde bulunduğu ortamda belirli gazların olup olmadığını tespit edebilmek amacı ile kullanılan cihazlardır. Bu sensörler, ortamdaki gazları seramik malzemeden yapılmış sensörün karakteristik özelliğine göre tespit etmektedir [22]. Özellikle son yıllarda, emisyonların ve risk barındıran çevre kirleticileri azaltmak amacı ile yürürlüğe konan çevre düzenlemeleri, gaz sensörlerine olan talebi oldukça arttırmıştır. Bu bakımdan gaz sensörleri özellikle çevresel izleme, ev güvenliği ve kimyasal kontrol açısından büyük önem taşımaktadır. Gaz sensörlerinin hassasiyetinde yüzey morfolojisinde büyük önem taşımaktadır [23].

Son dönemlerde daha fazla olmak üzere, hem endüstri hem de akademik alanda, gaz sensör sistemlerine oldukça ilgi gösterilmektedir. Bu bakımdan gaz sensör teknolojisi, aşağıda sıralanan uygulama alanları nedeni ile gittikçe daha fazla önemsenir olmuştur [24].

- Endüstriyel üretim (örn. madenlerde metan tespiti)
- Otomotiv endüstrisi (örn. Araçların egzozlarından çıkan kirletici gazların tespiti)
- Tıbbi uygulamalar (örn. insan kokularını simüle eden elektronik burunlar)
- İç hava kalitesi denetimi (örn. Karbon monoksit tespiti)
- Çevresel çalışmalar (örn, Sera gazı izleme)

Gaz sensörleri, uygulama alanları kapsamında, iki farklı yöntem doğrultusunda çalışmaktadır. Bu yöntemler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

1) Farklı Malzemelerle Elektriksel Değişime Dayalı Yöntemler

- Yarı iletken metal oksit
- Polimer
- Karbon nanotüp
- Nemi absorbe eden malzemeler

2) Diğer Varyasyonlara Dayalı Farklı Yöntemler

- Optik yöntemler
- Akustik yöntemler
- Gaz kromatografisi
- Kalorimetrik yöntemler

Gaz sensörlerinin üretilme aşamalarında mevcut olması gereken birtakım özellikler bulunmaktadır. Bunlar arasında en çok önem verilen özellikler genel olarak seçicilik, tekrarlılık, kararlılık, geniş ölçüm aralığı, hızlı cevap zamanı ve hızlı geriye dönme zamanı, kullanım ömrü, ucuzluk gibi değerleri kapsamaktadır. Fakat bu özelliklerin, aynı anda tek bir sensörde bulunması gibi bir durumdan bahsedilemez. Kullanım amacı çerçevesinde ve ihtiyaç doğrultusunda bu özelliklerden biri ya da bir kaçını aynı anda bir sensör üzerinde kullanılabılır. Sensörün kullanılacağı ortama bağlı olarak yüksek ya da düşük sıcaklıklarda kullanıma uygun bir özellik tercih edilmektedir [25].

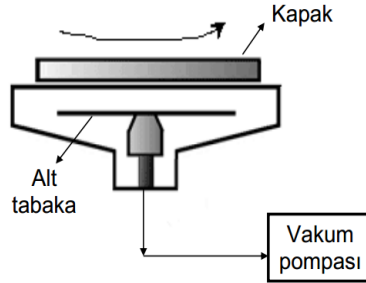
#### 4. SPİN KAPLAMA YÖNTEMİ İLE İNCE FİLM ÜRETİMİ

Günümüzün ince film teknolojisi, ileri düzeyde teknolojik endüstrilerde önemli bir rol oynamaktadır. Başlangıçta, entegre devre endüstrisinin gereksinimini karşılamak amacıyla ince film teknolojisinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Ancak geçtiğimiz yıllar içerisinde ince filmlerin yapımı sanayileşerek kullanım alanının genişlediği görülmektedir. Bu cihazların imalat teknikleri, gerekli ekipmanın mevcudiyetinden dolayı oldukça kolaydır. Tekrarlanabilirlik, spin kaplamadaki en önemli faktörlerden biridir. İnce film bazlı cihazların performansını elde etmek için film özelliklerinin kontrolü gereklidir. Spin kaplama yöntemi, kolaylık, tekrarlanabilirlik, düşük maliyetli ekipman kullanımı ve hızlı çalışmasından dolayı özel bir yöntem olarak görülmektedir [26].

Spin kaplama tekniğine ilişkin ilk çalışma, 1958 yılında Emil ve arkadaşları tarafından Newtonian akışkanın ince bir aksimetrik filmin, sabit açısal hız ile dönen bir alttaş üzerine yayılmasını amaçlaması ile gerçekleştirilmiştir. Birçok durumda kaplama malzemesi polimeriktir ve çözücünün buharlaştığı bir çözelti formunda uygulanır. Spin kaplama, ilk olarak boya ve zift kaplama açısından incelenmiştir.

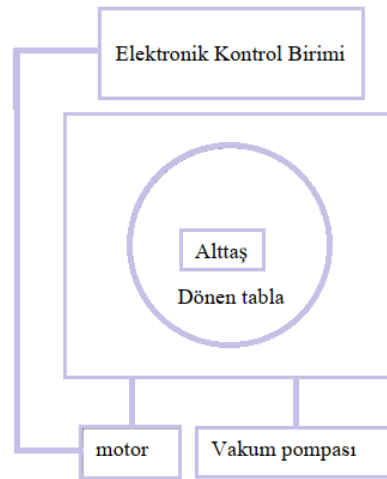
Spin kaplama, ince film kaplamaların nispeten düz yüzeylere hızlı bir şekilde yayılması açısından basit bir işlemdir. Kaplanacak olan alttaş, bir miktar döndürülebilir fikstür tarafından tutulmakta (genellikle alttaşı yerinde sıkıştırmak için vakum kullanılarak) ve kaplama çözeltisi, yüzey üzerine dağıtılmaktadır. Dönme işlemi, çözeltinin yayılmasına ve alttaşın yüzeyi üzerinde seçilen malzemenin çok homojen bir kaplamasının arkasına bırakılmasını sağlar. Spin kaplama süreci geçmişte kapsamlı bir şekilde çalışılmıştır ve kaplama birikimini kontrol eden faktörler ve bunun sonucunda oluşan birikintinin son kalınlığı hakkında bilgi vermektedir [27].

Spin kaplama metodu uzun zamandır ince film üretiminde kullanılan bir tekniktir. Bu kaplama metodu ile nanometre(nm) mertebesinde mikron( $\mu$ ) mertebesine kadar değişen çok küçük kalınlıktaki filmlerin üretilmesi mümkün hale gelmiştir.



Şekil 4. Spin kaplama yönteminin çalışma prensibi [28].

Döndürme işlemiyle kaplama yapılırken bir çözelti damlası kaplanacak altlığın yüzeyine damlatılması neticesinde altlığın yüksek bir hızda döndürülmesine dayanan bir işlemdir (Şekil 4.1.1).



Şekil 4.1.1. Spin kaplama yönteminin şematik açıdan görseli [28].

Spin kaplama yöntemi, ince filmlerin üretimi aşamasında uzun zamandır kullanılmaktadır. Söz konusu yöntemde, hazırlanan çözelti damlası uygulanacak yüzeye damlatılır. Ardından yüksek dönme hızlarında (ortalama 3000 dev/dak) döndürülmesi ile

gerçekleşmektedir. Yüksek döneme hızı ile merkezi hızlandırma gerçekleştirilerek fazla çözeltinin uzaklaştırılması amaçlanmaktadır. Geride kalan çözelti ise uygulanan yüzeye ince bir film halinde yayılır. Mevcut filmin kalınlığı çözeltinin viskozitesine, kuruma hızına, katı oranına ve yüzey gerilimleri gibi özellikleri ile devir, hızlandırma gibi işlem şartlarına bağlı olarak değişmektedir.

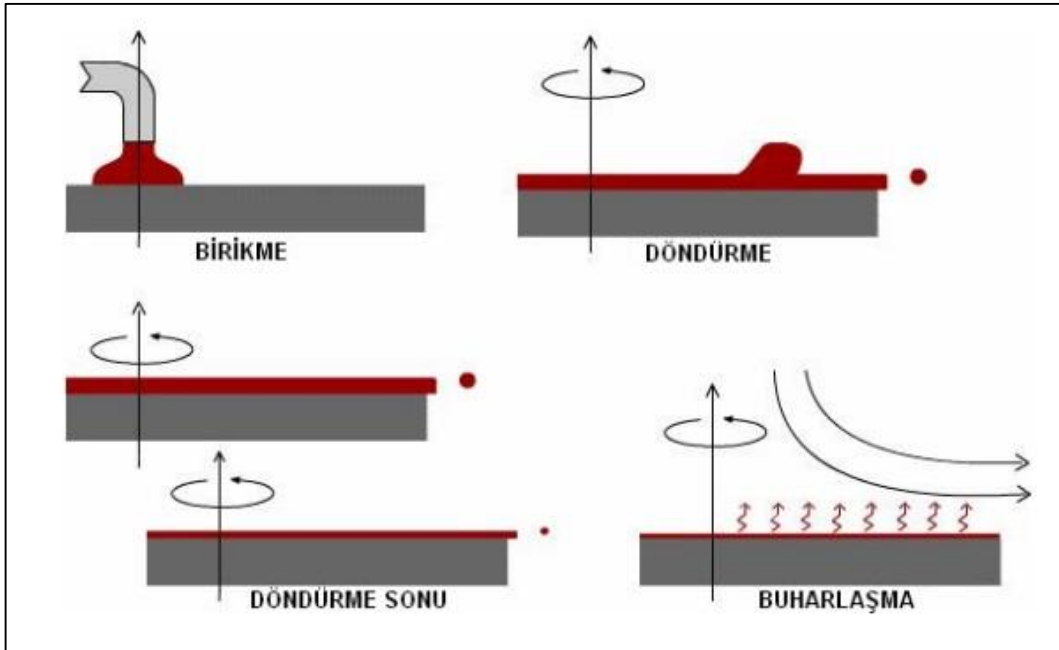
Spin kaplama yöntemi dört aşamadan oluşmaktadır [29].

1. Aşama (Deposition): Kaplamanın gerçekleştiği bu safhada ilk olarak mevcut yüzey üzerinde uygulanacak sıvı dökülür.

2. Aşama (Spin-up): Döndürme safhası olan 2. aşamada, dökülen sıvı merkezkaç kuvvetin etkisi ile radyal bir halde yüzeyin dışına doğru akar.

3. Aşama (Spin off): Bu aşamada döndürme sonunda, yüzeydeki fazla sıvı taşarak yüzeyden ayrılır. Böylece film alınlığı ve yüzeyden taşan sıvı miktarında azalma gözlemlenir. Bu durum, filmin incelmesi ile akışkanlığa olan direncin artması olarak açıklanabilir. Bununla birlikte uçucu olmayan madde konsantrasyonundaki artış, akışkanlığa karşı direncin artmasını da sağlamaktadır.

4. Aşama (Evaporation): Son aşama olan buharlaşma safhası filmin incelmesindeki son adım olması bakımından önemlidir.



Şekil 4.1.2. Spin kaplama yöntemi ile film oluşturma aşamaları [29].

Tipik bir spin kaplama prosesi, jel akışkanının Şekil 4.1.2’de olduğu gibi alttaş yüzeyinin üzerine bırakıldığı bir dağıtım aşamasından oluşmaktadır. Sık kullanılan iki dağıtım yöntemi statik dağıtım ve dinamik dağıtımdır. Statik dağıtım, alt tabakanın ortasına veya yakınında küçük bir akışkan damlası biriktirmektir. Bu işlem, sıvının viskozitesine ve kaplanacak olan alttaşın büyüklüğüne bağlı olarak 1 ila 10 cc arasında değişebilir. Daha yüksek viskozite ve / veya daha büyük alttaşlar tipik olarak, yüksek hızlı döndürme adımı sırasında alttaşın tam olarak kaplanmasını sağlamak için daha büyük bir su birikintisi gerektirir. Dinamik dağıtım, alt tabaka düşük hızda dönerken dağıtma işlemidir. Sürecin bu aşamasında yaklaşık 500 d/dk’lık bir hız yaygın olarak kullanılmaktadır [30]. Bu, sıvının alttaşın üzerine yayılmasını sağlamak ve genellikle alttaşın tüm yüzeyini ıslatmaya yetecek kadar birikmesi gerekli olmadığından akışkan materyalin daha az israf edilmesini sağlar. Bu, akışkan veya alttaşın kendisinin zayıf ıslatma yeteneklerine sahip olduğu ve aksi halde oluşabilecek boşlukları ortadan kaldırabildiği zaman özellikle avantajlı bir yöntemdir [30,31].

Alttaş ivmelendirme aşaması olarak da bilinen ikinci aşamda genellikle alttaş (wafer) yüzeyinden sıvının dışarı atılmasıyla karakterizedir. Alttaş yüzeyindeki ilk sıvı derinliği nedeniyle, bu aşamada spiral girdaplar mevcut olabilir. Bunlar, alt kısımda yer alan alttaş daha hızlı dönerken, akışkan tabakanın üst kısmının uyguladığı eylemsizliğin neden olduğu dönme hareketinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak akışkan, yüzey ile tamamen birlikte dönecek kadar incedir ve herhangi bir akışkan kalınlık farkı kalmamaktadır. Son olarak, yüzey istenen hıza ulaşır ve akışkan, viskoz kesme sürtünmesinin tam olarak dönme hızlanmalarını dengeleyeceği kadar incedir [32]. Bu aşamadaki tipik döndürme hızları, yine sıvının ve ayrıca alt tabakanın özelliklerine bağlı olarak 1500-6000 d/dk arasında değişmektedir. Bu adım 10 saniyeden birkaç dakikaya kadar sürebilir. Bu aşama için seçilen dönme hızı ve zamanın kombinasyonu genellikle son film kalınlığını tanımlayacaktır. Genel olarak, daha yüksek dönme hızları ve daha uzun dönme süreleri daha ince filmler oluşturur. Spin kaplama prosesi, spin işlemi sırasında iptal etme ve ortalama alma eğilimi gösteren çok sayıda değişken içerir ve bunun gerçekleşmesi için yeterli zamanın elde edilmesi en iyisidir [33].

Üçüncü aşama, sabit bir hızda dönen alttaş ve akışkan viskoz kuvvetlerin sıvı inceltme davranışını yönlendirilmesini içermektedir. Bu aşama, kademeli olarak akışkanın inceltmesi ile karakterizedir. Akışkan inceltme genellikle oldukça tekdüzedir (Şekil 4.1.2). Uçucu

çözücüler içeren çözeltilerle birlikte, genellikle ayrışma renklerini görmek ve kaplama kalınlığı azaldıkça inceltmeyi giderek daha yavaş bir şekilde yapmak mümkündür. Kenar etkilerinin genellikle gözle görülebilmesinin nedeni, akışkanın düzgün bir şekilde dışa doğru akmasından kaynaklanmaktadır. Kenarda damlacıklar oluşturarak yüzey gerilimine, viskoziteye, dönme hızına vb. bağlı olarak son alttaşın etrafında küçük bir kaplama kalınlığı farkı olabilir [34]. Akış davranışının matematiksel işlemleri, sıvının Newtonian viskozitesini sergilediği (doğrusal olduğu) ve eğer akışkan kalınlığının başlangıçta wafer boyunca muntazam kalınlıkta olduğu (daha kalın olmakla birlikte) durumunda, bundan sonra herhangi bir zamanda akışkan kalınlık profilinin aynı şekilde tekdüze olacağını göstermektedir. Bu durum ideal koşullarda tek tip bir nihai kaplamaya yol açmaktadır.

Dördüncü aşamada ise, alttaş sabit bir hızda dönmekte ve filmin inceltme eylemini çözgen buharlaşması yönlendirmektedir. Üçüncü aşama ilerledikçe akışkan kalınlığı, viskozite etkilerinin yalnızca minör net akışkan akışının sağladığı bir noktaya ulaşmaktadır. Bu noktada, herhangi bir uçucu çözücü türünün buharlaşması, kaplamada meydana gelen baskın işlem haline gelecektir. Esasen bu noktada kaplama etkili bir şekilde “jelleşmekte”, bunun nedeninde bu çözücüler uzaklaştıkça kalan çözeltilerin viskozitesinin muhtemelen kaplamayı etkin bir şekilde dondurmaya devam etmesidir [35].

Dönme işlemi durduktan sonra ısıtma işleminin (sol-jel kaplamalar için olduğu gibi) yapılması gereklidir. Diğer taraftan, fotorezistler genellikle istenen uygulama / kullanıma bağlı olarak diğer süreçlerden geçerler. Açık bir şekilde üçüncü ve dördüncü aşamalar her zaman aynı anda oluşması gereken iki süreci tanımlamaktadır (viskoz akış ve evaporasyon). Bununla birlikte mühendislik seviyesinde, viskoz akış etkileri ilk aşamalarda baskınken, buharlaşma süreçleri daha sonra hakim olmaktadır [31].

Spin kaplama yöntemindeki en önemli işlem parametreleri dönme hızı, ivmelenme ve viskozite olarak sıralanmaktadır.

*Dönme hızı:* Spin kaplama prosesinde dönme hızı en önemli faktörlerden biridir. Alttaşın hızı, uygulanan radyal (santrifüj) kuvvetin derecesine göre değişmektedir. Özellikle, yüksek hızlı döndürme genellikle alt tabaka üzerinde elde edilen nihai kalınlığını belirlemektedir. Bu aşamada  $\pm 50$  d/dk gibi nispeten küçük varyasyonlar, %10'luk bir

kalınlık değişmesine neden olabilir. Film kalınlığı, büyük ölçüde sıvı filmi alttaşın kenarına doğru kesmek için uygulanan kuvvet ile sıvı filmin viskozitesini gösteren soğutma hızı arasındaki dengedir. Film soğudukça; dönme hareketine bağlı radyal kuvvetin alttaş üzerinde kayda değer bir şekilde hareket etmesine kadar viskozite artmaktadır.

*İvmelenme (hızlanma):* Alttaşın nihai dönme hızına doğru ivme kazanması film özelliklerindeki etkileyebilir. Sıvı film, dönme döngüsünün ilk bölümünde soğumaya başladığında, hızlanmayı doğru bir şekilde kontrol etmek önemlidir. Hızlanma, desenlenen alttaşların kaplama özelliklerinde önemli bir rol oynamaktadır. Birçok durumda, alttaşlar önceki işlemlerden elde edilen topografik özellikleri muhafaza edecektir. Bu nedenle sıvı filmi tekdüze bir şekilde bu özellikler üzerinden kaplamak önemlidir. Ayrıca dönme işlemi genel olarak sıvı film için radyal bir dışsal kuvvet sağlamaktadır.

*Viskozite:* Viskozite sıvıların akmaya karşı gösterdikleri dirençtir. Dönme işleminde viskozite önemli bir rol oynamaktadır. Viskozite, kaplanan sıvı filmin fiziksel bir özelliğidir. Sıvının viskozitesi ne kadar yüksek olursa, sıvının yayılması için daha yüksek dönme hızlarına gereksinim duyulmaktadır. Viskozite ne düzeyde az olursa, dönme hızı da alt tabaka üzerinde eşit bir yayılma sağlamak için o düzeyde az olmaktadır. Viskozite dolaylı olarak işlemin tamamlanması için gereken toplam süreyi kontrol etmektedir.

#### **4.1. Spin Kaplama Yönteminin Avantajları**

Spin kaplama yönteminin avantajlarından birisi film kaplama aşamasında, filmin yüzeyde eşit şekilde dağılım göstermesidir. Böylece, filmin kalınlığı da yüzey boyunca homojen bir şekilde yayılır. Çözeltinin viskozitesi değişmediği sürece film kalınlığı da değişmez. İki temel kuvvet, film kalınlığının düzgün olmasını etkilemektedir. Bunlardan ilki sıvının, taşıyıcının üzerinde radyal bir şekilde, diğer bir ifadeyle içerden dışarı doğru akmasını sağlayan merkezci kuvvettir. İkincisi etken ise ters yöne doğru olan sürtünme kuvvetidir. Merkezkaç kuvveti, döndürme sırasında yer çekimi kuvvetinin saf dışı bırakılmasına neden olur. Bu sebeple, filmin incelmesi süreci içerisinde sadece merkezkaç kuvveti bulunur [36].



Spin kaplama yönteminin, birbiriyle ilişkili proses değişkenlerinin olmaması en büyük avantaj olarak görülmektedir. Film kalınlığı, dönüş hızını değiştirerek veya farklı bir viskozite fotorezistine geçerek kolayca değiştirilebilir. Ancak alternatif kaplama teknikleri arasında birçok teknik, birden fazla birleşik parametrelere sahip olup, kaplama kontrolünü daha karmaşık hale getirmektedir. Spin kaplamasının bir başka avantajı, film incelendiğinde gittikçe daha homojen bir şekilde ilerleyebilmesidir. Ayrıca film, kaplama işlemi sırasında tamamen tekdüze hale gelirse, işlemin süresi boyunca bu şekilde kalacaktır. Spin kaplama yöntemi, düşük maliyetli ve hızlı işletim sistemine sahiptir.

Yüksek dönme hızlarına sahip olmasından dolayı, hava akışı artarak kuruma süresinin azalmasına yol açar. Böylece hem makroskobik hem de nano ölçek skalalarında yüksek tutarlılık görülür [37].

#### **4.2. Spin Kaplama Yönteminin Dezavantajları**

Spin kaplama yönteminin dezavantajı, işlemin yalnızca bir defa yapılmasıdır. Bu nedenle, nispeten düşük bir verime sahiptir. Hızlı kuruma süreleri, aynı zamanda, bir araya getirme ya da kristalleştirme için zaman gerektiren bazı nano teknolojiler için daha düşük performansa da yol açabilmektedir. Son olarak, bir spin kaplama işlemindeki gerçek malzeme kullanımı genel olarak çok düşüktür (yaklaşık % 10 veya daha az), geri kalanı ise akarak boşa harcanır. Bu genellikle araştırma ortamları için bir sorun olmasa da, üretim için açık bir şekilde israf olarak görülmektedir [37].

Spin kaplamada temel zorluklardan birisi, dönme sırasında merkezkaç kuvvetinden kaynaklanmaktadır. Derin kazınmış özellikler, çözelti akışında fiziksel bir tıkanıklığa neden olmakta, tam kapsama alanını engellemekte ve çoğu zaman bir oyuğun yakın ve uzak taraflarında veya wafer üzerindeki farklı konumlardaki boşluklar üzerinde varyasyonlar şeklinde, çizilmeye veya kalınlık değişimlerine direnç göstermektedir. Boşlukların boyutları ve şekilleride direnç tekdüzeliği ve kaplama kusurları üzerinde etkilidir. Boşluğun boyutunun dayanma katmanına etkisini araştıran deneyler, dikdörtgen ve kare biçimli oyuklara sahip waferlar üzerinde gerçekleştirilmektedir.

Spin kaplama yönteminin dezavantajları az olmasına rağmen alttaşı boyutu ve fotorezist maliyetleri arttıkça bu dezavantajlar daha fazla öne çıkmaktadır. Filmin ince

olmasını mümkün kılmak amacıyla büyük alttaşlar yeterince yüksek bir oranda döndürülemez. Spin kaplamasının en büyük dezavantajlarından diğeri malzeme verimliliğinin olmamasıdır. Tipik spin kaplama işlemleri, alt tabakaya dağıtılan malzemenin sadece % 2-5'ini kullanabilmekte, kalan% 95-98'i ise kaplama kabına konmakta ve uzaklaştırılmaktadır. Fotorezistlerin fiyatlarının önemli ölçüde artması yanı sıra bertaraf maliyetleride artış göstermektedir. Ekonomik olarak uygun üretim maliyetleri korunacaksa, özellikle düz panel ekran alanında, bu malzeme kullanımını iyileştirmek için bir yöntem birincil öneme sahiptir.

Sol-jel filmleri spin kaplama yöntemi ile kaplandığında, tipik kaplama kalınlığı değerleri 1 mikronun altındadır. Bu durumun; sol-jel solüsyonlarının sağladığı nispeten düşük katı yüklemeler, kurutma ve film katılaşmasına eşlik etmesi gereken yüksek düzeydeki fiziksel büzülmeden kaynaklandığı belirtilmektedir. Daha kalın kaplama yapma girişimleri, çatlamalara ve kırıklara yol açabilir [27].

### **4.3. Spin Kaplama Yönteminin Uygulama Alanları**

Spin kaplama işlemi entegre devreler, optik aynalar, renkli televizyon ekranları ve veri depolama için manyetik disk üretiminde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Merkezkaç kuvveti, sıvı radyalını dışarı doğru yönlendirir. Viskoz kuvvet ve yüzey gerilimi, düz alttaş üzerinde ince bir kalıntı filmin tutulmasına neden olur. Film dışı akışkan akışının ve buharlaşmanın birleşmesiyle oluşur.

Spin kaplama tekniği ince filmlerin uygulanması için yaklaşık 40-50 yıldır kullanılmaktadır. Entegre devreler, optik aynalar, veri depolama için manyetik disk, güneş pilleri, dedektörler, sensörler, VLSI (çok geniş ölçekli entegrasyon), nano ölçekli cihaz (kuantum noktalar, karbon nanotüpler), DVD ve CD ROM, foto mikro-devre üretimi için wafer desenlemede fotorezist, polimerler gibi mikro-devre fabrikasyon için yalıtım tabakaları (10 nm altında kalınlığında ince filmler oluşturmak için kullanılabilir), düz ekran teşhir kaplamaları, yansıma önleyici kaplamalar ve iletken oksit vb. uygulamaları bulunmaktadır.

## 5. İNCE FİLM KARAKTERİZASYONUNDA KULLANILAN TEKNİKLER

İnce bir film, nanometre (tek tabakalı) boyutundaki parçacıkların kalınlığından birkaç mikrometre kalınlığa kadar değişebilen bir malzeme tabakasıdır. Elektronik yarı iletken cihazlar ve optik kaplamalar, ince film oluşumlarından yararlanan ana uygulamalardır. Bir yüzeye ince bir film uygulamak, yüzeyde ince filmin biriktirilmesi ile gerçekleştirilir. Bu, seçilen materyalden ince bir filmin bir alttaş üzerine veya daha önce biriktirilmiş tabakalara yerleştirilmesi için bir tekniktir. “İnce” kavramı bağıl bir terimdir ancak çoğu biriktirme tekniği birkaç nanometre içinde tabaka kalınlığını kontrol etmektedir [38].

### 5.1. Mor Ötesi “Görünür Bölge” Spektroskopisi

Belirli bir dalga boyu aralığında, her kimyasal bileşik ışığı emer, iletir veya yansıtır (elektromanyetik radyasyon). Spektrofotometri, bir kimyasal maddenin ne kadar emdiği ya da ilettiğinin bir ölçümüdür ve bir spektrofotometre, numune çözeltisinden geçtikten sonra emilen ışığın yoğunluğunun miktarını ölçen bir araçtır. Spektrofotometre ile bir maddenin konsantrasyonları (bilinen bir kimyasal maddenin miktarı), tespit edilen ışığın yoğunluğu ölçülerek de belirlenebilir. Işık kaynağının dalga boyu aralığına bağlı olarak iki farklı tipte sınıflandırılabilir [39].

- UV-görünür spektrofotometre: Ultraviyole aralığında (185 - 400 nm) ve görünür alanda (400 - 700 nm) elektromanyetik radyasyon spektrumunda ışık kullanır.
- IR spektrofotometresi: Kızılötesi aralığında (700 - 15000 nm) elektromanyetik radyasyon spektrumunda ışık kullanır.

Ultraviyole veya görünür radyasyonun bir molekül tarafından emiliminin, molekülün elektronik enerji seviyeleri arasında geçişe yol açması nedeniyle buna genellikle elektronik spektroskopi adı da verilmektedir. Bu spektroskopi tarafından sağlanan bilgiler, Nükleer Manyetik Rezonans ve IR spektral verileri tarafından sağlanan bilgilerle birleştirildiğinde, önemli yapısal verilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Ultraviyole görünür spektroskopi, elektronların  $\pi$  veya bağlanmayan orbitallerden aktarılmasından kaynaklanan molekül içindeki elektronik enerji seviyelerindeki değişiklikleri incelemektedir. Genellikle  $\pi$ -elektron sistemleri, konjuge doymamışlıklar, aromatik bileşikler ve konjuge bağlanmayan elektron sistemleri vb. hakkında bilgi sağlamaktadır [40].

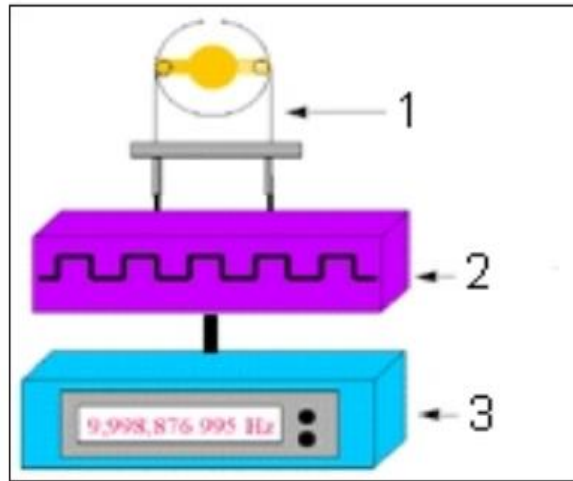
Elektronlar, materyalin ışıkla ışınlığında düşük enerjiden yüksek enerjili atomik veya moleküler orbitallere aktarılmaktadır. Bu tür elektron transfer işlemleri, geçiş metal iyonlarında (dd geçişleri ve ligand-metal veya metal toligand yük transferi geçişleri) ve inorganik ve organik moleküller (çoğunlukla  $n - r^*$  ve  $Tr - a^*$  geçişleri) gerçekleşebilir. Çözelti, gaz fazı ve bireysel kristallerin spektroskopik incelemeleri genellikle iletimle (transmisyon) gerçekleşir [41].

UV ve görünür bölge için kullanılan spektrofotometreler; tek ve çift ışına demetli spektrofotometreler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Tek ışın yollu spektrofotometrelerde aynı dalga boyunda çözücüye karşı ışın yolu kapatılarak sıfır geçirgenlik ayarları ve ışının yolu açılarak %100 geçirgenlik ayarları yapılır. Bunun dışında bilgisayar kontrollü cihazlarda ise çözücünün spektrumu alınıp, analitin spektrumundan çıkartılarak, çözücünden kaynaklı absorbanın girişi önlenir. Çift ışın yollu cihazlarda her dalga boyu için ayrı ayrı 0 ve 100 ayarları yapmak yerine, monokromatörden çıkan ışık eşit şiddete iki demete bölünerek birinin ölçülecek örneğe, diğerinin çözücünün bulunduğu kaba gönderilmesiyle ölçüm süresi azaltılır. Bu nedenle örnekteki geçirgenlik değerleri sürekli olarak çözücü ile karşılaştırma yapılmış olur. Görünür bölgede ise tungsten halojen lambalar veya ksenon ark lambaları daha çok kullanılmaktadır.

## 5.2. Kuartz Kristal Mikrobalsans (KKM)

Kuvars Kristal Mikrobalsans (Quartz Crystal Microbalance) farklı sensör uygulamalarda kullanılan, yüksek frekanslı, yüzeyin kütle değişiminde hassas bir yöntemdir. Sensör yüzeylerine adsorbe edilmiş olan tabakaların neden olduğu rezonans frekansındaki değişimlerin ( $\Delta f$ ) belirlenmesi temeline dayanmaktadır. 1950 yılına kadar frekans kayması  $\Delta f$ , yalnızca nitel olarak tanımlanmış bir olgu olmuştur. Küçük kütle değişimlerinin izlenmesi gerekliliği, daha sonraki dönemlerde ise araştırmacılara daha dikkatli bir şekilde araştırma yapmaları için yol göstermiştir. 1960'da bir kuvars kristalin rezonans frekansının kuvars tabakasının geometrik boyutlarına ve elektrotların kalınlığına bağlı olduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle imalatçılar istenen değerden daha yüksek rezonans frekansına sahip kuvars kristalleri hazırlayıp daha sonra mevcut kuvars elektrotlarının kalınlıklarını kontrol ederek frekansı denetlemişlerdir [42].

KKM tekniği piezoelektrik ilkesine dayanan, basit, yüksek çözünürlükte kütleyle hassas ve geniş miktar tayin aralığına sahip bir yöntemdir. KKM; algılayıcı kimyasal film tabakası ile kaplanmış elektrotların oluşturduğu, elektriksel enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren elektromekanik bir rezonatördür. KKM sistemi temel olarak kuartz kristali, osilatör ve frekansmetre olmak üzere 3 bölümden kullanılmaktadır [43].



Şekil 5.2. Kuvars Kristal Mikrobalsans sisteminin temel elemanları

KKM'lerin çözelti faz mikro dengeleyicinin kullanımına olanak vererek, sıvı ile temas halinde de çalışabildiği gösterilmiştir. KKM, tipik olarak osilasyon frekansının aygıt yüzeyindeki kütle birikimiyle azaldığı bir osilatör devresiyle birleştirilir. Bu mikroterazi yeteneği, birikimi izleme, tür belirleme (tespiti), immunoserolojik yöntem, sıvı kromatografik tespiti, korozyon görüntüleme ve elektrokimyasal analizler gibi birtakım çözelti ölçümlerini kolaylaştırmıştır. Kanazawa ve Gordon, çözeltide çalışan KKM'lerin, temas halinde oldukları çözeltinin viskozitesini ve yoğunluğunu algılamaya da duyarlı olduklarını göstermişlerdir. Moleküler baskılanmış polimer ile KKM'nin birleştirilmesiyle yapılan sensör tasarımı ilk olarak Mosbach ve ark. (1997) tarafından bildirilmiştir. Bu tip KKM sensörleri altın elektrotlar üzerinde baskılanmış polimer tabakası içerirler. KKM direkt moleküler tanıma tayinlerinde oldukça kullanışlı bir nicel tekniktir. KKM aparatları elektrot üzerindeki kütle değişimine göre frekans değişimi gösterirler. Bu nedenle bu teknik moleküler baskılı polimerle yapılan tanımlama işlemini, sensör sinyaline dönüştürmesi için uygundur. Polimerlerle baskılanmış ve birleştirilmiş KKM sensörleri, biyomimetik alanlarda ve kimyasal alanlarda uygulanmaktadır [42].

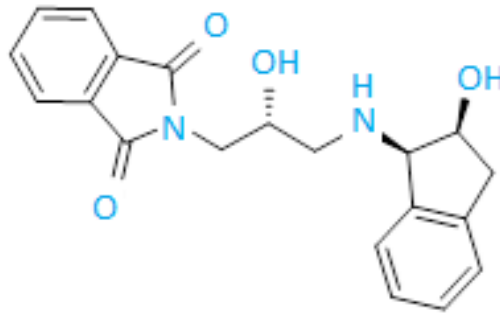
KKM, kullanılan kaplama çeşidine göre değişen nanometrik boşluklara sahiptir. Bu boşluklarla kendi çapından daha küçük olan molekülleri zapt eder. Zapt edilen molekül miktarına göre KKM'in kütlesi değişmektedir. Değişen kütle ile beraber KKM'in rezonans frekansı da değişmektedir. Bu dönüştürücüde 1 Hz'lik bir frekans değişimi,  $cm^2$ 'de 1 ng'lık soğurulan kütleyle karşılık gelmektedir. KKM üzerine kaplanan seçici bir kimyasal ara yüzeyle istenen gaz algılanabilmektedir. Genellikle moleküllerin boyutu, kaplama boşluklarının boyutuna ne kadar yakın olursa moleküllerin o boşluktan kaçması o kadar güç olacaktır [43].

## 6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmada ilk kez sentezlenmiş olan SB-68 maddesi 2 - ((R) -2-hidroksi-3 - (((1 R, 2S) -2-hidroksi-2,3-dihidro-1 H-inden-1-il) amino) propil) izoindolin-1,3-dion kullanılıp spin kaplama teknolojisinden yararlanarak ince film üretim tekniği ile ince filmler elde edildi. Bu filmler, Kuartz Kristal Mikrobalans (KKM) sistemi kullanılarak, organik buharla etkileşimlerinin incelenmesi ve bu etkileşimin neden sonuç araştırılmaları yapıldı.

### 6.1 Deneyde Kullanılan Maddenin Özellikleri

Sentezlenmiş olan SB-68 maddesi yapısında hidroksi amin gruplarını barındırmaktadır (Şekil 6.1.). Bu madde, spin kaplama yöntemi ile ince film üretiminde ilk kez bu tez kapsamı içerisinde kullanılmıştır [44].



Şekil 6.1. SB-68 sentez maddesinin molekül yapısı [44].

Bu malzemenin literatür taraması sonuçlarında spin kaplama ince film ve gaz sensör özelliklerine dair herhangi bir çalışmaya rastlanılmadı. Bu malzemenin sentezi için, 25 mL lik bir balona epoksit bileşiği alınır ve 10 mL metanol ilave edilir ve reaksiyon balonu 0 °C'ye soğutulur ve 30 dk karıştırılır. Bu madde metanol içinde süspansiyon haline gelmektedir. Tek boyunlu 10 mL'lik başka bir balona da amin bileşiği alınır ve bu maddede

10 mL metanolde çözünür. Bu madde iyi çözünmektedir. Çözünmüş olan bu amin çözeltisini ana reaksiyon kabına ilave edilir ve 1 saat oda sıcaklığına gelinceye kadar reaksiyon karıştırılır. Oda sıcaklığına gelen reaksiyon reflux edilir ve İnce tabaka kromatografisinde izlenerek bitirilir. Bu reaksiyon 15 saat kaynatılıp daha sonra reaksiyon soğutulur. Reaksiyon çözücüsü uçurulur ve CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> / MeOH (20/1) karışımdan kolon kromatografi yapılır. İşlemlerin sonucunda 2 - ((R) -2-hidroksi-3 - (((1 R, 2S) -2-hidroksi-2,3-dihidro-1 H-inden-1-il) amino) propil) izoindolin-1,3-dion bileşiği % 93 verimle elde edilmiştir [44].

## 6.2 Deneyde Kullanılan Çözeltinin Hazırlanması

İnce film üretimine geçmeden önce ilk olarak SB-68 maddesinin uygun bir çözücü yardımıyla çözünmesi sağlanmalıdır. Maddenin tam çözünmesinin sonrasında film kaplama işlemine başlanır. Bu çözeltiler 10 ml'lik balon jöje kullanılarak hazırlanmış ve çözelti hazırlamadan önce balon jöjeler kloroform ile temizlenip kurutulması sağlandı.

Bu işlemler tamamlandıktan sonra ince filmin kaplanmasında kullanılacak moleküller uygun çözücü yardımıyla çözünmüştür. İlk olarak 5 mg SB-68 maddesi ise 10 ml kloroformda karıştırılarak homojen bir çözelti haline getirildi (Şekil 6.2).



Şekil 6.2. SB-68 maddesi (a) katı haldeki ve (b) sıvı fazdaki görünümü



### 6.3 Deneyde Kullanılan Kuartz Yüzeylerin Temizlenmesi

Film kaplamada kullanılacak kuartz yüzeylere ait işlemlerden özellikle yüzeylerinin temizlenmesi son derece önemlidir. Kuartz yüzeylerin üzerinde bulunan kirlilik istenmez çünkü filmin kalitesini olumsuz yönde etkilemesiyle hem homojen olmasını hem de düzgün dağılımını engelleyecektir. İnce film kaplama işlemine başlamadan önce kuartz yüzeyler kloroform ve saf su ile temizlenip ve tamamen kurutulması sağlandı (Şekil 6.3).



Şekil 6.3. Film kaplama işleminde kullanılan kuartz cam yüzeyler

### 6.4 Deneyde Kullanılacak İnce Filmlerin Üretimi

Film kaplanacak olan kuartz yüzeyler (temizleme işlemleri gerçekleştirildikten sonra) spin kaplama cihazının içinde bulunan dönen tablanın üzerine yerleştirildi.



Şekil 6.4. Deney çalışmasından alınan bir görsel

Cihazın ön kısmında elektronik kontrol birimi bulunmaktadır. Bu kontrol birimi sayesinde katı yüzeyin dönme hızının ve dönme süresinin ayarlamaları yapılmaktadır. Çalışmaya başlamadan önce elektronik kontrol birimi kullanılarak, dönme hızı ve süresi ayarlandı. Aynı zamanda vakum sistemi yardımıyla katı yüzeyin dönme esnasında sabit durması sağlanmaktadır.

### 6.5 SB-68 Maddesi ile İnce Filmlerin Kaplanması

Kaplama için kloroform ile temizlenmiş kuartz cam yüzeyler spin kaplama cihazında bulunan dönen tablanın üzerine ortalanacak şekilde yerleştirildi. Öncelikli olarak nasıl bir film tabakasının oluşması isteniyorsa, istenilen film tabakası için veriler sisteme tek tek girildi, d/dk. 1. gösterge 500 olarak giriş yapıldı, diğer d/dk. 2. gösterge 1000 olarak belirlendi. Daha sonra dönüş yönü saat yönünde, zaman aralığını 10 ve adım sayısı 3 olarak belirlendi. Vakum açık konuma getirildi ve SB-68 çözeltilisinden 2000 µl'si mikron pipet yardımıyla alındı ve cihaz belli bir hızla dönmeye başladığı an dönen katı yüzey üzerine hızla enjekte edildi (Şekil 6.5). Çözücünün uçuculuk özelliğinin yüksek olması nedeniyle ince film kaplama süresi kısalmaktadır. Bu nedenle çözelti elde edilirken kullanılacak olan çözücünün uçuculuğunun iyi olması istenilen bir durumdur. Bu işlemin sonucunda kuartz cam yüzeyinde SB-68 maddesi ile ince film elde edildi.



Şekil 6.5. Deney çalışmasında kullanılan spin kaplama cihazı

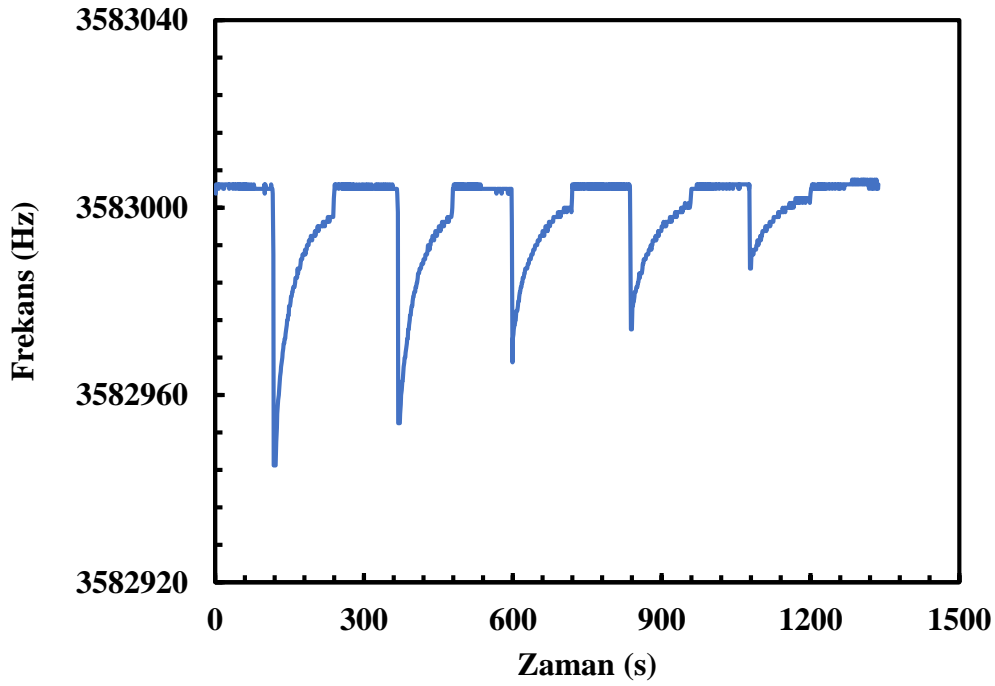
## 6.6 SB-68 Maddesi ile Yapılan Kinetik Çalışmalar

Spin kaplama yöntemi kullanılarak kuartz cam yüzeyler üzerine SB-68 sentez maddesiyle oluşan ince filmin organik buharlara karşı tepkisi tek tek incelendi. SB-68 filmi KKM sistemi kullanılarak aseton, kloroform, benzen, toluen, etil alkol, metanol, ksilen ve diklorometan gibi organik buharların etkileşmeleri sonucu kinetik grafikleri elde edildi ve bu doğrultuda sensör özelliklerinin araştırılması yapılmıştır.

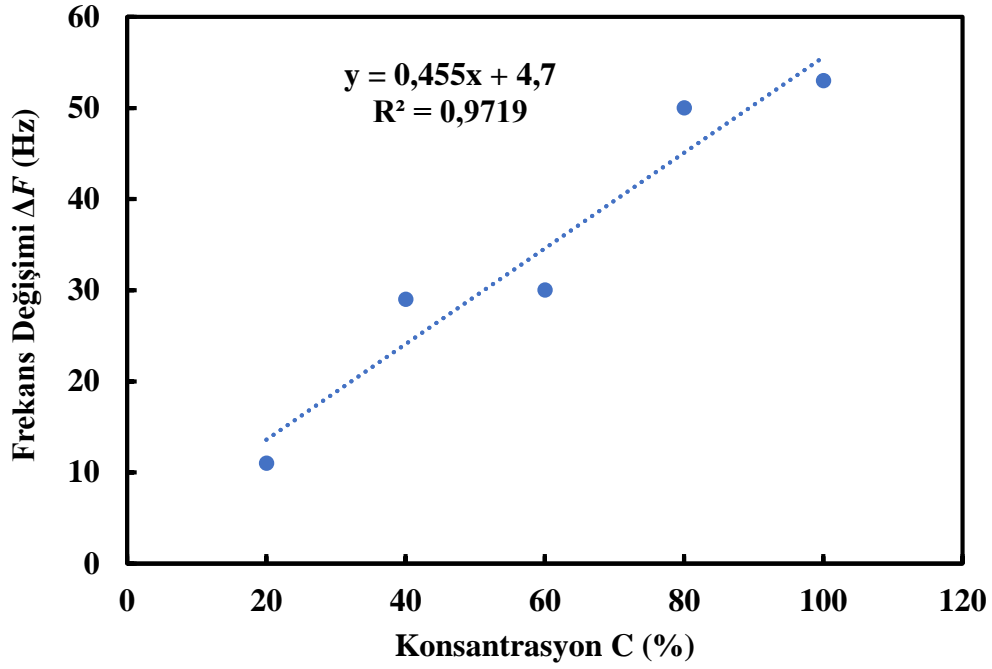
### 6.6.1 SB-68 Maddesinin Aseton Buharı ile Etkileşmesi

SB-68 sentez maddesiyle üretilen ince filmin duyarlılığı kuartz kristal mikrobalsan tekniği sayesinde kristalin frekans değişimi test edildi. KKM sisteminde ortama kuru hava verilerek başlanılır. Şekil 6.6.1'de 0 ile 120 s arasında ortam yüzeyinde hava bulunmaktadır. 120. s'de bir enjektör yardımıyla 2,5 ml aseton buharı alınarak gaz hücresindeki film yüzeyine gönderilir. 120. saniye ile 240. saniye aralığında asetonun ortam yüzeyinde yayıldığı, film-buhar etkileşimi devam ettiği görüldü. Bu saniyeden itibaren aseton buharının molekülleri ile SB-68 maddesi etkileşime girdiği ve kristalin rezonans değişiminde hızlı bir artış gözlemlendi. 240. s'de ortama tekrar kuru hava verilince bir önceki ortam şartlarının olduğu görüldü. 360. s'de aynı ortama yeniden 2 ml aseton buharı verildiğinde ise grafikteki değişimler gözlenir. Sisteme verilen buhar miktarıyla orantılı grafikte rezonans değişiminde hızlı bir artış görülmüş ve 360 ile 480 s'ler aralığında ortamda aseton buharı bulunmakta ve 481. s'de ise ortam yüzeyine tekrar kuru hava gönderildiğinde ise ortam aseton buharından tamamen arındırılır. 480-600 saniye aralığında sensörün ilk haline döndüğü görüldü. 600. s'de ortama 1,5 ml asetona maruz bırakılır ve rezonans değişimi takip edilir. 720. s'de ise ortam yüzeyine tekrar kuru hava gönderilir ortam aseton buharından tamamen arındırılmış ve 720-840 s'ler aralığında sensörün ilk haline döndüğü görüldü. Aynı ortama 840. s'de yeniden 1 ml aseton buharı verildiğinde ise grafikteki değişimler gözlenir. 840 ile 960 s'ler aralığında ortamda aseton buharı bulunmakta ve 960. s'de ise ortam yüzeyine tekrar kuru hava gönderildiğinde ise ortam aseton buharından tamamen arındırılır. 960-1080 s'ler aralığında sensörün ilk haline döndüğü görüldü. Aynı ortama 1081. s'de

yeniden 0,5 ml aseton buharı verildiğinde ise grafikteki değişimler gözlenir. 1080 ile 1200 s'ler aralığında ortamda aseton buharı bulunmakta ve 1200. s'de ise ortam yüzeyine tekrar kuru hava gönderildiğinde ise ortam aseton buharından tamamen arındırılır. 1200-1320 s'ler aralığında sensörün ilk haline döndüğü görüldü. Kısaca özetlemek gerekirse ortama aseton verildiğinde rezonans değişiminde hızlı bir artış olduğu tespit edildi. SB-68 maddesiyle kaplı ince film yüzeyine hava/aseton buharları farklı oranlarda yaklaşık beş kez tekrarlanınca sonucun değişmediği gözlemlendi. Burada SB-68 sentez maddesiyle elde edilen sensörün, aseton buharı için hızlı tepki verebildiği aynı zamanda tekrarlanabilir hem de geri dönüşüm özelliğine sahip olduğu sonucuna varılmıştır [45-46].



Şekil 6.6.1. SB-68 maddesinin aseton buharı ile etkileşmesi.



Şekil 6.6.1.1. SB-68 maddesinin aseton buharı ile etkileşim grafiği.

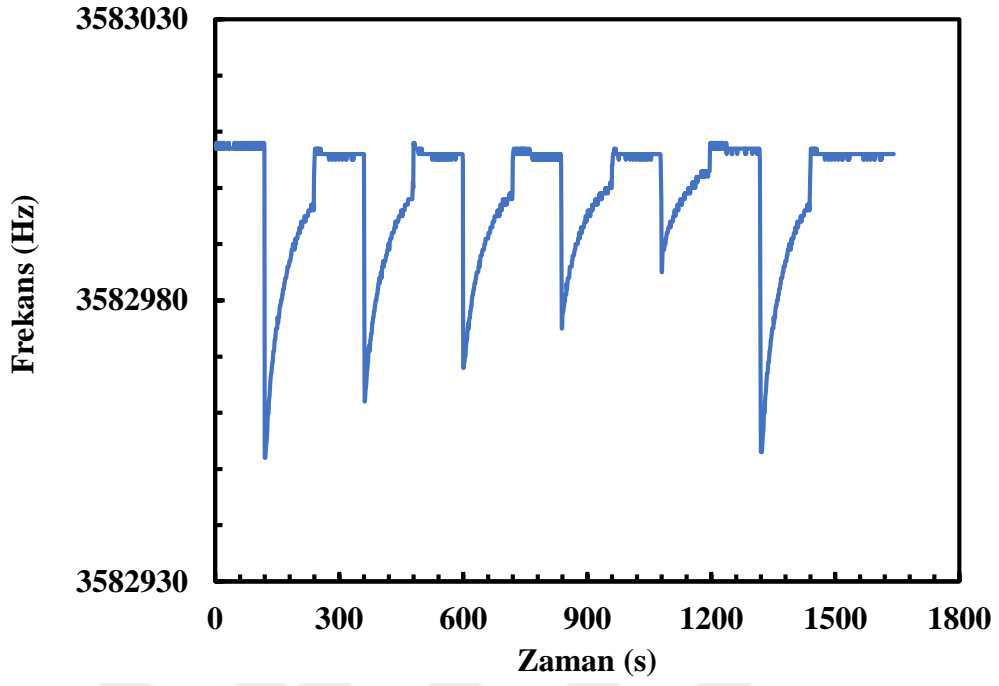
Şekil 6.6.1.1’ de SB-68 LB ince film sensörünün aseton buharına tepkisinde lineer bir ilişki gözlenmiştir. Aseton buharının konsantrasyon oranı arttıkça frekans değişiminin de arttığı sonucuna varılmıştır.

### 6.6.2 SB-68 Maddesinin Benzen Buharı ile Etkileşmesi

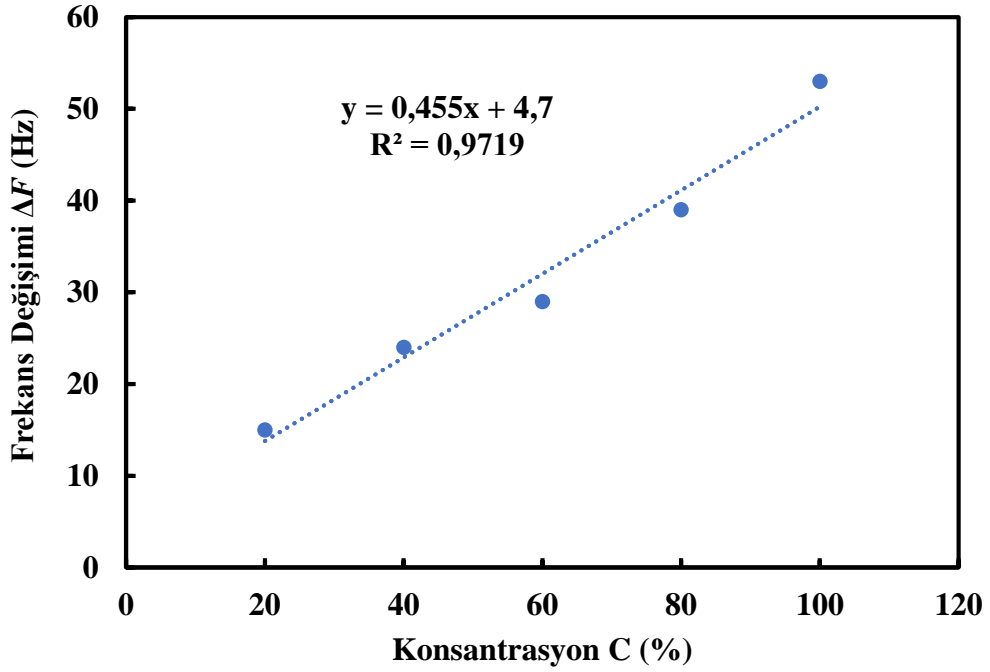
SB-68 sentez maddesiyle üretilen ince filmin duyarlılığı kuartz kristal mikrobalsan tekniği sayesinde kristalin frekans değişimi test edildi. KKM’de sisteminde ortama kuru hava verilerek başlanılır. Şekil 6.6.2’de 0 ile 120 s arasında ortam yüzeyinde hava bulunmaktadır. 120. s’de bir enjektör yardımıyla 2,5 ml benzen buharı alınarak gaz hücresinden film yüzeyine gönderilir. 120 ile 240. s’lerinde benzenin ortam yüzeyinde yayıldığı, film-buhar etkileşimi devam ettiği görüldü. Bu saniyeden itibaren benzen buharının molekülleri ile SB-68 maddesi etkileşime girdiği ve kristalin rezonans değişiminde hızlı bir artış gözlemlendi. 240. s’de ortama tekrar kuru hava verilince bir önceki ortam şartlarının oluştuğu görüldü. 360. s’de aynı ortama yeniden 2 ml benzen buharı verildiğinde ise grafikteki değişimler gözlenir. Sisteme verilen buhar miktarıyla orantılı

grafikte rezonans değişiminde hızlı bir artış görölmüş ve 360 ile 480 s'ler aralığında ortamda benzen buharı bulunmakta ve 481. s'de ise ortam yüzeyine tekrar kuru hava gönderildiğinde ise ortam benzen buharından tamamen arındırılır. 480-600 s'ler aralığında sensörün ilk haline döndüğü görüldü. 600. s'de ortama 1,5 ml benzen buharına maruz bırakılır ve rezonans değişimi takip edilir. 720. s'de ise ortam yüzeyine tekrar kuru hava gönderilir ortam benzen buharından tamamen arındırılmış ve 720-840 s'ler aralığında sensörün ilk haline döndüğü görüldü. Aynı ortama 840. s'de yeniden 1 ml benzen buharı verildiğinde ise grafikteki değişimler gözlenir. 840 ile 960 s'ler aralığında ortamda benzen buharı bulunmakta ve 960. s'de ise ortam yüzeyine tekrar kuru hava gönderildiğinde ise ortam benzen buharından tamamen arındırılır. 960-1080 s'ler aralığında sensörün ilk haline döndüğü görüldü. Aynı ortama 1081. s'de yeniden 0,5 ml benzen buharı verildiğinde ise grafikteki değişimler gözlenir. 1080 ile 1200 s'ler aralığında ortamda benzen buharı bulunmakta ve 1200. s'de ise ortam yüzeyine tekrar kuru hava gönderildiğinde ise ortam benzen buharından tamamen arındırılır. 1200-1320 s'ler aralığında sensörün ilk haline döndüğü görüldü.

Kısaca özetlemek gerekirse ortama benzen verildiğinde rezonans değişiminde hızlı bir artış olduğu tespit edildi. SB-68 maddesiyle kaplı ince film yüzeyine hava/benzen buharları farklı oranlarda yaklaşık beş kez tekrarlanınca sonucun değişmediği gözlendi. Burada SB-68 sentez maddesiyle elde edilen sensörün, benzen buharı için hızlı tepki verebildiği aynı zamanda tekrarlanabilir hem de geri dönüşüm özelliğine sahip olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 6.6.2. SB-68 maddesinin benzen buharı ile etkileşmesi.



Şekil 6.6.2.1. SB-68 maddesinin benzen buharı ile etkileşim grafiği.

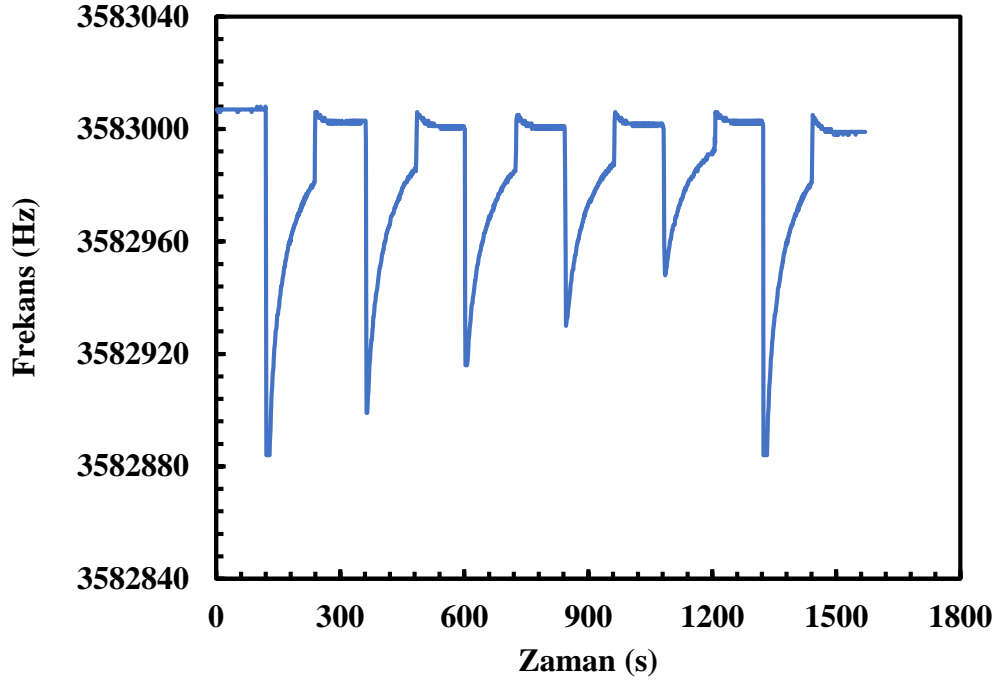
Şekil 6.6.2.1' de SB-68 ince film sensörünün benzen buharına tepkisinde lineer bir ilişki gözlenmiştir. Benzen buharının konsantrasyon oranı arttıkça frekans değişiminin de arttığı sonucuna varılmıştır.

### **6.6.3 SB-68 Maddesinin Kloroform Buharı ile Etkileşmesi**

SB-68 sentez maddesiyle üretilen ince filmin duyarlılığı kuartz kristal mikrobalans tekniği sayesinde kristalin frekans değişimi test edildi. KKM'de sisteminde ortama kuru hava verilerek başlanılır. Şekil 6.6.3'de 0 ile 120 s arasında ortam yüzeyinde hava bulunmaktadır. 120. s'de bir enjektör yardımıyla 2,5 ml kloroform buharı alınarak gaz hücresinden film yüzeyine gönderilir. 120 ile 240. s'lerinde kloroform buharının ortam yüzeyinde yayıldığı, film-buhar etkileşimi devam ettiği görüldü. Bu saniyeden itibaren kloroform buharının molekülleri ile SB-68 maddesi etkileşime girdiği ve kristalin rezonans değişiminde hızlı bir artış gözlemlendi. 240. s'de ortama tekrar kuru hava verilince bir önceki ortam şartlarının oluştuğu görüldü. 360. s'de aynı ortama yeniden 2 ml kloroform buharı verildiğinde ise grafikteki değişimler gözlenir. Sisteme verilen buhar miktarıyla orantılı grafikte rezonans değişiminde hızlı bir artış görülmüş ve 360 ile 480 s'ler aralığında ortamda kloroform buharı bulunmakta ve 481. s'de ise ortam yüzeyine tekrar kuru hava gönderildiğinde ise ortam kloroform buharından tamamen arındırılır. 480-600 s'ler aralığında sensörün ilk haline döndüğü görüldü. 600. s'de ortama 1,5 ml kloroform buharına maruz bırakılır ve rezonans değişimi takip edilir. 720. s'de ise ortam yüzeyine tekrar kuru hava gönderilir ortam kloroform buharından tamamen arındırılmış ve 720-840 s'ler aralığında sensörün ilk haline döndüğü görüldü. Aynı ortama 840. s'de yeniden 1 ml kloroform buharı verildiğinde ise grafikteki değişimler gözlenir. 840 ile 960 s'ler aralığında ortamda kloroform buharı bulunmakta ve 960. s'de ise ortam yüzeyine tekrar kuru hava gönderildiğinde ise ortam kloroform buharından tamamen arındırılır. 960-1080 s'ler aralığında sensörün ilk haline döndüğü görüldü. Aynı ortama 1081. s'de yeniden 0,5 ml kloroform buharı verildiğinde ise grafikteki değişimler gözlenir. 1080 ile 1200 s'ler aralığında ortamda kloroform buharı bulunmakta ve 1200. s'de ise ortam yüzeyine tekrar kuru hava gönderildiğinde ise ortam kloroform buharından tamamen arındırılır. 1200-1320 s'ler aralığında sensörün ilk haline döndüğü görüldü.

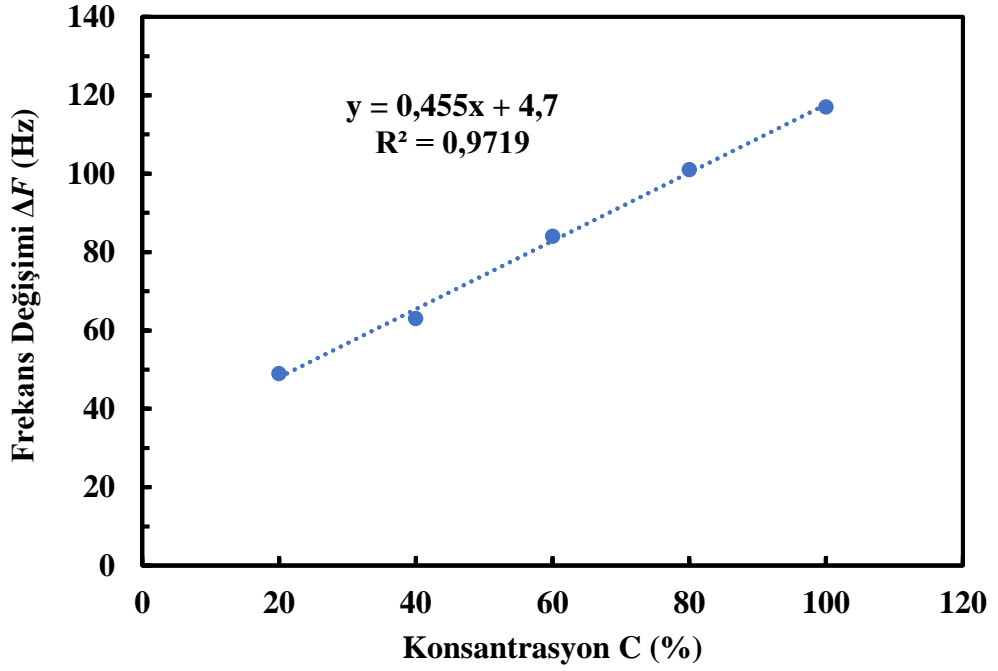


Kısaca özetlemek gerekirse ortama kloroform verildiğinde rezonans değişiminde hızlı bir artış olduğu tespit edildi. SB-68 maddesiyle kaplı ince film yüzeyine hava/kloroform buharları farklı oranlarda yaklaşık beş kez tekrarlanınca sonucun değişmediği gözlemlendi. Burada SB-68 sentez maddesiyle elde edilen sensörün, kloroform buharı için hızlı tepki verebildiği aynı zamanda tekrarlanabilir hem de geri dönüşüm özelliğine sahip olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 6.6.3. SB-68 maddesinin kloroform buharı ile etkileşmesi.

Şekil 6.6.3.1’ de SB-68 ince film sensörünün kloroform buharına tepkisinde lineer bir ilişki gözlemlenmiştir. Kloroform buharının konsantrasyon oranı arttıkça frekans değişiminin de arttığı sonucuna varılmıştır.



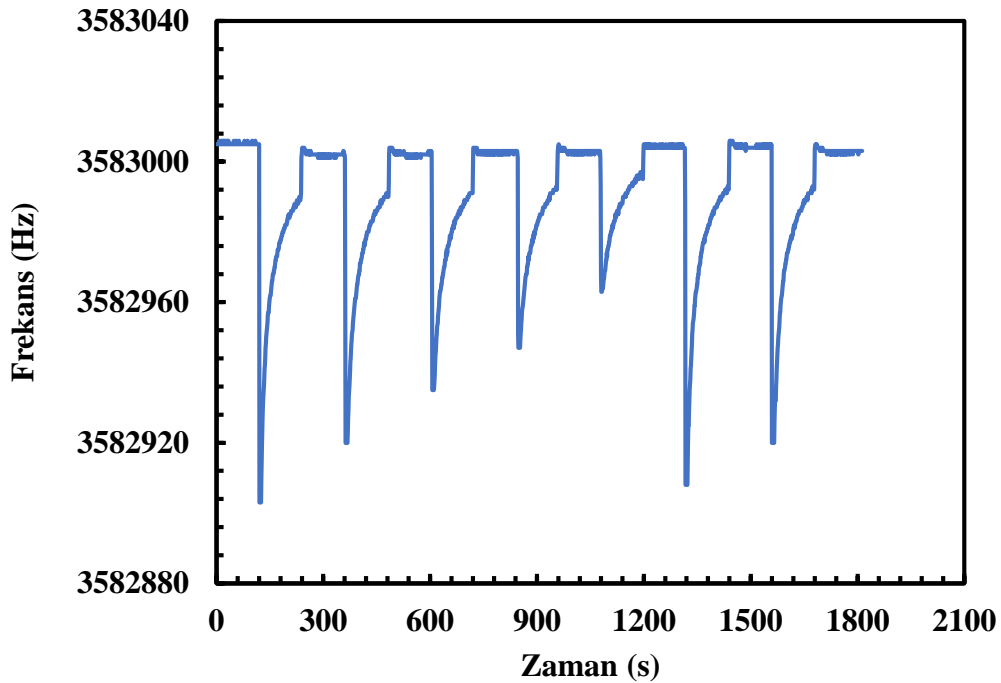
Şekil 6.6.3.1. SB-68 maddesinin kloroform buharı ile etkileşim grafiği.

#### 6.6.4 SB-68 Maddesinin Diklorometan Buharı ile Etkileşmesi

SB-68 sentez maddesiyle üretilen ince filmin duyarlılığı kuartz kristal mikrobalans tekniği sayesinde kristalin frekans değişimi test edildi. KKM’de sisteminde ortama kuru hava verilerek başlanılır. Şekil 6.6.4’de 0 ile 120 s arasında ortam yüzeyinde hava bulunmaktadır. 120. s’de bir enjektör yardımıyla 2,5 ml diklorometan buharı alınarak gaz hücresinden film yüzeyine gönderilir. 120 ile 240. s’lerinde diklorometan buharının ortam yüzeyinde yayıldığı, film-buhar etkileşimi devam ettiği görüldü. Bu saniyeden itibaren diklorometan buharının molekülleri ile SB-68 maddesi etkileşime girdiği ve kristalin rezonans değişiminde hızlı bir artış gözlemlendi. 240. s’de ortama tekrar kuru hava verilince bir önceki ortam şartlarının oluştuğu görüldü. 360. s’de aynı ortama yeniden 2 ml diklorometan buharı verildiğinde ise grafikteki değişimler gözlenir. Sisteme verilen buhar miktarıyla orantılı grafikte rezonans değişiminde hızlı bir artış görülmüş ve 360 ile 480 s’ler aralığında ortamda diklorometan buharı bulunmakta ve 481. s’de ise ortam yüzeyine tekrar kuru hava gönderildiğinde ise ortam diklorometan buharından tamamen arındırılır. 480-600 s’ler aralığında sensörün ilk haline döndüğü görüldü. 600. s’de ortama 1,5 ml diklorometan buharına maruz bırakılır ve rezonans değişimi takip edilir. 720. s’de ise ortam yüzeyine

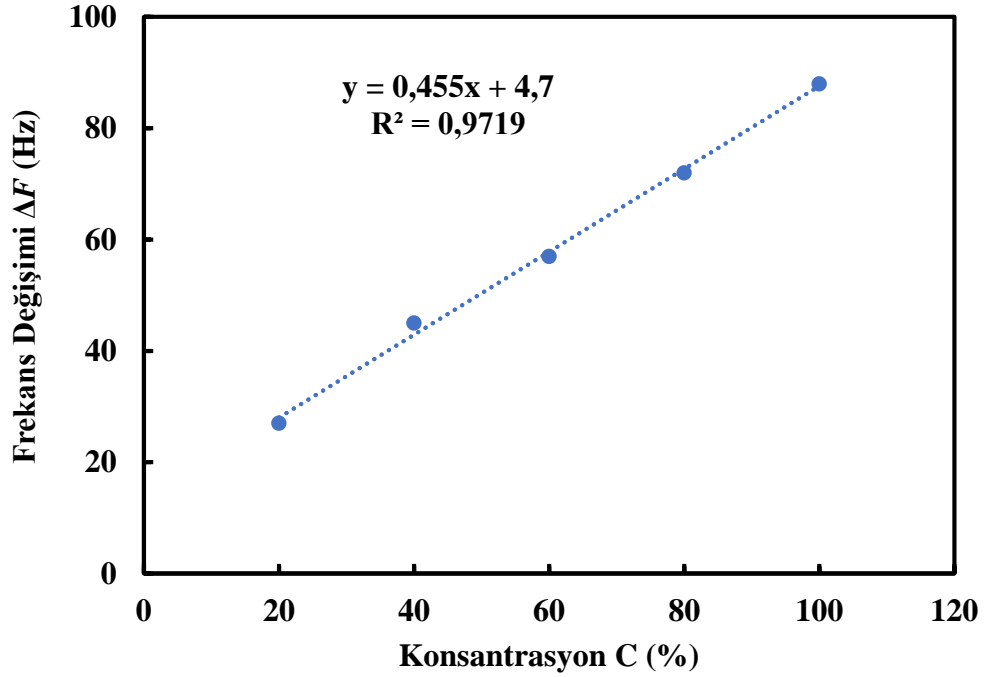
tekrar kuru hava gönderilir ortam diklorometan buharından tamamen arındırılmış ve 720-840 s'ler aralığında sensörün ilk haline döndüğü görüldü. Aynı ortama 840. s'de yeniden 1 ml diklorometan buharı verildiğinde ise grafikteki değişimler gözlenir. 840 ile 960 s'ler aralığında ortamda diklorometan buharı bulunmakta ve 960. s'de ise ortam yüzeyine tekrar kuru hava gönderildiğinde ise ortam diklorometan buharından tamamen arındırılır. 960-1080 s'ler aralığında sensörün ilk haline döndüğü görüldü. Aynı ortama 1081. s'de yeniden 0,5 ml diklorometan buharı verildiğinde ise grafikteki değişimler gözlenir. 1080 ile 1200 s'ler aralığında ortamda diklorometan buharı bulunmakta ve 1200. s'de ise ortam yüzeyine tekrar kuru hava gönderildiğinde ise ortam diklorometan buharından tamamen arındırılır. 1200-1320 s'ler aralığında sensörün ilk haline döndüğü görüldü.

Kısaca özetlemek gerekirse ortama diklorometan verildiğinde rezonans değişiminde hızlı bir artış olduğu tespit edildi. SB-68 maddesiyle kaplı ince film yüzeyine hava/diklorometan buharları farklı oranlarda yaklaşık beş kez tekrarlanınca sonucun değişmediği gözlemlendi. Burada SB-68 sentez maddesiyle elde edilen sensörün, diklorometan buharı için hızlı tepki verebildiği aynı zamanda tekrarlanabilir hem de geri dönüşüm özelliğine sahip olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 6.6.4. SB-68 maddesinin diklorometan buharı ile etkileşmesi.

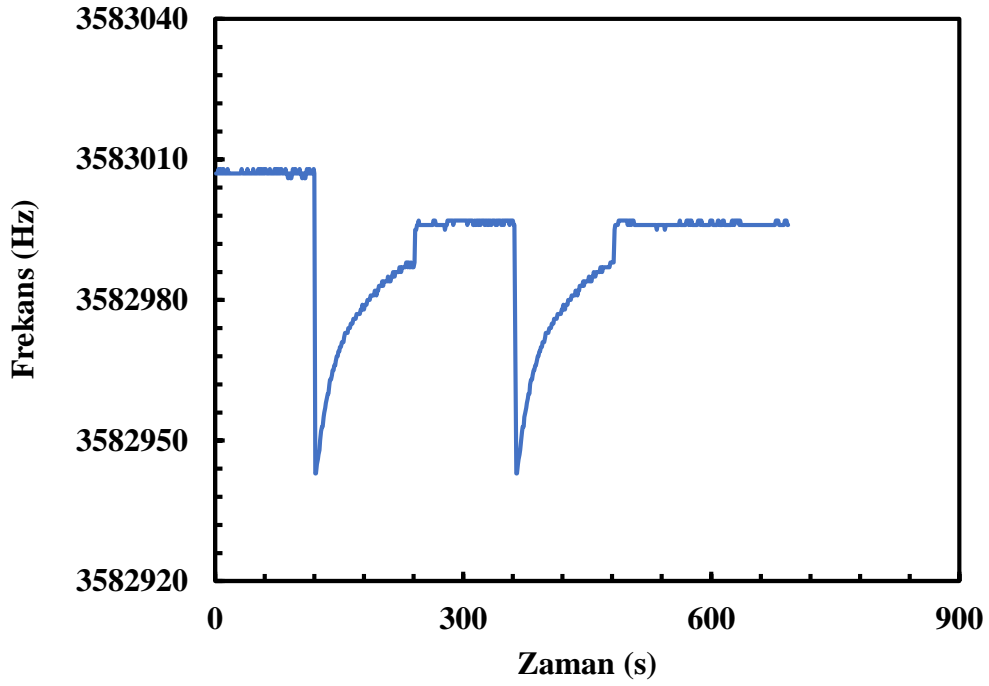
Şekil 6.6.4.1’ de SB-68 ince film sensörünün diklorometan buharına tepkisinde lineer bir ilişki gözlenmiştir. Diklorometan buharının konsantrasyon oranı arttıkça frekans değişiminin de arttığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 6.6.4.1. SB-68 maddesinin diklorometan buharı ile etkileşim grafiği.

### 6.6.5 SB-68 Maddesinin Etilalkol Buharı ile Etkileşmesi

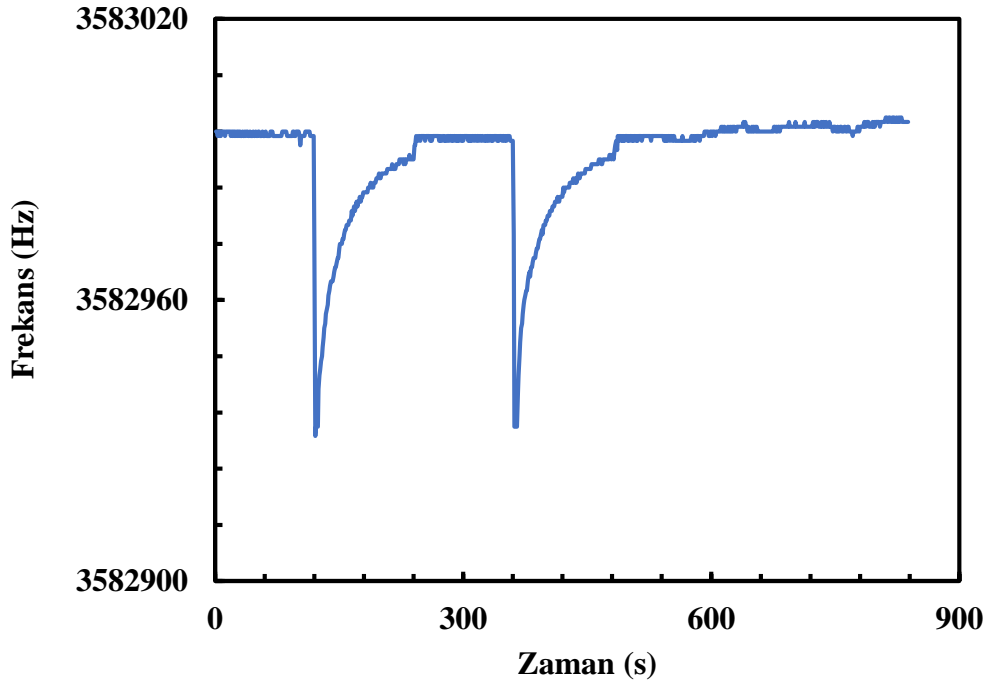
Şekil 6.6.5’de SB-68 molekülü ile üretilen ince filmin etilalkol buharına karşı etkileşmesi sonucu elde edilen çalışmanın kinetik grafiği aşağıdaki gibidir. SB-68 sensör yüzeyine 2 dk da bir ortama hava ve organik buhar verildi. Toplamda iki kez 2,5 ml % 100 doymuş etilalkol buharı gönderildi ve sırasıyla 120. s’de, 360. s’lerdeki rezonans değişimlerinde artış görüldü. Ayrıca grafik incelendiğinde SB-68 maddesi ile etilalkol buharının etkileşmeleri hızlı olmuştur ve burada deneme amaçlı yapılan bu çalışmamız gelecekte yapacağımız çalışmalar için bize ışık tutmuştur.



Şekil 6.6.5. SB-68 maddesinin etilalkol buharı ile etkileşmesi.

#### 6.6.6 SB-68 Maddesinin Metanol Buharı ile Etkileşmesi

Şekil 6.6.6'de SB-68 molekülü ile üretilen ince filmin metanol buharına karşı etkileşmesi sonucu elde edilen çalışmanın kinetik grafiği aşağıdaki gibidir. SB-68 sensör yüzeyine 2 dk da bir ortama hava ve organik buhar verildi. Toplamda iki kez 2,5 ml % 100 doymun metanol buharı gönderildi ve sırasıyla 120. s'de, 360. s'lerdeki rezonans değişimlerinde artış görüldü. Ayrıca grafik incelendiğinde SB-68 maddesi ile metanol buharının etkileşmeleri hızlı olmuştur ve burada deneme amaçlı yapılan bu çalışmamız gelecekte yapacağımız çalışmalar için bize ışık tutmuştur.



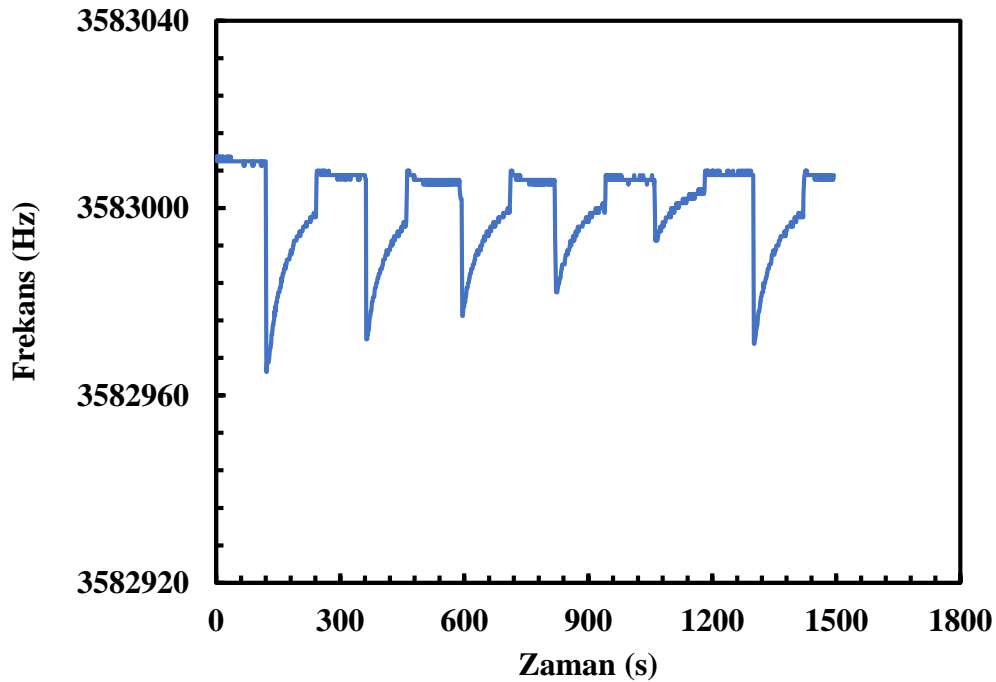
Şekil 6.6.6. SB-68 maddesinin metanol buharı ile etkileşmesi.

### 6.6.7 SB-68 Maddesinin Toluen Buharı ile Etkileşmesi

SB-68 sentez maddesiyle üretilen ince filmin duyarlılığı kuartz kristal mikrobalans tekniği sayesinde kristalin frekans değişimi test edildi. KKM'de sisteminde ortama kuru hava verilerek başlanılır. Şekil 6.6.7'de 0 ile 120 s arasında ortam yüzeyinde hava bulunmaktadır. 120. s'de bir enjektör yardımıyla 2,5 ml toluen buharı alınarak gaz hücresinden film yüzeyine gönderilir. 120 ile 240. s'lerinde toluenin ortam yüzeyinde yayıldığı, film-buhar etkileşimi devam ettiği görüldü. Bu saniyeden itibaren toluen buharının molekülleri ile SB-68 maddesi etkileşime girdiği ve kristalin rezonans değişiminde hızlı bir artış gözlemlendi. 240. s'de ortama tekrar kuru hava verilince bir önceki ortam şartlarının olduğu görüldü. 360. s'de aynı ortama yeniden 2 ml toluen buharı verildiğinde ise grafikteki değişimler gözlenir. Sisteme verilen buhar miktarıyla orantılı grafikte rezonans değişiminde hızlı bir artış görülmüş ve 360 ile 480 s'ler aralığında ortamda toluen buharı bulunmakta ve 481. s'de ise ortam yüzeyine tekrar kuru hava gönderildiğinde ise ortam toluen buharından tamamen arındırılır. 480-600 s'ler aralığında sensörün ilk haline döndüğü

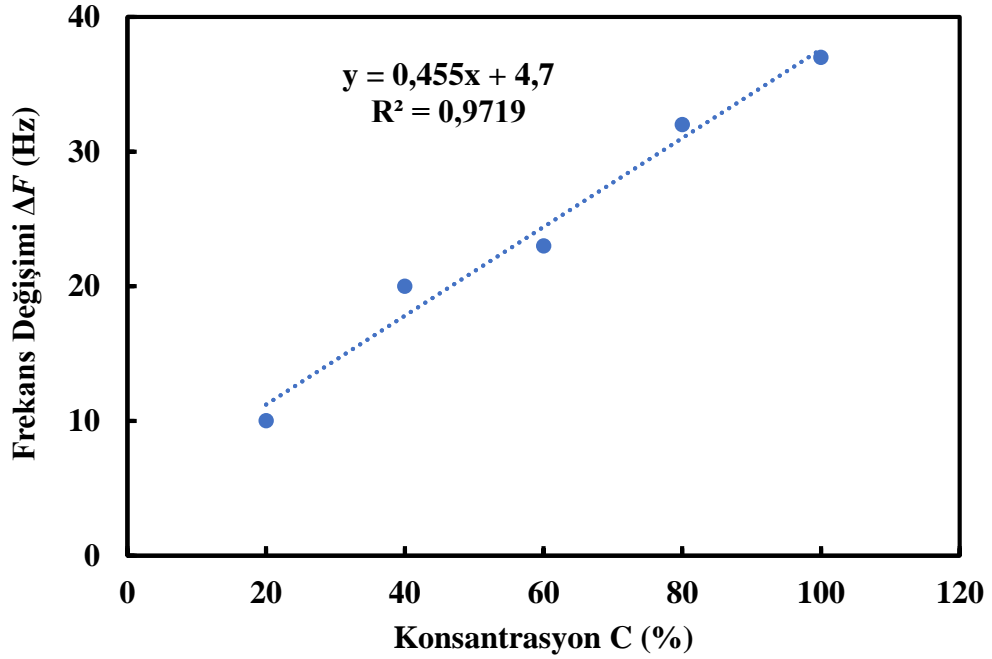
görüldü. 600. s’de ortama 1,5 ml toluen buharına maruz bırakılır ve rezonans değişimi takip edilir. 720. s’de ise ortam yüzeyine tekrar kuru hava gönderilir ortam toluen buharından tamamen arındırılmış ve 720-840 s’ler aralığında sensörün ilk haline döndüğü görüldü. Aynı ortama 840. s’de yeniden 1 ml toluen buharı verildiğinde ise grafikteki değişimler gözlenir. 840 ile 960 s’ler aralığında ortamda toluen buharı bulunmakta ve 960. s’de ise ortam yüzeyine tekrar kuru hava gönderildiğinde ise ortam toluen buharından tamamen arındırılır. 960-1080 s’ler aralığında sensörün ilk haline döndüğü görüldü. Aynı ortama 1081. s’de yeniden 0,5 ml toluen buharı verildiğinde ise grafikteki değişimler gözlenir. 1080 ile 1200 s’ler aralığında ortamda toluen buharı bulunmakta ve 1200. s’de ise ortam yüzeyine tekrar kuru hava gönderildiğinde ise ortam toluen buharından tamamen arındırılır. 1200-1320 s’ler aralığında sensörün ilk haline döndüğü görüldü.

Kısaca özetlemek gerekirse ortama toluen verildiğinde rezonans değişiminde hızlı bir artış olduğu tespit edildi. SB-68 maddesiyle kaplı ince film yüzeyine hava/toluen buharları farklı oranlarda yaklaşık beş kez tekrarlanınca sonucun değişmediği gözlemlendi. Burada SB-68 sentez maddesiyle elde edilen sensörün, toluen buharı için hızlı tepki verebildiği aynı zamanda tekrarlanabilir hem de geri dönüşüm özelliğine sahip olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 6.6.7. SB-68 maddesinin toluen buharı ile etkileşmesi.

Şekil 6.6.3.1’ de SB-68 LB ince film sensörünün toluen buharına tepkisinde lineer bir ilişki gözlenmiştir. Toluen buharının konsantrasyon oranı arttıkça frekans değişiminin de arttığı sonucuna varılmıştır.

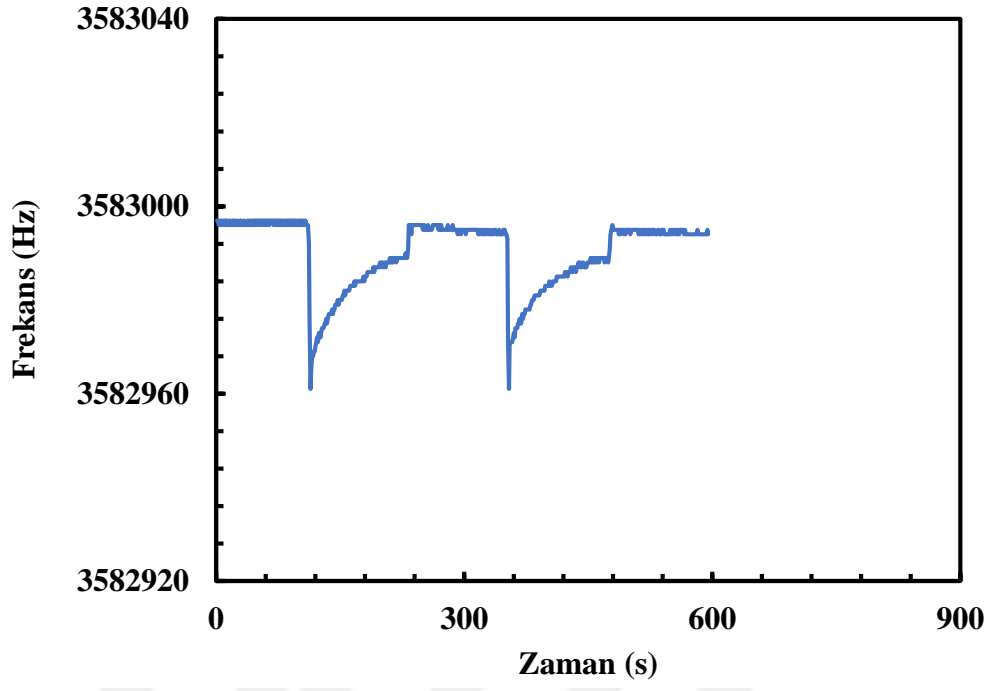


Şekil 6.6.7.1. SB-68 maddesinin toluen buharı ile etkileşim grafiği

### 6.6.8 SB-68 Maddesinin Ksilen Buharı ile Etkileşmesi

Şekil 6.6.8’de SB-68 molekülü ile üretilen ince filmin ksilen buharına karşı etkileşmesi sonucu elde edilen çalışmanın kinetik grafiği aşağıdaki gibidir. SB-68 sensör yüzeyine 2 dk da bir ortama hava ve organik buhar verildi. Toplamda iki kez 2,5 ml % 100 doymun ksilen buharı gönderildi ve sırasıyla 120. s’de, 360. s’lerdeki rezonans değişimlerinde artış görüldü. Ayrıca grafik incelendiğinde SB-68 maddesi ile ksilen buharının etkileşmeleri hızlı olmuştur ve burada deneme amaçlı yapılan bu çalışmamız gelecekte yapacağımız çalışmalar için bize ışık tutmuştur.

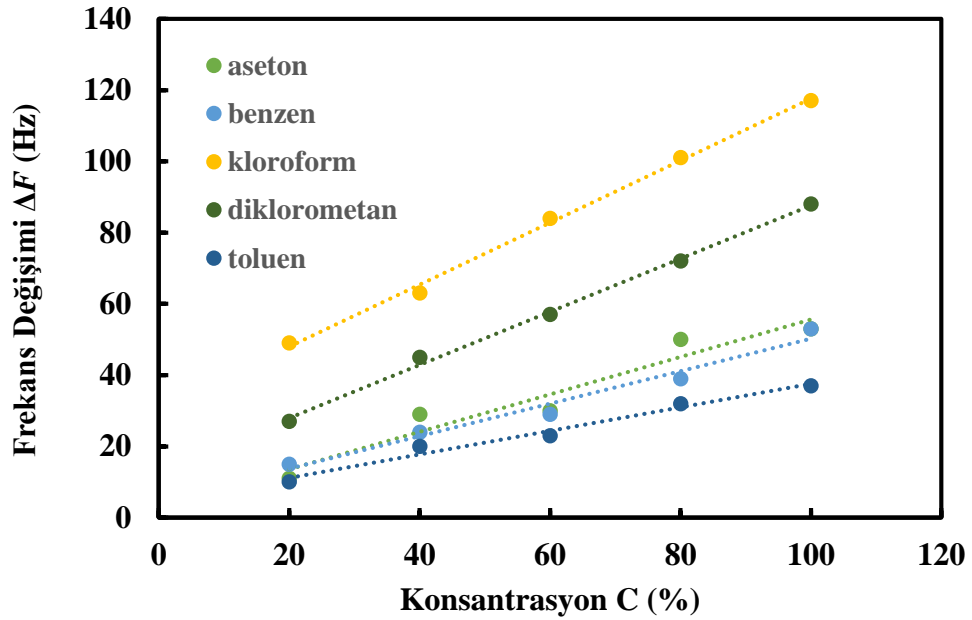




Şekil 6.6.8. SB-68 maddesinin ksilen buharı ile etkileşmesi.

## 7. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, spin kaplama ile ince film üretim tekniği kullanılarak ilk defa sentezlenmiş 2-((R)-2-hydroxy-3-(((1R,2S)-2-hydroxy-2,3-dihydro-1H-inden-1-yl)amino)propyl)isoindoline-1,3-dione molekülü (SB-68 şeklinde kodlanan madde) ile ince filmler üretildi. Kuartz cam yüzeyler üzerine kaplanan SB-68 moleküllerinden oluşan ince filmler KKM sistemiyle sensör özellikleri araştırıldı.



Şekil 7. SB-68 maddesinin organik buharlar ile etkileşim sonuçları.

SB-68 maddesinden film üretilmeden önce uygun çözücülerde çözüldükten sonra spin kaplama sistemi kullanılarak ince film kaplandı. Bu ince filmler KKM sistemi yardımıyla aseton, kloroform, benzen, toluen, etil alkol, metanol, ksilen ve diklorometan gibi sekiz farklı organik buhara karşı maruz bırakılıp sensör özelliklerinin incelenmesi sağlandı.

SB-68 maddesinin bu organik buharlara karşı tepki süresinin hızlı olduğu görülmüştür. SB-68 maddesinden elde edilen sensörün bu buharlardan en iyi aseton, benzen,

toluen, kloroform ve diklorometan buharına tepki verdiği görüldü. SB-68 maddesini sensör olarak oda sıcaklığında kullanılması tasarlandığında, aseton, benzen, toluen, kloroform ve diklorometan buharına karşı tepkisinin hızlı, geri dönüşümlü, tekrarlanabilir olması nedeniyle seçici olacağından ev ve iş yerlerinde kullanılması konusunda tercih edilebileceği görülmüştür.



## 8. KAYNAKLAR

- [1] <http://cevreonline.com/cevre-kirliligi-cesitleri/>, (Erişim: 16.03.2019).
- [2] David A., Shah S.I., “Handbook of Thin Film Process Technology”, Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, 25, 1995.
- [3] Hass, G., Thun, R.E., “Physics of Thin Films Advances in Research and Development”, 341, Academic Press, USA, 1969.
- [4] Akal, D. 2013, “İç Ortam Hava Kirliliği ve Çalışanlara Olumsuz Etkileri”, *Çalışma Dünyası Dergisi*, 1(1): 112-119.
- [5] Sofuoğlu, A. 2003, “Hava Kirliliği”, *İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü*, 1-12.
- [6] İlkılıç, C. ve Behçet, R. 2006, “Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerindeki Etkisi”, *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 66-72.
- [7] Alyüz, B. ve Veli, S. 2006, “İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşikler Ve Sağlık Üzerine Etkileri”. *Trakya Uni. J Sci*, 7(2): 109–116.
- [8] Menteş, S. ve Güllü, G. (2009). “Organik Bileşiklerin Farklı İç Ortamlardaki Seviyeleri”. *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 673-679.
- [9] Özdemir, O. 2016, “Organik Tabanlı Gaz Sensörlerinde Adsorpsiyon Kinetiğinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi. *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-74.
- [10] Kelen, F. 2014, “Motorlu Taşıt Emisyonlarının İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerine Etkileri”, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19 (1-2): 80-87.
- [11] Chaloulakou A, Mavroidis I, Duci A. 2003, “Indoor and outdoor Carbon Monoxide Concentration Relationships at Different Microenvironments in the Athens Area”, *Chemosphere*, 52 (6): 1007–1019.

- [12] Chaloulakou A, Mavroidis I. 2002, “Comparison Of Indoor And Outdoor Concentrations of CO At A Public School. Evaluation Of An Indoor Air Quality Model”. *Atmospheric Environment*, 36: 1769–1781.
- [13] Akın, G.2006, “Küresel Isınma, Nedenleri Ve Sonuçları”, *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*,46 (2): 29-43.
- [14] Bulut, H. 2012, “Havalandırma ve İç Hava Kalitesi Açısından CO2 Miktarının Analizi”. *Tesisat Mühendisliği*, 128: 61-70.
- [15] Mena, H. R. and Larsen, E. M. (2010). “Indoor Environment in Schools”. Master’s Thesis. *Technical Univevcity of Denmark Civil Engineering*, 1-61.
- [16] EPA, 2016, Chloroform.
- [17] Heyrovska, R. 2008, “Atomic Structure of Benzene Which Accounts for Resonance Energy”, *The Czech Academy of Sciences*, 1-8.
- [18] EPA, 2016, Benzen.
- [19] Reyna, M. and Lee, J. S. 2015, “Toluene”, *Texas Commission On Environmental Quality*, 1-14.
- [20] WHO, 2000, “Air Quality Guidelines - Second Edition”, *World Health Organisation*, Denmark, 1-20.
- [21] Çomunoğlu, N., Doğan Ekici, I., Eren, B., Türkmen, N., Fedakar, R. ve Çöloğlu, S. 2009, “Toluen Bileşiklerinin Toksik Etkilerinin 4 Otopsi Olgusu Üzerinden Değerlendirilmesi”, *Adli Tıp Dergisi*, 23(1): 33-43.
- [22] Elbeyli, S., Erol, M., Birlik, I., Ebeoğlugil, M. F., Mermer, O., Yiğit, R. Taş, S., Toparlı, M. ve Çelik, E. 2014, “Gaz Sensörleri İçin Sol-jel Yöntemiyle Cam Altlıklar Üzerine Cu:SnO<sub>2</sub> Filmlerin Üretilmesi ve Karakterizasyonu”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14: 407-416.
- [23] Mohandos, R., Dhanuskodi, S., Renganathan, B. and Sastikumar, D. 2013, “Gas Sensing Property of Lithium Tetraborate Clad Modified Fiber Optic Sensor”, *Current Applied Physics*, 13: 957-963.

- [24] Liu, X., Cheng, S., Liu, H., Hu, S., Zhang, D. and Ning, H. 2012, "A Survey on Gas Sensing Technology", *Sensors*, 12: 9635-9665.
- [25] Barin, Ö. 2016, "Ultraviyole Işık Altında Hfo<sub>2</sub> Yarıiletken Numunelerinin Gaz Algılama Özelliklerinin Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-74.
- [26] Ferdaus, M M. 2014, "Design and Fabrication of a Simple Cost Effective Spin Coater for Deposition of Thin Film", *Advances in Environmental Biology*, 8(3) Special: 729-733.
- [27]. Birnie, D.P. 2004, Spin Coating Technique. M. A. Aegerter et al. (eds.), In: Sol-Gel Technologies for Glass Producers and Users, Springer Science+Business Media New York.
- [28] Çapan, İ. 2008, "Kendiliğinden Yığılma ve Dönel Kaplama Yöntemleri ile Üretilen Organik İnce Filmlerin Gaz Algılayıcı Özelliklerinin Belirlenmesi", Doktora Tezi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir, 1-135.
- [29] Özüilerigiden, S. 2012, "Yarı İletken Oksit Filmlerin Gaz Sensörleri Üzerine Uygulanması ve Optimizasyonu", Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 1-41.
- [30] Hellstrom, S.L. 2007, Published course work for physics 210, Stanford University, USA.
- [31] Schubert, D.W. and Dunkel, T. 2003, "Spin coating from molecular point of view: Its concentration regimes, Influence of molar of molar mass and distribution", *Mater. Res. Innov.*, 7, 314.
- [32] Mitzi, D.B., Kosbar, L.L., Murray, C.E., Copel, M. and Atzali, A. 2004, "High mobility ultrathin semiconducting films prepared by spin coating", *Nature*, 428, 299-303.
- [33] Meyerhofer, D. 1978, "Key stages in spin coating process", *J. Appl. Phys.*, 49, 3993.
- [34] Hanaor, D., Trianni, G. and Sorrell, C. 2011, "Morphology and photocatalytic activity of highly oriented mixed phase titanium dioxide thin film", *Surf. Coat. Tech.*, 205(12), 855-874.

- [35] Peeters, T. and Remoortere, B.V. 2008, "Parameters of the spin coating process", J. Appl. Sci., 46, 685-696.
- [36] Sönmezoğlu, S., Koç, M., ve Akın, S. 2012, İnce Film Üretim Teknikleri, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(5): 389-401.
- [37] Ossila, Spin Coating: A Guide to Theory and Techniques, <https://www.ossila.com/pages/spin-coating>. (Erişim: 26.11.2018).
- [38] Sevvanthi, P., A. Claude, C. Jayanthi and A. Poiyamozi. 2012, Instrumentation for fabricating an indigenous spin coating apparatus and growth of zinc oxide thin films and their characterizations. *Advances in Applied Science Research*, 3(6):3573-3580.
- [39] Sanda, F.M., Victor, M.E., Monica, T.A. ve Alina, C. 2012. Spectrophotometric Measurements Techniques For Fermentation Process. Internal Report. Hungary-Romania Cross-Border Co-operation Programme 2007-2013.
- [40] Kumar, S. 2006. *Spectroscopy of Organic Compounds*. Guru Nanak Dev University Amritsar -143005. [http://www.uobabylon.edu.iq/eprints/publication\\_11\\_8282\\_250.pdf](http://www.uobabylon.edu.iq/eprints/publication_11_8282_250.pdf) (Erişim: 25.04.2018).
- [41] Weckhuysen, B.M. 2004. Ultraviolet-Visible Spectroscopy. Chapter 12. In: *In-situ Spectroscopy of Catalysts* (B. M. Weckhuysen Ed.), pp. 255-270. American Scientific Publishers, USA.
- [42] Özen, P. ve Ebeoğlu, M.A. 2011. Sıvılarda Kimyasalları Algılayıcı QCM Sensör Tabanlı Sistem Tasarımı. Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- [43] Özel, F. 2010. Organik Molekül Temelli Gaz Sensörü Çalışmaları. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [44] Bozkurt S, Durmaz M, Naziroglu HN, Yılmaz M, Sirit A. "Amino alcohol based chiral solvating agents: synthesis and applications in the NMR enantiodiscrimination of carboxylic acids" *Tetrahedron: Asymmetry* 2011, 22, 541–549.
- [45] Açıkbaz, Y., Çapan, R., Erdoğan, M., Bulut, L., Soykan, C., "Optical Characterization And Swelling Behaviour Of Langmuir–Blodgett Thin films Of A Novel Poly[(Styrene (St)-

*Co Glycidyl Methacrylate (GMA)*”, Sensors And Actuators B: Chemical, Elsevier, 2017.

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





# ÖZGEÇMİŞ

## **Kişisel Bilgiler**

Soyadı, adı: AKKOYUNLU, Cemil

Uyruğu: T.C.

Doğum tarihi ve yeri: 22.05.1978 Malatya

Medeni hali: Bekâr

Telefon: 0 (507) 720 39 74

e-mail: c\_akkoyunlu@hotmail.com

## **Eğitim Durumu:**

Yüksek Lisans: Uşak Üniversitesi, Malzeme Bilimi Ve Nanoteknoloji Mühendisliği Bölümü, Tez Çalışması Devam Ediyor

Lisans: Elazığ Fırat Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, (01/2007)

## **İş Deneyimi:**

Dilechem Kimya Firmasında, Ar-Ge Mühendisi Olarak Çalışıyorum. İzmir-Türkiye (01/2019-Devam)

Aliğa RAVAGO Petrokimya Üretim Firmasında, Masterbatch Üretim Hattı-Üretim Mühendisi Olarak Çalıştım. İzmir-Türkiye (02/2017-10/2018)

## **Sertifikalar:**

ISO 9001 KYS Temel Eğitimi TSE - 07.05.2012-08.05.2012(16 Saat)

ISO 9001 KYS İç Tetkik Eğitimi TSE - 09.05.2012-10.05.2012(16 Saat)

ISO 9001 KYS Dokümantasyon Eğitimi TSE - 11.05.2012-11.05.2012(8 Saat)

LPG Dolum Tesisleri ve Oto gaz İstasyonları Sorumlu Müdür Belgesi- 07.2009

TMMOB KMO-Kimya Mühendisleri Odası Üyesi

C Sınıfı İş Güvenliği Uzmanlığı

**Stajlar:**

POLİBAK- Plastik Film Sanayii ve Ticaret A.Ş. 2006, 2 ay- İzmir-Türkiye

TÜPRAŞ- Türkiye Petrol Rafinerisi A.Ş. 2005, 2 ay- Aliğa-İzmir-Türkiye

**Aktivitelere:**

Fotoğraf çekmek, Seyahat etmek, Basketbol ve Futbol oynamak, Yüzmek

**Nitelikler:** Yabancı Diller: İngilizce (Orta)

**Bilgisayar Bilgileri:** MS Word, MS Excel, MS Powerpoint, C, Chemcad, Mathcad, Mathlab.