T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZİK ANABİLİM DALI

SnO_2 KARBONMONOKSİT GAZ SENSÖRLERİNİN ÜRETİMİ VE ELEKTRİKSEL KARAKTERİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MURAT KABAKCI

OCAK 2013
MUĞLA

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEZ ONAYI

MURAT KABACI tarafından hazırlanan **SnO_2 KARBONMONOKSİT GAZ SENSÖRLERİNİN ÜRETİLMESİ ve ELEKTRİKSEL KARAKTERİZASYONU** başlıklı tezinin, 11/01/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Fizik Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

TEZ SINAV JURİSİ

Prof. Dr. İbrahim Halil MUTLU **(Jüri Başkanı)** İmza:
Elektrik Elektronik Mühendisliği, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa

Yrd.Doç.Dr. Rüştü EKE **(Üye)** İmza:
Fizik Anabilim Dalı, MuğlaSıtkı KoçmanÜniversitesi, Muğla

Doç. Dr. Neşe KAVASOĞLU **(Danışman)** İmza:
Fizik Anabilim Dalı, MuğlaSıtkı KoçmanÜniversitesi, Muğla

ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI ONAYI

Prof. Dr.Arif NESRULLAZADE İmza:
FizikAna Bilim Dalı Başkanı, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Doç. Dr. Neşe KAVASOĞLU İmza:
Danışman, Fizik Anabilim Dalı, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Savunma Tarihi: 16/01/2013

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yapıldığını da beyan ederim.

Murat KABAKCI

11/01/2013



iii

ÖZET

SnO_2 KARBONMONOKSİT GAZ SENSÖRLERİNİN ÜRETİMİ VE ELEKTRİKSEL KARAKTERİZASYONU

Murat KABAKCI

Yüksek Lisans Tezi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Neşe KAVASOĞLU
Ocak 2013, 78 sayfa

Bu çalışmada saf ve katkılı SnO_2 malzemeleri döndürmeli kaplama sistemi yardımıyla cam alttaşlar üzerine hazırlanmıştır. Hazırlanan örneklerin CO gazına duyarlılığının araştırılabilmesi amacıyla deneysel bir düzenek kurulmuştur. CO gaz miktarı kontrol edilebilen bir ortamdaki saf ve katkılı SnO_2 malzemelerin hassasiyet ve tepki süresi tespit edilmiştir. Çalışmanın ikinci kısmında ise $Ag/SnO_2/p–Si$ aygıt yapısının elektronik aygıt parametrelerinin CO gazına duyarlılığı araştırılmıştır. Aygıtın akım gerilim karakteristiklerinin ve aygıt parametrelerinin ortamdaki gaz miktarı ile değişim gösterdiği tespit edilmiştir.Yapılan ölçümler sonucunda hazırlanan malzeme ve eklem yapının ortamdaki CO gaz sensörü olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sensör, Hassasiyet, Tepki Süresi, Karbonmonoksit Gazı

ABSTRACT

FABRICATION AND ELECTRICAL CHARACTERIZATION OF SnO_2 CARBON MONOXIDE GAS SENSORS

Murat KABAKCI

Master of Science (M.Sc.)
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Physics Department
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Neşe KAVASOĞLU
January 2013, 78 pages

In this study, pure and doped SnO_2 materials were prepared on glass substrates by using spin coating system. Gas sensitivities of the prepared materials and devices are measured using a home made experimental set-up. Sensitvity and response time values of the materials are tested in the closed and gas controllable media. Investigation of $Ag/SnO_2/p–Si$ device parameters in the different amounth of CO gas constitutes second section of this study. Current-voltage characteristics and device parameters were changed with the amount of CO gas. It is concluded that prepared materials and device structure are convenient for detection of CO gas.

Keywords: Sensor, Sensitivity, Response Time, Carbonmonoxide Gas

ÖNSÖZ

Bu çalışma sırasında göstermiş olduğu destek ve yardımlardan dolayı değerli hocam Doç. Dr. Neşe KAVASOĞLU' na çok teşekkür ederim.Deneysel düzeneğin hazırlanması aşamasında bilgi birikim ve tecrübesiyle bizlere yardımcı olan çok değerli hocam A. Sertap KAVASOĞLU' na teşekkür erdim. Tez çalışması boyunca her türlü bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan çok değerli arkadaşlarım Atilla Eren MAMUK, Çağdaş KOÇAK, Bengül METİN, Özcan BİRGİ ve çok değerli diğer çalışma arkadaşlarıma yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Bu tez çalışması BAP-2011/44numaralı Muğla Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi tarafından desteklenmiştir, teşekkür ederim.

Eğitim öğretim hayatım boyunca sürekli yanımda olan her zaman güvenen desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim. İyi günde kötü günde sürekli yanımda olup çalışmalarımın her aşamasında manevi destek olan her zaman güvenen ve yanımdan ayrılmayan biricik kız arkadaşım Gülnur YEL'e sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **ix**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **x**
SEMBOLLER DİZİNİ ..... **xii**
1. GİRİŞ **1**
2. SENSÖR **4**
2.1. Sensörlere Giriş 4
2.2. Sensör Tanımı 4
2.3. Sensör Olarak İnsan Vücudu 5
2.4. Sensör Parametreleri 7
3. KARBONMONOKSİT GAZI **9**
3.1. Karbonmonoksit Gazının Özellikleri 9
3.1.1. İdeal gaz 9
3.1.2. Gerçek gaz 10
3.2. Karbonmonoksit Gazının Zehirleme Süreci ve İlk Yardımı 10
3.3. Karbonmonoksitin Toksit Dozu 10
3.4. Klinik Bulgular 11
3.5. Tedavi Süreci 12
4. DENEY DÜZENEĞİ **13**
4.1. Kabonmonoksit Gazının Elde Edilmesi 13
4.1.1. Kömür ve telin seçimi 15
4.1.2. Karbonmonoksit gazının kapalı bir kapta biriktirilmesi 17
4.1.3. Üretilen karbonmonoksit gazının taşınması 17
4.2. Karbonmonoksit Sensörünün Direncinin Ölçülmesi 18
4.2.1. Mekanik kontak alma düzeneği 19
4.2.2. Sensörün direncinin belirlenmesi 21
4.3. Bilgisayar Yazılımı 23
4.4. Referans Sensörü 27
4.4.1. Kimyasal sensörler 27
4.4.2. Kimyasal gaz sensörleri 28
4.5. Deney Düzeneğinin Test Edilmesi ve Optimizasyonu 29

4.5.1. Kömürün test edilmesi 29
4.5.2. Kapalı kap içerisindeki gazın sabit tutulması 30
5. MALZEME VE MATERYAL 33
5.1. Kalay (Sn) 33
5.2. SnO_2 (Kalay Oksit) Genel Bakış 34
5.3. Sol – Jel Metodu 36
5.4. Numune Hazırlama 37
5.4.1. Çözeltinin hazırlanması ve alttaşların temizlenmesi 37
5.4.2. Alttaşların temizlenmesi 37
5.4.3. Çözeltinin Hazırlanması 38
5.5. Döndürmeli Kaplama Metodu 38
5.5.1. Döndürmeli kaplama sisteminin "rpm" nin hesaplanması 39
5.6. SnO_2 Sensörlerinde Algılama Mekanizması 40
6. DENEYSEL SONUÇ VE YORUMLAR 47
6.1. Deneysel Bulgular ve Yorumlar 47
6.1.1. 0.1 molar saf SnO_2 sensörünün hassasiyet ve tepki süresi ölçümleri 47
6.1.2. 0.3 molar saf SnO_2 sensörünün hassasiyet ve tepki süreleri ölçümleri 54
6.1.3. %5 Zn katkılı 0.1 molar SnO_2 malzemesinin hassasiyet ve tepki süreleri ölçümleri 56
6.1.4. %10 Zn katkılı 0.1 molar SnO_2 malzemesinin hassasiyet ve tepki süreleri ölçümleri 57
6.2. Ag/SnO_2/p-si Aygıtının Elektriksel Özelliklerinin Ortamdaki CO Gaz Miktarının Değişimi ile İncelenmesi 63
7. SONUÇ – YORUM 71
KAYNAKÇA 73
ÖZGEÇMİŞ 77

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Tipik ses şiddeti seviyeleri 6
Çizelge 3.1. Kandaki karbonmonoksit düzeyine göre klinik bulgular 11
Çizelge 4.1. Wheatstone köprüsünde kullanılan direnç değerleri 22
Çizelge5.1. Sn atomuna ait bazı özellikler 34
Çizelge 5.2. SnO2 ye ait bazı özellikler 35
Çizelge 6.1. Farklı gaz ortamlarında ölçülen I – V eğrilerinden elde edilen I_o değerleri 65

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Sensör 5
Şekil 4.1. Karbonmonoksit sensör ölçüm deney düzeneğinin şematik gösterimi 14
Şekil 4.2. Elektriksel ölçümlerin yapıldığı deney düzeneği 15
Şekil 4.3. Karbonmonoksit üretilecek kömür 16
Şekil 4.4. Karbonmonoksit gazının kapalı haznede biriktirilimesi ve kontollü bir şekilde iletilmesini sağlayan bölüm 18
Şekil 4.5. Direnç ölçüm sisteminin şematik gösterimi 20
Şekil 4.6. Kapalı hazne içerisine yerleştirilen direnç ölçüm düzeneği ve referans sensörünün görünümü 21
Şekil 4.7. Wheatstone köprüsü deney düzeneği 22
Şekil 4.8. Yazılımın bilgisayar ekranındaki görüntüsü 23
Şekil 4.9. Bilgisayar programı ekranı 25
Şekil 4.10. Bilgisayar programının çalışır hali 25
Şekil 4.11. Çalışır haldeki sistemin bilgisayar ekranının şematik görüntüsü 27
Şekil 4.12. Kimyasal sensörün çalışma prensibi 27
Şekil 4.13. Kapalı kapta karbonmonoksit gazının biriktirilmesi ve boşaltılması 29
Şekil 4.14. Kapalı kaptaki gazın sabitlenmesi ölçümü 30
Şekil 4.15. Test ünitesindeki gaz miktarının zamanla değişi 31
Şekil 4.16. Test ünitesindeki gaz miktarının kontrollü bir şekilde dışarı atılması 31
Şekil 4.17. Gaz miktarına bağlı sensörün direncinin değişiminin optimizasyon ölçümü 32
Şekil 5.1.Sn atomunun elektronik konfigürasyonu 34
Şekil 5.2. Toz halindeki SnO_2 35
Şekil 5.3. SnO_2 nin tetragonal yapısı 36
Şekil 5.4. İnce filmlerin hazırlanmasında kullanılan döndürmeli kaplama sistemi 39
Şekil 5.5. Dakikadaki devir sayısı (rpm) için hazırlanan ölçüm düzeneği 39
Şekil 5.6. 'rpm' in uygulanan dış gerilime bağlı değişimi 40
Şekil 5.7. SnO_2' nin grain sınırlarındaki Schottky bariyerin oluşumu, bariyer yüksekliğinin değişimi ve sensör direncinin gaz miktarına bağlı değişimi 43
Şekil 6.1. SnO_2 sensörünün karbonmonoksit gaz miktarına bağlı olarak zamanla elektriksel direncinin değişimi 48
Şekil 6.2. Hassasiyetin gaz miktarına bağlı değişimi 48
Şekil 6.3. Hassasiyetin ve gaz miktarının zamanla değişimi 49

Şekil 6.4. Sensörün 210 ppm'deki hassasiyet eğrisi (üstte), tepki süresi eğrisi (altta)..... 50

Şekil 6.5. Sensörün 310 ppm değerindeki hasasiyet (üstte) ve tepki süresi eğrisi (altta)..... 51

Şekil 6.6. Sensörün 800 ppm değerinde 5 dakika beklenmesi sonucu elde edilen hassasiyet eğrisi..... 52

Şekil 6.7. Sensörün 800 ppm değerindeki hassasiyet (üstte), tepki süresi eğrisi (altta)..... 53

Şekil 6.8. 0.3 M Çözelti ile hazırlanan SnO_2 sensörünün 250 ppm gaz miktarındaki hassasiyet (üstte), tepki süresi ölçümü (altta) 55

Şekil 6.9. 0.3 M Çözelti ile hazırlanan SnO_2 sensörünün 500 ppm gaz miktarındaki hassasiyetinin zamanla değişimi (üstte) ve tepki süresi ölçümü (altta)..... 56

Şekil6.10.%5 Zn katkılı SnO_2 karbonmonoksit gaz sensörünün hassasiyet eğrisi 57

Şekil 6.11. %10 Zn katkılı SnO_2 karbonmonoksit gaz sensörünün 100 büyütmeli optik mikroskopta çekilmiş yüzey resmi 58

Şekil 6.12. 0.1 M çözelti ile hazırlanan SnO_2' ye % 10 Zn katkılanarak elde edilen gaz sensörünün hassasiyetinin zamanla değişimi 58

Şekil 6.13. 0.1 M çözelti ile hazırlanan SnO_2' ye % 10 Zn katkılanarak elde edilen sensörünün hassasiyetinin gaz miktarı ile değişimi..... 59

Şekil 6.14. Saf SnO_2 kullanılarak üretilen gaz sensörünün gaz miktarına bağlı hassasiyet değişimi (üstte), %10 oranında Zn katkılanarak üretilen gaz sensörünün gaz miktarına bağlı olarak hassasiyetinin değişimi (altta) 60

Şekil 6.15. 0.1 M çözelti ile hazırlanan SnO_2' ye % 10 Zn katkılanarak elde edilen sensörünün 90 ppm deki hassasiyet (üstte), tepki süresi (altta) eğrileri 61

Şekil 6.16. 0.1 M çözelti ile hazırlanan SnO_2' ye % 10 Zn katkılanarak elde edilen gaz sensörünün 380 ppm deki hassasiyet (üstte) ve tepki süresi (altta) ölçümü 62

Şekil 6.17. 0.1 M çözelti ile hazırlanan SnO_2' ye % 10 Zn katkılanarak elde edilen gaz sensörünün 585 ppm deki hassasiyet (üstte) ve tepki süresi ölçümü (altta)..... 63

Şekil 6.18. Ag/SnO_2/p-si aygıtının şematik gösterimi 64

Şekil 6.19. T= 300K' de Ag/SnO_2/p/si eklemin farklı miktarlardaki karbonmonoksit gazına maruz kalması sonucu elde edilen akım – gerilim grafiği..... 65

Şekil 6.20. T= 300K' de Ag/SnO_2/p/si eklemin 24 saat sonra ölçülen akım – gerilim grafiği 66

Şekil 6.21. İdealite faktörünün gerilime bağlı değişimi 66

Şekil 6.22. Eklemin 1 MHz deki kapasitans gerilim eğrisi..... 67

Şekil 6.23. Eklemin $1/C^2$ – V eğrisi 68

Şekil 6.24. Ara yüzey yoğunluğunun ara yüzey enerji durumuna bağlı değişimi 70

SEMBOLLER DİZİNİ

ε_0	Havanın dielektrik geçirgenliği
S	Hassasiyet
R_0	Sensörün hava ortamındaki direnç
R_g	Sensörün gaz ortamındaki direnç
I_o	Ters besleme doyma akımı
CO	Karbonmonoksit
SnO_2	Kalay(II) oksit
Zn	Çinko
χ	Elektron Alınganlığı
E_C	İletkenlik Bandı Kıyısı
E_V	Değerlik Bandı Kıyısı
E_F	Fermi Enerjisi
k_B	Boltzman Sabiti
ϕ_b	Metal ile yalıtkan arasındaki potansiyel bariyer
I_0	Ters doyma akımı
A^*	Yarıiletkenin Richardson sabiti
ϕ_T	Oksit tabaka tarafından oluşturulan ortalama bariyer yüksekliği
δ	Oksit tabaka kalınlığı
Ω	Ohm

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun zamanla göçebe hayattan yerleşik hayata geçmesi ile özellikle kış aylarında ısınma ihtiyacı ortaya çıkmıştır. İlk başlarda bu ihtiyaçlarını odun ve benzeri gibi maddeler kullanarak karşılamışlar daha sonra kömürün bulunmasıyla birlikte kömür kullanmaya başlamışlardır. Teknolojinin gelişmesiyle günümüzde birçok ekonomik olarak gelişmiş büyük şehirlerde yakıt olarak doğal gaz kullanılmaktadır. Bu yakıtların hepsinin ortak noktası ise tam olarak yanmadıkları veya havalandırması olmayan ortamlarda kullanıldığı zaman ortamda CO oluşturmalarıdır. CO insan sağlığı açısından oldukça tehlikeli bir gazdır. Ortamda teneffüs edilmesiyle birlikte kana karışarak dokulara temiz kan gitmesine engel olur ve ölümle sonuçlanır. Bundan dolayı ortamdaki CO' in tespiti insan sağlığı ve çevre kirliğinin önlenmesi bakımından oldukça önemlidir.

Endüstride her zaman fiziksel parametrelerin kaydı için ölçüm cihazlarına gerek duyulmuştur. Bu sebepten dolayı sensör ve dedektörlerin tarihi oldukça uzundur. Örneğin, Wilhelm von Siemens ilk sensörlerden birini 1860 yılında yapmıştır. Bunu yaparken bakır telden yapılmış direncin sıcaklık bağımlılığını kullanmıştır. 1950' lerin başında yarıiletken teknolojisinin gelişimi bu alandaki çalışmaların başlangıcı oldu. Daha sonra, elektronik sinyal prosesleri ve kontrol teknikleri için fırsatlar muazzam bir şekilde gelişti ve sonuç olarak, ölçüm aletleri ve sistemleri amaca uygun olarak tasarlandı.

Sanayinin gelişmesi birçok tehlikeli sonuçlarını beraberinde getirmesi sonucu büyük fabrikalar kurularak otomobiller, beyaz eşyalar ve birçok yeni cihazların da üretimi sağlandı. Bunları günlük hayatta kullanmak için ise enerjiye ihtiyaç duyulması ve gerekli enerji ihtiyacını karşılayabilmek için termik, nükleer ve hidroelektrik santraller kuruldu. Ayrıca en büyük enerji kaynağı petrolü çıkarmak ve işlemek için birçok rafineri kuruldu. Bu işlemler yapılırken havadaki kirlenme giderek arttı ve artmaya devam ediyor. Havadaki karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO_2) ve kükürt dioksit (SO_2) gibi zararlı gazları tespit etmek için yeni cihazlara ihtiyaç

duyulması yanısıra buna benzer belirleme işlemlerini yapan cihazlar geliştirildi ve zamanla yaygınlaştı. Canlılar için oldukça zararlı ve hayati bir öneme sahip olan CO ve CO_2 gazlarının kapalı bir ortamda belirlenmesi için yeni elektronik cihazlar geliştirilmektedir (Göpel vd., 1989).

Bu alanda yapılan çalışmalar günümüze gelinceye kadar birçok aşamadan geçmiş ve geliştirilmiştir. Günümüzde ortamdaki farklı gazları belirleyen birçok sensör mevcuttur. Mevcut sensörlerde dikkat edilmesi gereken en önemli noktalar ortamdaki gaza karşı gösterdikleri duyarlılık ve maliyetidir. İyi bir sensörün hassasiyetinin yüksek maliyetinin düşük olması beklenir. Özellikle evlerde kullanılabilmesi için maliyetinin düşük verimliliğinin yüksek olması gerekmektedir. Yapılan çalışmalar SnO_2 malzemesi kullanılarak yapılan gaz sensörlerinin oldukça iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir. Algılayıcı olarak bu malzemenin kullanıldığı gaz sensörlerinin algılama özellikleri, malzemenin kendine özgü özellikleri de dahil olmak üzere çalışma sıcaklığı, grain boyutu gibi dış parametrelerde bağlıdır (Karaca, 2008).

Çalışmalar SnO_2 kristallerinin boyutlarının 3 nm den daha küçük olması durumunda gaz algılama özelliklerinin hızla iyiye gittiğini göstermektedir (Yan, Chen, Man, Wong, Kwok, 1998; Baik, Sakai, Miura, Yamazo, 2000; Karaca, 2008). Kristal boyutlarının küçülmesiyle algılama özelliklerinin artması filmin yüzey parametrelerinin değişimi ve adsorpsiyon veriminin artmasıyla açıklanabilir. SnO_2 tabanlı gaz sensörleri çoğunlukla yüksek sıcaklıklarda çalışırlar fakat uzun süre yüksek sıcaklıklarda çalışmak sensörün yapısına zarar verebilir (Comini, Faglia, Sberveglieri, 2001; Karaca, 2008). Metal oksit filmlerin hem fiziksel hem de gaz algılama özelliklerinin bağlı olduğu parametrelerden biriside ince filmin üretim tekniğidir (Adamyana, Aroutiouniana, Arakelyana, Touryanb, Turnerb, 2007, Karaca 2008). Günümüzde SnO_2 malzemesinin üretilmesinde sol – jel, Fiziksel Buhar Biriktirme (PVD), Kimyasal Buhar Biriktirme (CVD), magnetron püskürtme ve spray polarizasyon gibi birçok farklı üretim tekniği kullanılmaktadır. Bunlardan sol – jel yöntemi ucuz ve kolay uygulanabilir olduğundan dolayı en çok tercih edilen ince film üretme tekniğidir. (Tarey,Raju, 1985; Bittencaurt, Llobet, 2004; Karaca, 2008)

Bu tez kapsamında sol – jel yöntemiyle hazırlanmış SnO_2 ince filmlerin karbonmonoksit (CO) gazına karşı hassasiyetleri, ve tepki süreleri araştırılmıştır. Malzemeler saf SnO_2 ve SnO_2' ye çinko (Zn) katkılanarak üretilmiştir. Yapılan

ölçümler sonucunda üretilen ince filmlerin karbonmonoksit gazına karşı sensör özelliklerinin olduğunu göstermektedir.

2. SENSÖR

2.1. Sensörlere Giriş

Sensörler günlük hayatımızın bir parçası olmuşlardır. Bunun en güzel örneği sabah uyanmak için kullandığımız alarmlar, işe gitmek için kullandığımız araçlar, çalıştığımız işyerindeki veya fabrikadaki hemen hemen tüm ekipmanlar, seyahat ederken kullandığımız uçaklar kompleks sensörlerden oluşmaktadır. Kısacası insanı ilgilendiren sensörlerin listesi oluşturulacak olsa liste oldukça uzun olacaktır. Bu listedeki sensörler yerel olarak kullandıklarımız ve uluslar arası kullandıklarımız olarak sınıflandırılabilir. Örneğin hemen hemen hergün karşılaştığımız trafik ışıkları çoğu zaman sensörler tarafından kontrol edilmekte ve yerel olarak kullandığımız sensörelere güzel bir örnektir. İçtiğimiz suyun kalitesi, ozon tabakasının kalınlığı ve buna benzer bir sürü olay sensörler tarafından kontrol edilmekte ve bunlarda uluslar arası alanda kullanılan sensörlere örnek olarak verilebilir (Velentino ve Reghu, 2010).

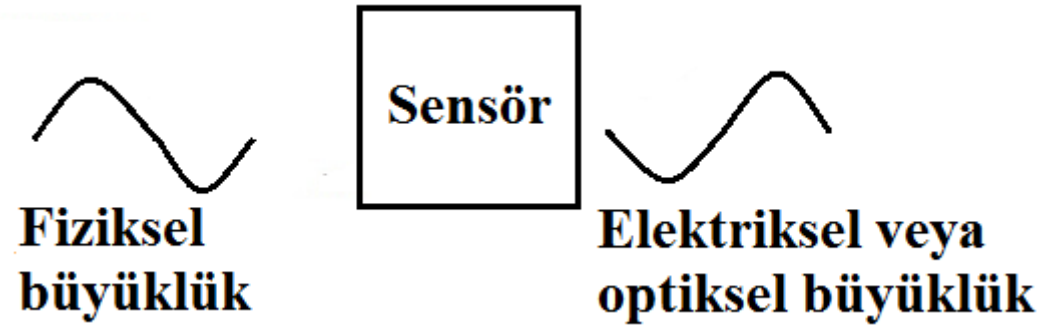
Teknolojinin gelişmesi, dünya nüfusunun hızla artması ve terörist saldırıların dünyada giderek artması gibi olaylar yeni tipte sensör ihtiyacını doğurdu. Bunun sonucunda uygulama alanı, üretimi, tasarımı, test edilmesi ve kullanımı hem teknik hem de uzman bilgisi gerektirmektedir. Tüm bunlar göz önüne alındığında sensörler günlük yaşantımızda büyük bir öneme sahiptir (Velentino ve Reghu, 2010).

2.2. Sensör Tanımı

Sensör, son on yıldır yaygın olarak kullanılan terim olmasına rağmen, sensör gibi çalışan aygıtlar biyolojik, kimyasal ve fiziksel verileri güvenilir bir şekilde toplamak için kullanılıyordu. Bu alanda birçok sensör tanımı bulunmaktadır fakat en uygun tanım "Instrument Society of America" tarafından hazırlanan standart tanımdır (Göpel, Hesse ve Zemel, 1989). Bu tanıma göre, 'sensör; ölçülen sistemlerde

kullanılabilir çıkış verisi veren aygıt' olarak tanımlanmaktadır. Burada çıkış verileri akım gerilim direnç gibi elektriksel büyüklükler, giriş verileri ise fiziksel miktar, özellik veya durum olarak tanımlanmaktadır (Göpel, Hesse ve Zemel, 1989).

Daha genel bir ifadeyle, sensör; fiziksel büyüklükleri optiksel, elektriksel gibi kullanılabilir büyüklüklere çeviren aygıt olarak tanımlanabilir.



Şekil 2.1. Sensör

Sensör tanımı çalışma amacına uygun olarak genellenebilir. Günümüz dijital ve analog elektronik dünyası açısından kullanılabilir elektronik çıkış sinyalinin birçok çeşidi mevcuttur.

2.3. Sensör Olarak İnsan Vücudu

İnsan vücudu duyarlı, seçici ve geniş bir alanda etrafındakileri algılayabilen karmaşık bir sensör sistemi olarak düşünülebilir. Görme, duyma, tat alma, hissetme, koklama gibi hisleriyle insan vücudu bir sensör topluluğu gibidir.

İnsan gözü hareketli veya durağan, küçük ve büyük birçok nesneyi görebilir. Ayrıca, göz bir şekildeki veya renkteki en küçük farklılığı bile algılayabilir. Buna en basit örnek olarak insan yüzünün tanınması verilebilir. Kalabalık bir ortamda birbirine benzer yüzleri tanıma, görme sistemimizin şekilde seçiciliğine iyi bir örnektir. İnsan görme sistemi elektromanyetik spektrumda 400 nanometre ile 800 nanometre dalga boyu arasında sonlu dinamik bir görüş aralığına sahiptir.

İnsan kulağı, sınırlı dinamik bir aralıkta oldukça duyarlı bir sensöre iyi bir örnektir. Kulağımız en düşük 10^{-12} Watt/m^2 (0db), en yüksek 1 Watt/m^2 (120db) şiddetindeki

sesleri algılayabilir. 120 db kulak için eşik ses şiddetidir. Kulağımızın algılayabileceği ses frekansı 20 Hz ile 20 kHz arasında sınırlıdır. Tipik bazı ses şiddeti değerleri Çizelge 2.1' de belirtilmektedir.

Çizelge 2.1. Tipik ses şiddeti seviyeleri

Ses kaynağı	Desibel seviyesi
Jet uçağı	150
Kaya matkabı	130
Rock konseri	120
Çim biçme makinesi	100
Elektrik süpürgesi	70
Normal konuşma	50
Fısıltı	30
Yaprak hışırtısı	10
Duymanın eşik değeri	0

Uzun süre 90 db ses şiddetine maruz kalınması işitme sistemi için tehlikeli olabilir ve böyle durumlarda kulağın korunması önerilir. Bu durum özellikle endüstride ve sanayide ses sensörlerine ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

İnsan burnu insan vücudundaki en hassas ve seçici sensörü temsil etmektedir. Örneğin, burnumuz farklı türdeki şaraplar arasındaki koku farkını belirlememize yardımcı olur. Ayrıca balığın tazeliğinde meydana gelebilecek farklılıkları belirleyebilir. Burnun algılayabildiği duyarlılık limiti havadaki gaz miktarının milyarda biri ile milyonda biri arasındadır. Bu duyarlılık ticari olarak kullanılan birçok gaz sensöründen çok daha iyidir.

Tat alma organımız olan dilimiz, diğer duyu organlarımız kadar hassas değildir. Dilimiz farklı değerlerdeki tatlılığı, tuzluluğu ve ekşiliği belirlemesine rağmen bazı durumlarda yiyeceklerin kokusu ile tadı kafamızı karıştırabilir. Tat alma sensörünün ölçümünün doğruluğu yiyecek soğuk iken denenebilir. Çünkü yiyeceğin kokusu ortadan kalkmış olur.

Hissetme sensörü genellikle elimizle ilişkilidir fakat bazı durumlarda vucudumuzun farklı bir bölgesi de olabilir. Bu sensör nesnelerin şekillerini, büyüklüklerini,

pürüzlerini ve ağırlığını belirlememize olanak sağlar. Geçtiğimiz yıllardaki robot teknolojisindeki gelişmeler endüstride geniş uygulama alanına sahip robot kollar, robot eller ve robot parmaklar tasarımı ve üretimi ile sonuçlandı.

Beş duyu organımıza ek olarak vücudumuzda bize yardım eden birçok sensör özelliğinde organımız bulunmaktadır. Organlarımız biyolojik birer sensör gibidir.

Sonuç olarak insan vücudundaki 5 temel sensör gerçekte insan için bir kontrol sistemi olarak görülebilir. Bu kontrol sistemi tam ve etkili olarak iletişim içinde olduğundan dolayı insanı dış etkilerden koruyabilir ve isteklerini yerine getirmesinde yardımcı olabilir. İdeal olarak duyu organlarımızın çok hassas, çok çabuk karşılık veren ve seçici olsun istememize rağmen hastalıklar, çevresel etkiler ve ilerleyen yaş da göz önüne aldığında zamanla duyu organlarımızı işlevini yitirmemesi için belirli aralıklarla kontrol ettirmemiz gerekir. Örnek olarak, gözümüzün görmesini kötüleşmesi ya da kulağımızın duymada kötüleşmesi gözlük kullanılarak veya işitme cihazı kullanılarak giderilir (Vetelino ve Reghu, 2011).

2.4. Sensör Parametreleri

Sensör (Algılayıcı): Herhangi bir fiziksel büyüklüğü optiksel veya elektriksel büyüklüklere çeviren cihazların genel adıdır.

Sensörler ile ilgili bazı temel parametreler aşağıda belirtilmiştir.

Hassasiyet (Duyarlılık): Bir sensörün fiziksel bir parametredeki değişimin algılayabildiği en küçük adımdır. .

Hassasiyet Hatası: İdeal fiziksel ölçümden elde edilen eğriden sapma olarak tanımlanabilir.

Ölçüm Aralığı: Sensörün ölçebildiği büyüklüğün minimum ve maksimum değerlerdir.

Dinamik Ölçüm Aralığı: Sensörlerin ölçebilidiği minimumdan maksimuma kadar olan toplam alandır.

Tekrarlanabilirlik: Yapılan ölçümün tekrarlanabilirlik derecesidir.

Doğruluk: Ölçülen büyüklüğün gerçek değeri ile sensörlerin çıkışta gösterdiği değer arasındaki farktır.

Kesinti (Offset): Bir sensörün ofset hatası, çıkışın sıfır olması gerektiği durumda çıkışta görülen değerdir.

Cevap Zamanı (Response time): Sensörlerin ölçülen büyüklüğü algılayıp ona karşı vermiş olduğu tepki arasında geçen süreye denir.

Kararlılık (Hysteresis): Ölçülen büyüklük ortadan kaldırıldıktan sonra sensör üzerindeki etkisiyle ilgili parametredir.

3. KARBONMONOKSİT GAZI

Yapılan çalışmada sol – jel döndürmeli kaplama metoduyla üretilen SnO_2 gaz sensörlerinin karbonmonoksit gazına karşı hassasiyeti (duyarlılığı), ve tepki süreleri incelenmiştir. Bilindiği gibi karbonmonoksit; renksiz, kokusuz ve zehirli bir gazdır. Ortamda uzun süre teneffüs edildiğinde ciddi felaketlere neden olabilir. Bundan dolayı bu tip çalışmalar süresince oldukça dikkatli olunması gerekir.

3.1. Karbonmonoksit Gazının Özellikleri

Karbonmonoksit, bir karbon atomu ve bir oksijen atomundan oluşan moleküldür. Molekül formülü CO ve molekül ağırlığı 28.01 g/mol dür. Karbonmonoksit gazı, doğalgaz, gaz yağı, odun, kömür, petrol ve petrol alt ürünleri gibi yapısında "karbon" bulunduran yakıtların tam olarak yanmaması sonucu oluşan zehirli bir gazdır. Renksiz, kokusuz, tatsız ve cilt ile temasında tahriş etmeme özelliğinden dolayı ortamdaki tespiti oldukça zordur. Beş duyu organımızla tespiti mümkün değildir. Tespiti için karbonmonoksit gaz sensörleri kullanılmalıdır. Karbonmonoksit gazı, havalandırması az olan yerlerde odun, kömür gibi yapısında karbon bulunduran yakıtların tam olarak yanmaması sonucu oluşur. Ayrıca fabrika gazları ve egzoz gazları ortamda karbonmonoksit oluşmasına neden olur.

3.1.1. İdeal gaz

İdeal gaz moleküller arası itme çekme kuvveti olmayan, esnek çarpışma yapan, molar hacimleri büyük olan gazlardır. İdeal gaz yoktur, gazlar ancak ideale yaklaşabilr.

Bir gazın durumu; basınç (P), hacim (V), mol sayısı (miktar) (n) ve sıcaklığına (T) göre belli olur. İdeal gaz denklemi denklem 3.1 ile belirtilir.

$$PV = nRT \quad (3.1)$$

R : İdeal gaz sabiti

3.1.2. Gerçek gaz

Gerçek gazlarda moleküller arası itme çekme kuvveti vardır. Birbirleriyle çarpıştıklarında belirli bir miktarda enerjilerini birbirlerine aktarırlar. Esnek çarpışma yapmazlar.Gerçek gazların molar hacimleri konuldukları hacme göre ihmal edilemez.

Karbonmonoksit gerçek gazdır.

3.2. Karbonmonoksit Gazının Zehirleme Süreci ve İlk Yardımı

Solunan havada karbonmonoksit miktarı artarması sonucu, kandaki ve oksijenin taşındığı hemoglobine O_2 den 200- 300 kat daha kolay bağlanır. Yani, ortamdaki tüm CO bitmeden O_2 bağlanamaz. Bunun sonucunda oksihemoglobin meydana gelemez ve kanda karboksihemoglobin (COHb) miktarı artar. Karboksihemoglobinin miktarının belirli oranları aşması kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltır ve kan dolaşımı aracılığıyla tüm vücuda yayılarak dokulara zarar verir. CO, kanın hemoglobin merkez atomu demire (Fe) bağlanarak ölüme sebep olur.

3.3. Karbonmonoksitin Toksit Dozu

İnsan hayatını acilen tehdit eden karbonmonoksit miktarı 1200 ppm (%0,12)' dir. Labaratuar ortamında yapılan deneylerde 50 ppm karbonmonoksit gazına 30 dakika maruz kalan bir kişideki karboksihemoglabin miktarı %3, 1000 ppm (%0,1) karbonmonoksit bulunan ortamdabir kaç saat kalanların karbosihemoglobin miktarı %50, 2100 ppm (%0,21) karbonmonoksit bulunan ortamda 34 dakika kalan bir kişinin karbosihemoglobin düzeyi %25 bulunmuştur. Bu bilgiler doğrultusunda karbonmonoksit bulunan ortamda bulunma süresi oldukça önemlidir. Yani, çok yüksek karbonmonoksit içeren ortamlarda çok kısa süre kalmak bile karbosihemoglobin (COHb) düzeyinin aşırı derecede artmasına neden olabilir.

Normal bir insanda karbosihemoglobin (COHb) düzeyi % 0,5 – 1,5, yenidoğanda % 3 – 7, sigara içenlerde % 4 – 9 civarındadır. Zehirlenmenin başlangıç bulguları % 15 seviyelerindeyken başlar. Toksit (zehirlenme) düzey % 20 – 50 iken öldürücü düzey %50 – 60 üzeridir. (Ferri v.d, 2006)

3.4. Klinik Bulgular

Karbonmonoksit zehirlenmesinin klinik bulguları değişkendir ve özgül bulguları yoktur. Orta ve hafif derecedeki karbonmonoksit zehirlenmesi akut viral sendromlarla karıştırılabilir. Kandaki karbosihemoglobin (COHb) düzeyinin belirlenmesi hem tanıda hem de hastalık süreci için oldukça önemlidir.

Tipik olarak başlangıçta başağrısı, bulantı ve kusma, eğer maruz kalım devam ederse öksürük, solunum sıkıntısı, hışıltı, stridor gelişir, ardından hızla ilerleyen bir bilinç baskılanması bulgusu meydana gelir. En çok beyin ve kalp dokusu etkilenir.

Kandaki karbonmonoksit seviyesine göre bazı klinik bulgular Çizelge 3.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Kandaki karbonmonoksit düzeyine göre klinik bulgular

Kandaki CO düzeyi	Klinik bulgular
% 10 – 20	Bulantı, yorgunluk, taşipne, duygusal dengesizlik, konfüzyon, sakarlık
% 21 – 30	Baş ağrısı, efor dispnesi, angina, görme duyusunda değişiklikler, çevreye uyumda hafif yetersizlik, tehlikeye karşı tepki vermede zayıflık, hafif güç kaybı, duyularda zayıflama
% 31 – 40	Baş dönmesi, sersemlik, bulantı, kusma, görme bozuklukları, karar almada yetersizlik
% 41 – 50	Bayılma, bilinç değişiklikleri, unutkanlık, taşikardi, taşipne
% 51 – 60	Nöbetler, koma, belirgin asidoz, ölümle sonuçlanabilir
% 60 ve üzeri	Ölüm

3.5. Tedavi Süreci

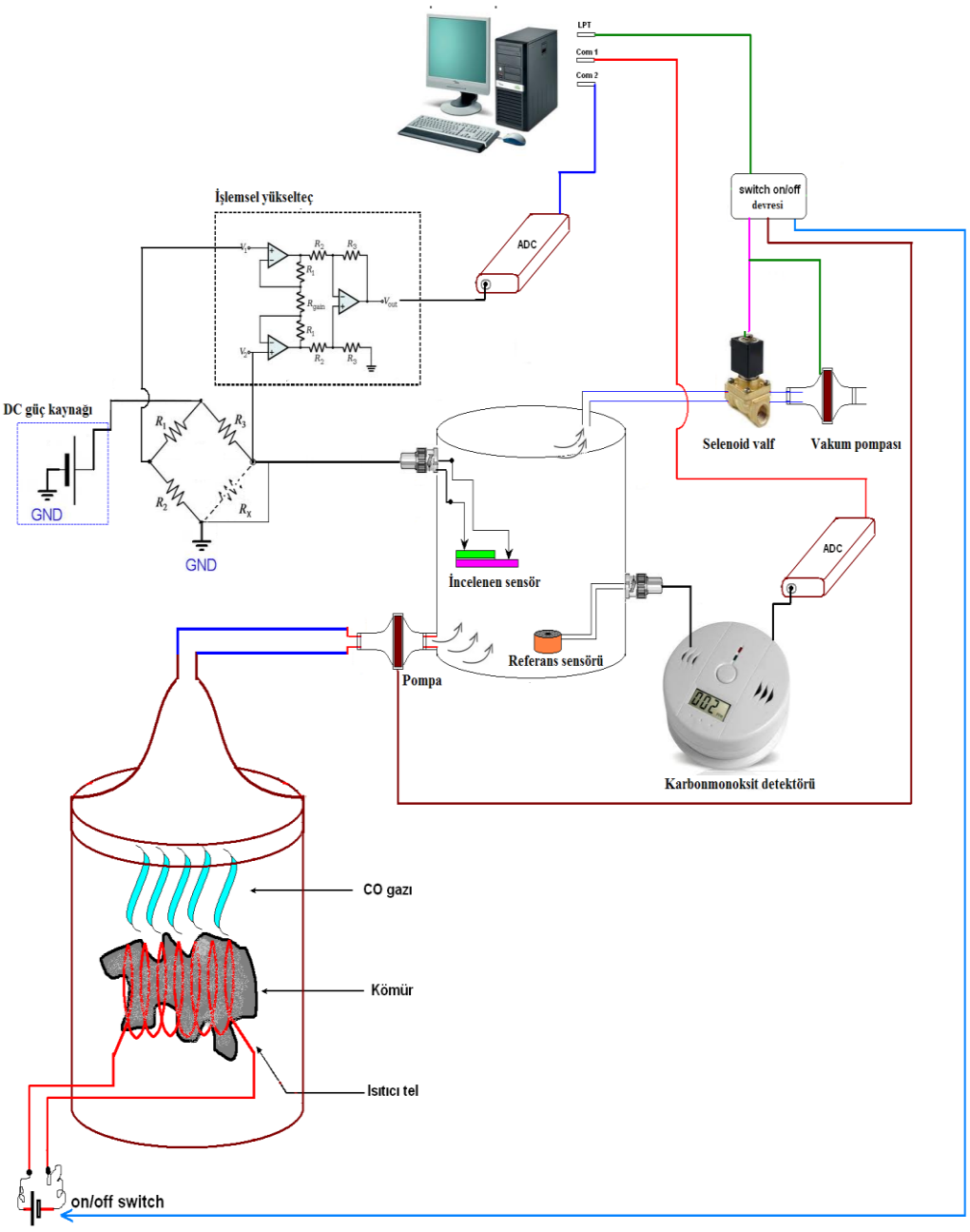
Karbonmonoksit zehirlenmesine maruz kalan bir hastanın karbonmonoksit bulunan ortamdan hızlı bir şekilde uzaklaştırılması gerekir. Ayrıca yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilmesi için destekleyici oksijen verilmesi öncelikli tedavi aşamalarıdır. Hastanın temel yaşam desteği (solunum, dolaşım, hava yolu) sağlandıktan sonra ilk fırsatta geri solumasız maske ile % 100 oksijen uygulamasına geçilmelidir.

4. DENEY DÜZENEĞİ

Bu tez çalışması kapsamında hazırlanan SnO_2 ince filmlerin elektriksel özelliklerinin ortamın karbonmonoksit miktarındaki değişmler karşısında gösterdiği farklılıkların incelenebilmesi için deney düzeneği tasarlanmıştır. Deney düzeneğinin planmasını, yazılımını ve kurulumunu tamamen bu tez çalışması çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneği 3 ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm karbonmonoksit gazının elde edilmesi, ikinci bölüm üretilen ince film sensörünün elektriksel parametrelerinin belirlenmesi ve son bölüm ise bütün verileri düzenleyen ve kaydeden bilgisayar donanım ve yazılımından oluşmaktadır.

4.1. Kabonmonoksit Gazının Elde Edilmesi

Bilindiği gibi karbonmonoksit zehirli, renksiz bir gazdır. Bu gazın uzun süre teneffüsü sonucu ölümler meydana gelmektedir. Bu ölümlerin büyük bir çoğunluğu kış mevsiminde gerçekleşmektedir. Bunun sebebi ise ülkemizde ısınma için genellikle kömürün tercih edilmesi ve gerekli önlemlerin alınmamasıdır. Karbonmonoksit gazı odun, kömür gibi yakıtların tam olarak yanmaması sonucu oluşmaktadır. Çalışmanın güncel hayatla daha ilişkili olabilmesi açısından deney düzeneğinde kabonmonoksit gaz kaynağı olarak kömür kullanılmıştır. Deneysel ölçümler sürensince çalışmalarımıza yardımcı olması açısından piyasada satılmakta olan sensörlerden bir tane alınarak referans sensörü olarak kullanılmıştır. Şekil 4.1'de karbonmonoksit ölçüm düzeneğinin şematik hali gösterilmektedir. Hazırlanan karbonmonoksit gaz sensörlerinin elektriksel ölçümlerinin yapıldığı deney düzeneğinin fotoğrafı Şekil 4.2'de gösterilmektedir. Bu düzeneğe ait detaylı açıklamalar alt bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılacaktır.



Şekil 4.1. Karbonmonoksit sensör ölçüm deney düzeneğinin şematik gösterimi



Şekil 4.2. Elektriksel ölçümlerin yapıldığı deney düzeneği

4.1.1. Kömür ve telin seçimi

Şekil 4.3'de görüldüğü gibi ince filmin elektriksel özelliklerinin karbonmonoksit gaz miktarına bağlı değişiminin incelenebilmesi için gerekli karbonmonoksit kaynağı olarak kömür kullanılmıştır. Şekil 4.3'de görüldüğü gibi bir kömür parçası üzerine uygun bir şekilde sarılan tele uygulanan gerilim yardımıyla karbonmonoksit gazı elde edilmiştir. Çalışmalarımızdaki amaca uygunluk, kömürün yüksek verimde karbonmonoksit gazı üretmesi ve geometrik şeklidir.

Bu çalışma kapsamında optimizasyon ölçümleri için mangal kömürü, linyit kömürü ve Yatağan kömürü olmak üzere üç farklı kömür denenmiş fakat en iyi verim mangal kömüründen elde edilmiş olup çalışmalarımız boyunca mangal kömürü kullanılmıştır.



Şekil 4.3. Karbonmonoksit üretilecek kömür

Kömürün geometrik şekli, üzerine tel sarımı yapılacağından dolayı önemlidir. Şekil 4.3'de görüldüğü gibi kömür hemen hemen düzgün silindirik yapıya sahiptir ve bu geometrik yapı telin sarılması için oldukça uygundur. Telin kömür yüzeyine oldukça sıkı sarılması gerekmektedir aksi takdirde gevşek sarılmış tel kömürden yeterli miktarda karbonmonoksit gazı elde edilmesini sağlayamaz. Üzerine tel sarılmış kömürden karbonmokosit gazı elde edebilmek için tel üzerine belirli bir potansiyel fark uygulanır ve tel ısınmaya başlar. Bu deneyde kullanılan tel 1000 Watt gücünde krom – nikel teldir.

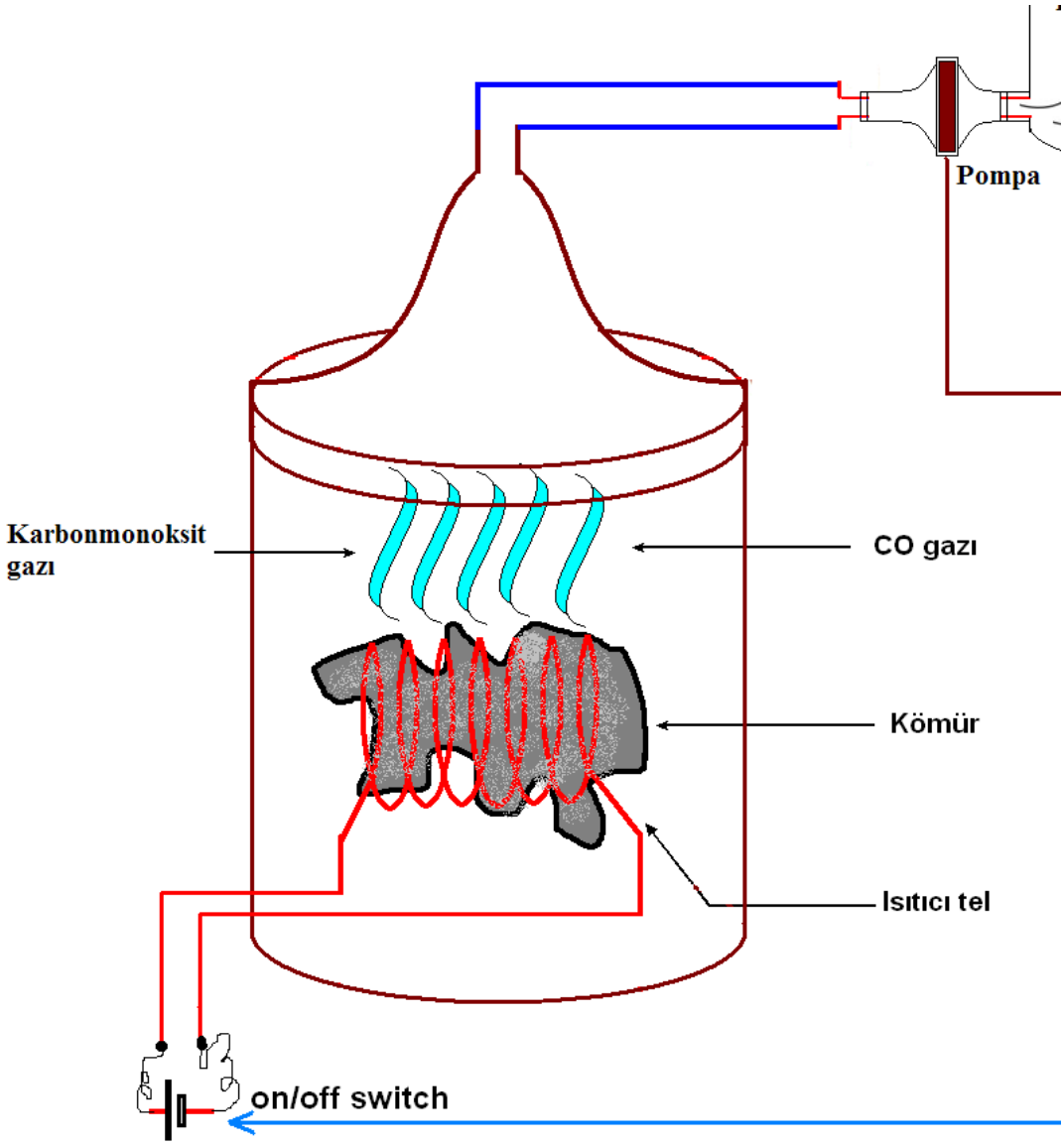
Krom nikel telin seçilme nedeni; öz direncinin büyük oluşu, hava içindeki oksijenden diğer metal veya alaşımlara göre daha az etkilenmesidir. Bu tel aynı zamanda kış mevsiminde ısınma amacıyla kullanılan katailik sobalarda da kullanılmaktadır. Deneyde tel üzerinden geçen akım kömürün tam olarak alevlenmesine neden olmamalıdır. Tam olarak alevlenen kömürde karbonmonoksit gazı ile birlikte karbon dioksit, kükürt dioksit gibi diğer zehirli gazların çıkışıda olmaktadır. Bu nedenden dolayı tel üzerinden geçen akım ve telin kömür üzerine sıkı bir şekilde sarılması oldukça önemlidir. Kömür artık karbonmonoksit üretmek için hazırdır.

4.1.2. Karbonmonoksit gazının kapalı bir kapta biriktirilmesi

Karbonmonoksit üretmek için hazırlanan kömür kapalı bir hazneye uygun bir şekilde yerleştirilir. Bundaki amaç, karbonmonoksit gazının bir haznede bikirtirerek kontrollü olarak ölçüm yapılacak hazneye iletilmesini sağlamaktır.

4.1.3. Üretilen karbonmonoksit gazının taşınması

Deney düzeneğinin bir diğer önemli bölümü ise üretilen gazın ölçüm yapılacak hazneye iletiminin sağlanmasıdır. Şekil 4.4'de görüldüğü gibi, bu amaca uygun deneysel ekipmanlar seçilerek karbonmonoksit gazı kontrollü bir şekilde biriktirilen kapalı hazneden ölçüm yapılacak olan kapalı hazneye taşınır. Bunun yapılabilmesi için selenoid vana kontrollü iletim sisteminden faydalanılmaktadır.



Şekil 4.4. Karbonmonoksit gazının kapalı haznede biriktirilimesi ve kontollü bir şekilde iletilmesini sağlayan bölüm

4.2. Karbonmonoksit Sensörünün Direncinin Ölçülmesi

Üretilen ince film gaz sensörünün duyarlılığını belirlemek amacıyla sensörün hava ve belirli bir miktardaki gaz ortamındaki direnç değerlerinin değişimi incelenir (Mishra, Agarwal, 1998). Elektriksel özelliklerindeki değişimi incelemek için sensörün öncelikle hava ortamındaki elektriksel direnç değerleri kaydedilir bir sonraki aşamada gaz ortamındaki elektriksel değerleri kaydedilir. İki farklı durumda kaydedilen elektriksel direnç değerleri denklem 4.1 kullanılarak sensörün duyarlılığı belirlenir.

$$\text{Hassasiyet} = \frac{R_0 - R_g}{R_0} \quad (4.1)$$

R_0: Sensörün hava ortamındaki direnci

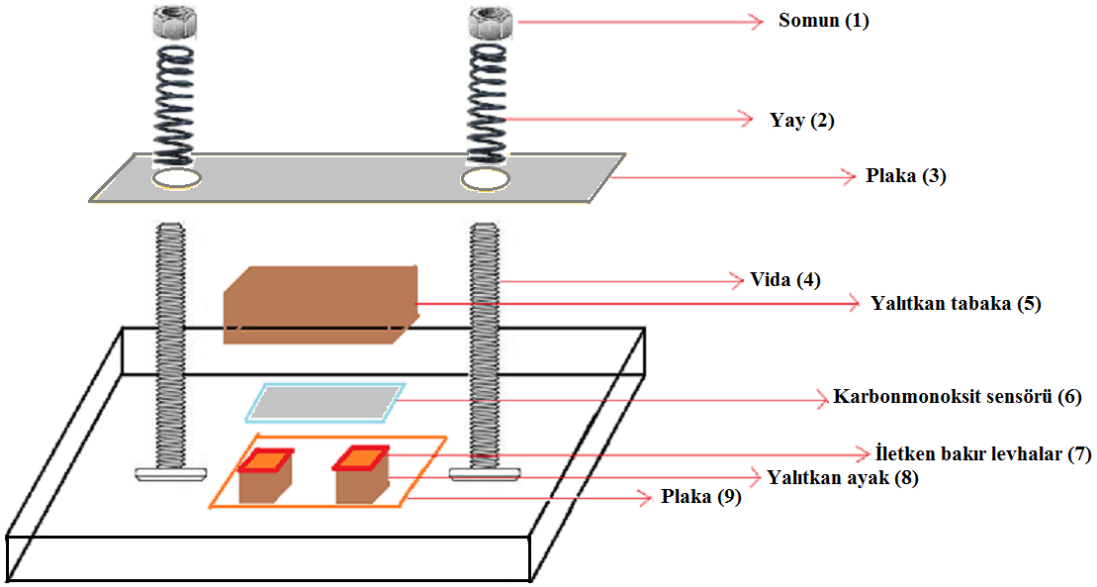
R_g: Sensörün gaz ortamındaki direnci

S: Hassasiyet

4.2.1. Mekanik kontak alma düzeneği

Üretilen SnO_2 karbonmonoksit gaz sensörlerinin ortamın gaz miktarına bağlı olarak elektriksel direnci şekil 4.5'de verilen ve bu çalışmada tasarlanan mekanik kontak alma düzeneği yardımıyla tespit edilmiştir.

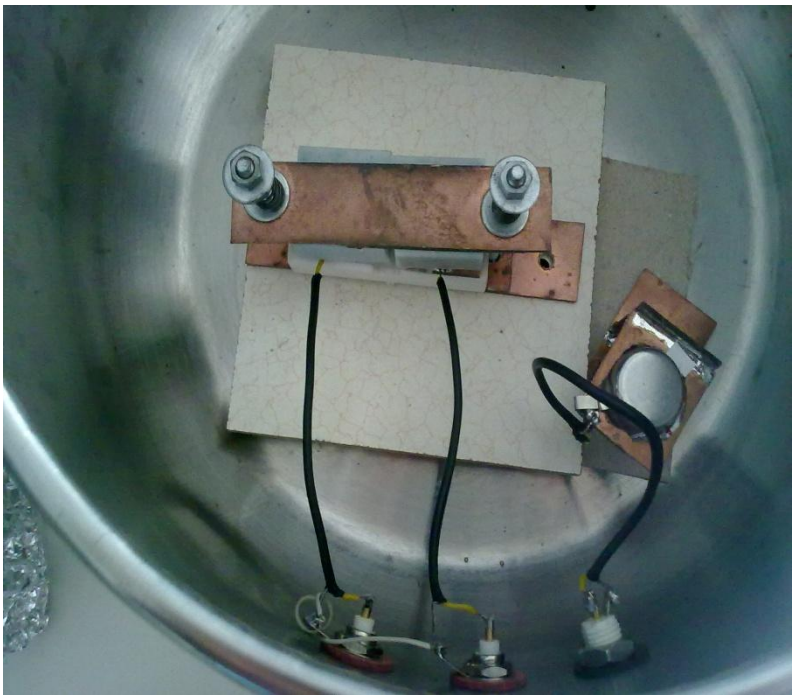
Organik metaller ve yarıiletkenler, 10^{-9} – 10^{3} $(\Omega\ cm)^{-1}$ gibi geniş bir iletkenlik aralığına sahip karbon katılarından oluşmaktadırlar (Leuw, 1999; Katz vd., 2000). Bu materyaller ışık yayan diyot, ince film transistör, kimyasal ve biyolojik sensörler gibi geniş bir alanda kullanılmaktadır (Horowitz ve Mater, 1998). Bu tür yapıların yüzeyleri hassas olduğundan dolayı nokta kontakların bu tür filmlerin elektriksel iletkenliklerinin ölçülmesinde kullanılması tercih edilmez. Fakat nokta kontakların kolay hareket ettirilebilme ve tekrar tekrar kullanılabilme gibi avantajları da mevcuttur. Bu yöntem yığın (bulk) malzemelerin elektriksel iletkenliklerinin ölçümü için oldukça sık kullanılan bir yöntem olmasına rağmen, yumuşak ve ince film polimerler yapılar için uygun bir yöntem değildir. Çoğunlukla bu tip malzemelerin elektriksel iletkenliklerinin ölçümü için gümüş pasta kullanılır. Fakat gümüş pasta içerisindeki çözücülerin malzemenin içerisine difüz etmesi filmin özelliklerini bozabileceğinden dolayı kullanımı sağlıklı sonuçlar vermeyebilir. Elektrik alan altında gümüş pasta içerisindeki bazı iyonların malzeme içerisine difüz ettiğinden daha önceki çalışmalarda da bahsedilmektedir (Lyahovitskaya vd., 1996; Lyubomirsky vd., 1997). Bu sebeplerden dolayı deney sisteminde kullanılan mekanik kontak alma düzeneği oldukça uygundur. Sensör kontaklara kolayca yerleştirilip çıkartılabildiği gibi kontaklar gümüş pastadaki gibi malzemenin yapısına zarar vermez. Mekanik kontak alma düzeneğinin şeması Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Direnç ölçüm sisteminin şematik gösterimi

Ölçüm sistemi 10x10 cm^{2}' lik bir platform üzerine kurulmuştur. Platform üzerine aralarındaki mesafe 7 cm olan iki adet delik açılarak vidalar yerleştirildi. Platform üzerindeki iki vida arasına 2x6 cm^{2}' lik dikdörtgen bir plaka şekildeki gibi yerleştirildi ve platforma yapıştırıcı ile sabitlendi. Plaka üzerine bir kenarının ayrıtı 2 cm olan iki adet küp şeklindeki yalıtkan ayaklar yerleştirildi. Bu iki yalıtkan ayak arasındaki mesafe 5 mm olarak ayarlandı. Yalıtkan ayaklar üzerine iletken bakır levhalar şekildeki gibi yerleştirilip sabitlendi. İletken levhaların boyutu 1x1 cm^{2} olarak belirlendi. Bakır levhaların üzerine gaz sensörü şekildeki gibi kolay bir şekilde yerleştirilir hale getirildi. İnce film sensörü yerleştirdikten sonra üzerine yalıtkan bir tabaka yerleştirilerek yaylar ve vidalar ile sabitlendi. Ölçüm sırasınca vidaların gaz sensörüne uyguladığı basınç değiştirilmedi. Vidalar sabit bir şekilde tutularak her ölçüm sonrası iletken yüzey alkol ile temizlenip kuruması için beklendi.

Ölçüm düzeneği hazır hale geldikten sonra ilk deneme ölçümü için gerekli kontaklar alınarak malzeme, elektriksel ölçümlerin yapılacağı kapalı hazne içerisine yerleştirildi. Kapalı hazne içerisine yerleştirilen direnç ölçüm düzeneği Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



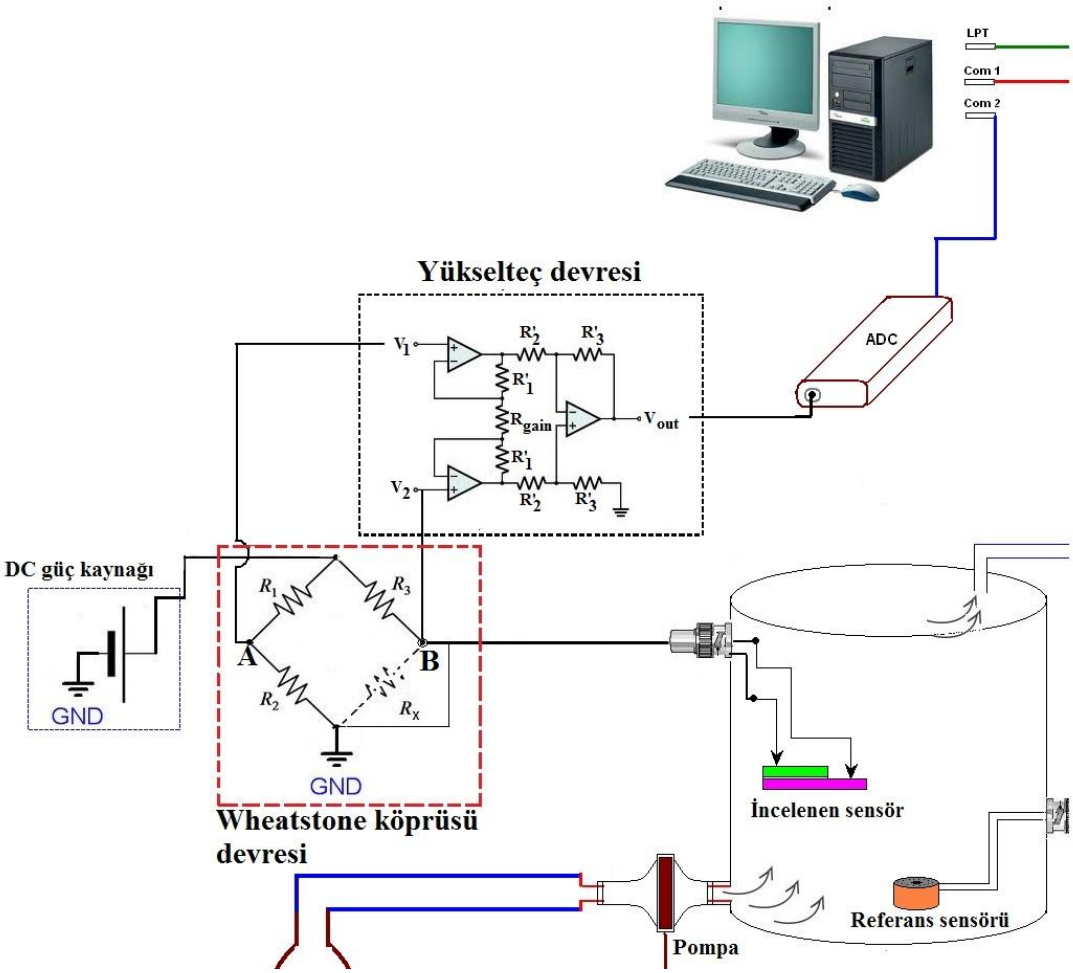
Şekil 4.6. Kapalı hazne içerisine yerleştirilen direnç ölçüm düzeneği ve referans sensörünün görünümü

4.2.2. Sensörün direncinin belirlenmesi

İnce film karbonmonoksit gaz sensörünün direncini elektronik ortamda kayıt edebilmek için Şekil 4.7'de de görülen Wheatstone Köprüsü ve analog – dijital çevirici kullanılmıştır. Wheatstone köprüsünün çıkışına bir adet yükselteç (enstrümantasyon amplifikatörü) bağlanarak yüksek direnç değerlerinin okunması sağlanmıştır. Sensörün farklı gaz miktarlarındaki elektriksel parametrelerindeki değişim analog–dijital çevirici kullanılarak bilgisayar ortamında kaydedilmiştir. Wheatstone köprüsü, elektriksel dirençleri karşılaştırmaya ya da ölçmeye yarayan elektrik devresidir. Dört direncin kare oluşturacak biçimde birbirine bağlanmasından oluşur. Orta büyüklükteki dirençlerin tam doğru ölçülebilmesi için kullanılabilecek en uygun yöntem "Wheatstone Köprüsü" yöntemidir (Serway, 1982). Ölçüm düzeneğinde, sensörün farklı gaz miktarlarındaki direncinin değişimi Wheatstone köprüsü devresi yardımıyla belirlenmiştir. Wheatstone köprüsünün çıkış uçları yükseletec devresine bağlanarak yüksek direnç değerlerinin okunması sağlanmıştır.

Çizelge 4.1. Wheatstone köprüsünde kullanılan direnç değerleri

Dirençler	Değerleri MΩ
R_1	1
R_2	1
R_3	1



Şekil 4.7. Wheatstone köprüsü deney düzeneği

Wheatstone köprüsüne uygulanan DC gerilimin değeri 4.978 V' dur. A – B uçları arasındaki potansiyel fark aşağıdaki denklem 4.2 ile belirlenir.

$$V_y = [\frac{R_x}{R_3+R_x} - \frac{R_2}{R_1+R_2}]V_{bias} \quad (4.2)$$

Denklem 4.2 de R_x yalnız bırakıldığında denklem 4.3 oluşur.

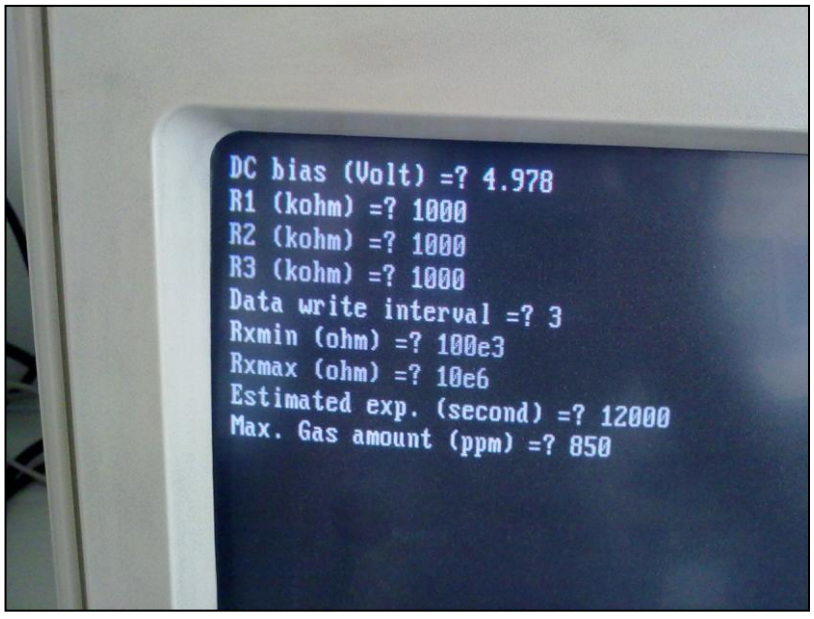
$$R_x = \frac{R_3(R_2\frac{V_{bias}}{V_y}+R_1+R_2)}{R_1\left(\frac{V_{bias}}{V_y}-1\right)-R_2} \quad (4.3)$$

Denklem 4.3 yardımıyla yükselteç devresi tarafından SnO_2 karbonmonoksit gaz sensörünün farklı gaz miktarlarındaki elektriksel direnci belirlenir.

4.3. Bilgisayar Yazılımı

Deney düzeneğinin son kısmı sistemi çalıştırmaya ve verileri kaydetmeye yarayan bilgisayar yazılımıdır. Mevcut bilgisayar yazılımı Q – Basic programlama dili kullanılarak yazılmıştır. Yazılım sayesinde bilgisayarın paralel portlarını kullanarak bütün ölçümler kontrollü bir şekilde yapılmıştır. Örneğin; direnç ölçmek için kullanılan Wheatstone köprüsündeki direnç değerleri programa girilerek karbonmonoksit sensörünün değişen direnç değerleri otomatik olarak kayıt edilmiştir.

Deney düzeneğini ve bilgisayarı açıp programı çalıştırıldığında bilgisayar ekranı Şekil 4.8'deki gibidir.



Şekil 4.8. Yazılımın bilgisayar ekranındaki görüntüsü

Wheatstone köprüsü uçlarına uygulanan gerilim: Üretilen SnO_2 karbonmonoksit sensörünün direncini ölçmek için kullandığımız Wheatstone köprüsünün giriş gerilimidir. Köprü devresinin giriş gerilimi girilerek sensörün direncinin hesaplanması sağlanır.

Wheatstone Köprüsünde kullanılan direnç değeri bilenen dirençler R_1 (kΩ), R_2 (kΩ), R_3(kΩ): R_1, R_2, R_3 direnç değerleri Wheatstone köprüsündeki direnç değerlerini göstermektedir. Deneyde kullanılan direnç değerlerinin hepsi 1 MΩ' dur. Yüksek direnç değerlerinin kullanılmasındaki amaç sensörün direnç değerinin MΩ mertebelerinde olmasıdır.

DC Bias (Volt) ve R_1, R_2, R_3 direnç değerleri sisteme girildikten sonra bilgisayar yazılımı sensörün direncini otomatik olarak hesaplayıp kaydetmektedir.

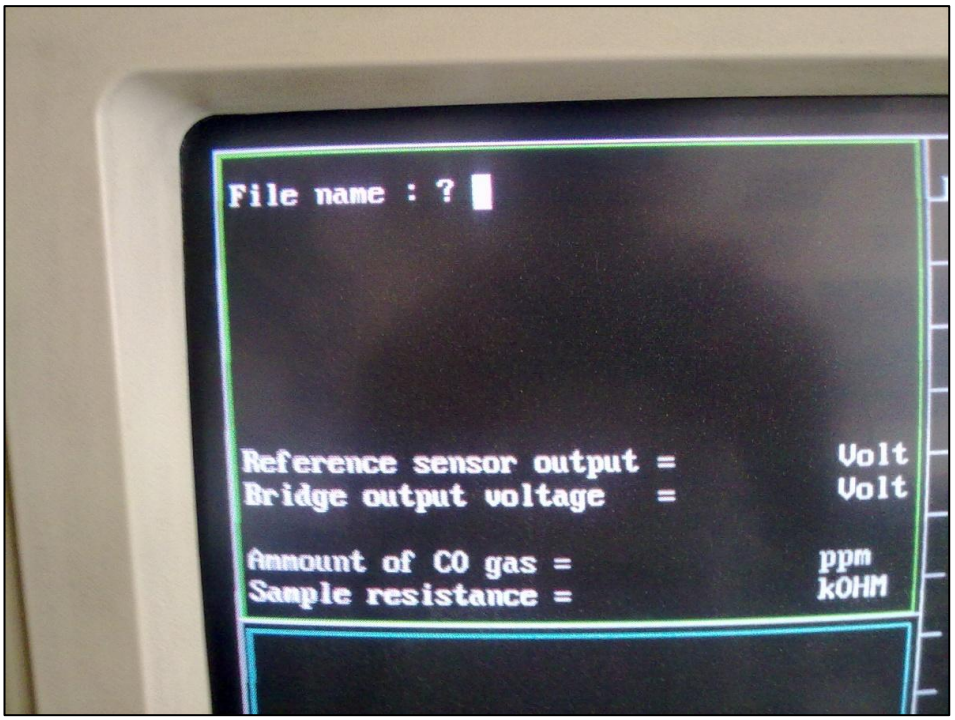
Verilerin zamansal kayıt süresi aralığı (Data write interval): Sensörün ölçülen direnç değerlerinin kaç saniyede bir kaydedilmesinin belirlendiği kısımdır. Ölçümler süresince bu değer genel olarak sisteme 3 saniye olarak girilmiştir.

Sensörün ölçülmesi istenen maksimum ve minimum direnç değerleri(R_x min (ohm), R_x max (ohm)): Optimizasyon çalışmaları sonucu edinilen tecrübelerden, üretilen gaz sensörünün direnç değerinin MΩ mertebelerinde olduğu belirlenmiştir. Bundan başka yapılan çok sayıdaki denemeler gaz sensörünün R_x min ve $R_x$max değerleri konusunda kuvvetli tahminlere sahip olmamızı sağlamıştır.

Tahmin edilen ölçüm süresi: Bu bölüme deneyin muhtemel ölçüm süresi girilir. Deney düzeneğinin optimizasyonu sırasında bu zaman belirlenmiş ve ölçümler sırasında yüksek bir zaman değeri belirlenmiştir. Eğer deney buraya girilen zaman dilimi içerisinde bitmezse buraya girilen zamandan sonraki veriler sistem tarafından kaydedilmez.

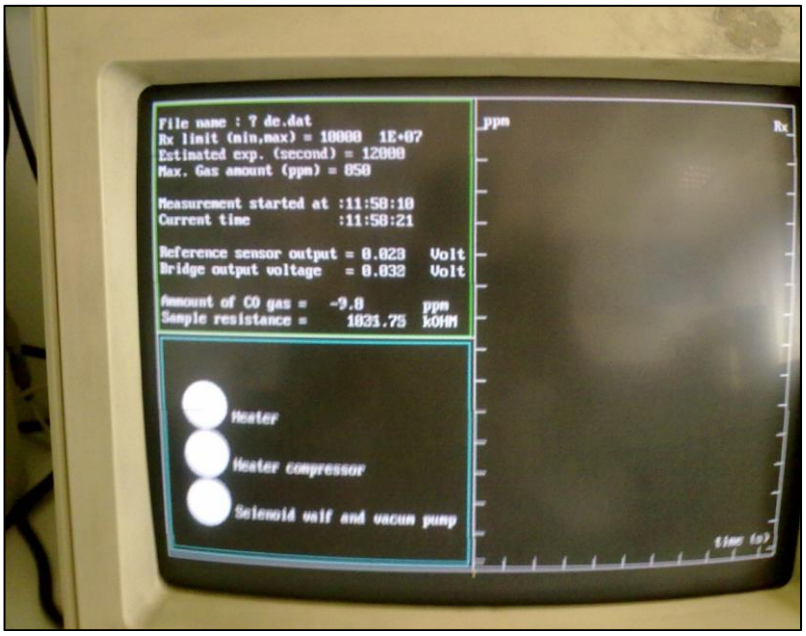
Test ünitesinde biriktirilmek istenen maksimum gaz miktarı: Ölçüm yapılacak kapalı hazne içerisine birikmesi istenen maksimum gaz miktarı programa girilir. Ölçümler genel olarak maksimum 999 ppm değerine kadar çıkılmıştır.

Yukarıdaki değerler sisteme girilip "ENTER" tuşuna basıldığında karşımıza Şekil 4.9'daki ekran çıkar.



Şekil 4.9. Bilgisayar programı ekranı

Şekilde de görüldüğü gibi dosya adı (File name: ?) girileceği ekran açılır. Burada verilerin kaydedileceği dosyanın adını sisteme girilir. Sisteme bir dosya adı girilir ve "ENTER" tuşuna basılarak sistem çalıştırılır.



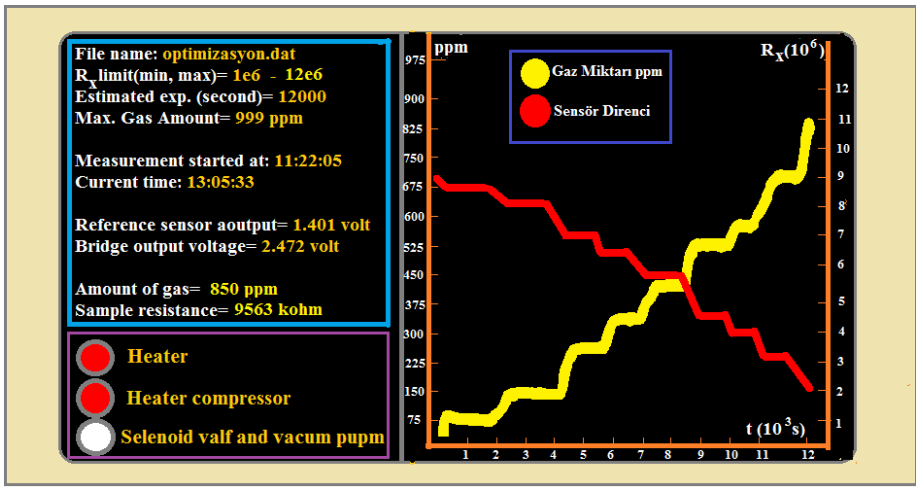
Şekil 4.10. Bilgisayar programının çalışır hali

Şekil 4.10'da çalışır durumdaki sisteme ait bilgisayar ekranı görülmektedir. Ekranda girilen değerler görülmektedir. Ekranın sol üst köşesinden aşağıya doğru; dosya adı,

minimum ve maksimum direnç değerleri, maksimum gaz miktarı, deneyin başlangıç zamanı ve şu anki zamanı gösteren birim, referans sensörünün çıkış gerilimi, Wheatstone köprüsünün çıkış uçları arasındaki potansiyel fark, içerdeki gaz miktarını gösteren birim ve üretilen gaz sensörünün direncindeki değişimi gösteren birim mevcuttur. Bu ekran sayesinde deney süreci birebir takip edilebilmektedir. En alt sağ köşedeki üç halka da deney düzeneğinin kontrolünü sağlayan birimdir. En üstteki yanında ısıtıcı (Heater) yazan halka kömür üzerinde sarılı olan telin uçları arasına uygulanan gerilimin anahtarını açmaya yarar. Klavyeden "H" tuşuna basıldığında beyaz olan halka kırmızıya döner ve telin uçları arasına gerilim uygulanır. Gerilim uygulanan tel ısınarak kömürden karbonmonoksit çıkmasına neden olur. İkinci sırada yanında test ünitesine gaz iletimini sağlayan bilgisayar kontrollü pompa (Heater Compressor) yazan halka oluşan karbonmonoksit gazının ölçüm yapılacak kaba taşınmasını sağlayan iletim mekanizmasını açmaya yarar. Klavyeden "C" tuşuna basıldığında beyaz olan halka kırmızıya döner ve karbonmonksit gazı kontrollü bir şekilde ölçüm yapılacak kaba taşınır. En altta ise test ünitesindeki gazı kontrolü olarak boşaltan selonoid vana (Selenoid valf and vacum pump)bulunmaktadır. Ölçüm yapılan kaptaki karbonmonoksitin kontrollü bir şekilde dışarı atılmasını sağlayan mekanizmayı çalıştırır. Aktif hale getirmek için klavyeden "V" tuşuna basmak yeterlidir.

Bilgisayar ekranının sağ tarafındaki bölüm ise ölçüm yapılan kaptaki gaz miktarını ve gaz sensörünün direncinin gaz miktarına bağlı değişiminin grafiksel olarak gösterildiği bölümdür. Grafiğin sol tarafındaki eksen içerdeki gaz miktarını, sağ tarafındaki eksen üretilen sensörün direncindeki değişimi göstermektedir.

Şekil 4.11 deney sisteminin çalışır durumdayken bilgisayar ekranındaki görüntüsünü göstermektedir. Ekrandaki sarı renkteki grafik içerdeki gaz miktarı göstermektedir. Şekilde de görüldüğü gibi deney esnasında meydana gelebilecek bir hata direkt olarak bilgisayar ekranında görülebilir.



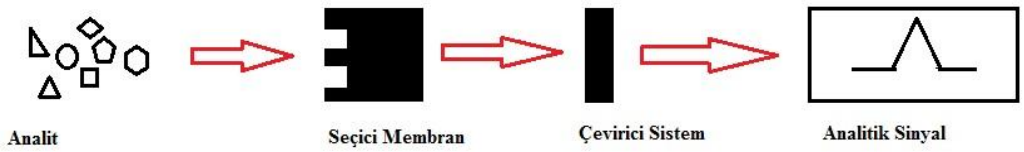
Şekil 4.11. Çalışır haldeki sistemin bilgisayar ekranının şematik görüntüsü

4.4. Referans Sensörü

Hazırlanan deneysel sistemde referans sensörü olarak kimyasal gaz sensörü kullanılmıştır. Kimyasal sensörlere dair daha geniş bilgiler bölüm 4.4.1 de belirtilmiştir.

4.4.1. Kimyasal sensörler

Kimyasal sensörler, analiz edilen bileşene karşı özel hazırlanmış bir numunenin derişiminden yararlanarak elde edilen kimyasal bilgiyi analitiksel olarak yararlı bir sinyale dönüştüren sistemlerdir. Genel olarak bir kimyasal sensörün çalışma prensibi Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Kimyasal sensörün çalışma prensibi

Kimyasal sensörlerin bazı özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

1. Kimyasal sensörlerde; duyarlı tabaka analit ile kimyasal etkileşim içindedir. Bu sebepten dolayı analite maruz bırakıldıktan sonra, duyarlı tabakanın yapısında bir değişiklik olmaktadır.

2. Minyatürize edilebilirler.

3. Tek bir fiziksel ya da kimyasal özelliğin ölçülmesi gerekli değildir.

4. Aynı kimyasal ölçümler için karşılık gelen eşdeğer aletlerden tipik olarak daha az masraflıdırlar.

Her bir kimyasal sensör iki kısım içerir. Bunlar, fiziksel dönüştürücü ve kimyasal ara yüzey tabakasıdır. Kimyasal ara yüzeyde; analit bir kimyasal aktif yüzeyle ile kimyasal olarak etkileşir. Böylece kimyasal özelliklerde bir değişme meydana gelir. Bu değişiklikler, fiziksel dönüştürücü ile ölçülebilir bir duruma getirilir. Değişiklikler, elektriksel sinyal ile ilişkili olarak meydana gelir ve monitörden okunur.

4.4.2. Kimyasal gaz sensörleri

Gaz sensörleri havadaki zehirli gazların belirlenmesinde yagın olarak kullanılmaktadır. Bundan dolayı son yıllarda gaz sensörleri ile ilgili çalışmalar giderek artmıştır. Sıvı elektrolit hücrelerde amperometrik ölçümler için farklı tip gaz sensörleri üretilmiştir. En yaygın kullanılan gaz sensörleri CO, CO_2, SO_2 ve NH_3 gaz sensörleridir.

Gaz sensörleri suda ve diğer çözücülerde çözünmüş gazların belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Gaz sensörünün seçiciliği sadece gaz membranın ince ve değiştirilebilir bir özelliğe sahiptir. Bu membran içteki çözelti ve analit arasında bir engel görevi görür.

Gaz sensörleri sulu çözeltide çözünen gazların derişimlerine cevap verirler. Bu sensörler NH_3, CO_2 gibi istenilen gazı geçiren bir membran ile bir iyon seçici elektrottan oluşur. Gaz, membran içinden geçtiği zaman çözeltinin ince tabakasındaki değişim elektrot tarafından hissedilir ve bu sayede ölçüm yapılır.

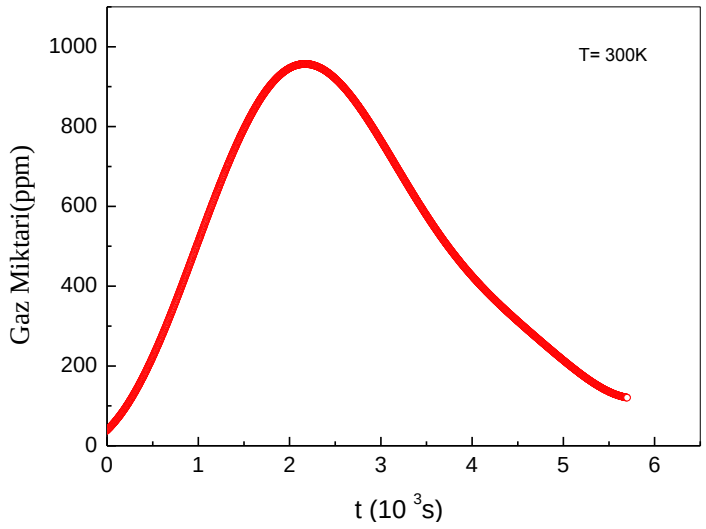
Gaz sensörü dört bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; gaz geçiren membran, elektrot, elektrolit ve filtredir (Yıldız, 2011).

4.5. Deney Düzeneğinin Test Edilmesi ve Optimizasyonu

Kurulan deney düzeneğinde ölçüm almaya başlamadan önce deney düzeneğinin optimizasyonu için ölçümler yapıldı. Bu ölçümler; içeri gönderilen karbonmonoksit gazının kontrollü bir şekilde gönderilmesi ve dışarı atılması, kullanılan kömürün homojen bir şekilde karbonmonoksit üretip üretmediği ve içerdeki gazın istenilen seviyede tutulup tutulamayacağının tespitidir.

4.5.1. Kömürün test edilmesi

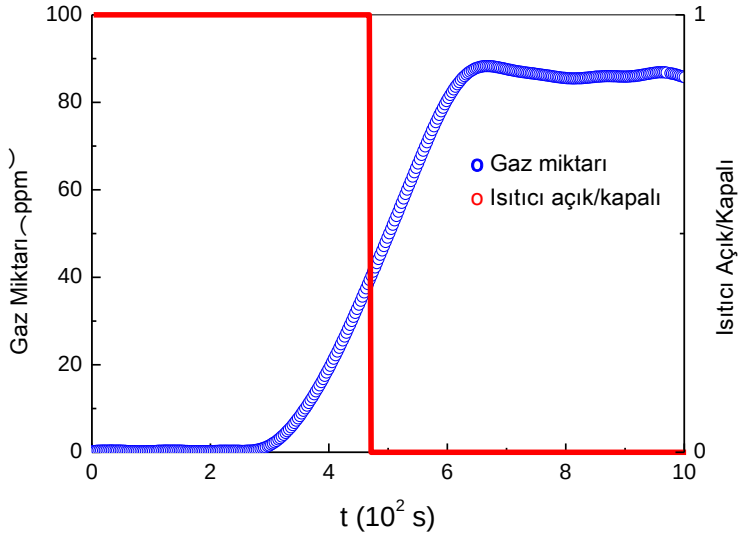
Öncelikle kullanılan kömürün ürettiği karbonmonoksit miktarının zamana bağlı değişimi incelenmiştir. Kömür üzerine krom – nikel tel sarılarak hazır hale getirilerek telin uçları arasına 12 Voltluk DC gerilim uygulanarak kömür uyarılarak karbonmonoksit gazı oluşumu sağlanmıştır. Oluşan gaz kapalı kap içerisinde biriktirilerek bilgisayar kontrollü pompa yardımıyla test ünitesine kontrollü bir şekilde taşınmıştır. Test ünitesinde bulunan referans sensörü yardımıyla gaz artış miktarı bilgisayara kaydedildi. Test ünitesindeki karbonmonoksit gazı bilgisayar kontrollü selonoid vana yardımıyla kontrollü bir şekilde dışarı atılmıştır. Bu değişim test ünitesindeki referans sensörü yardımıyla belirlenmiştir. Şekil 4.13'deki grafikte karbonmonoksit gazı homojen bir şekilde üretilmiş ve kontrollü bir şekilde test ünitesine iletilmiştir. Sonuç olarak kömürün deneyimiz için uygun olduğuna karar verildi.



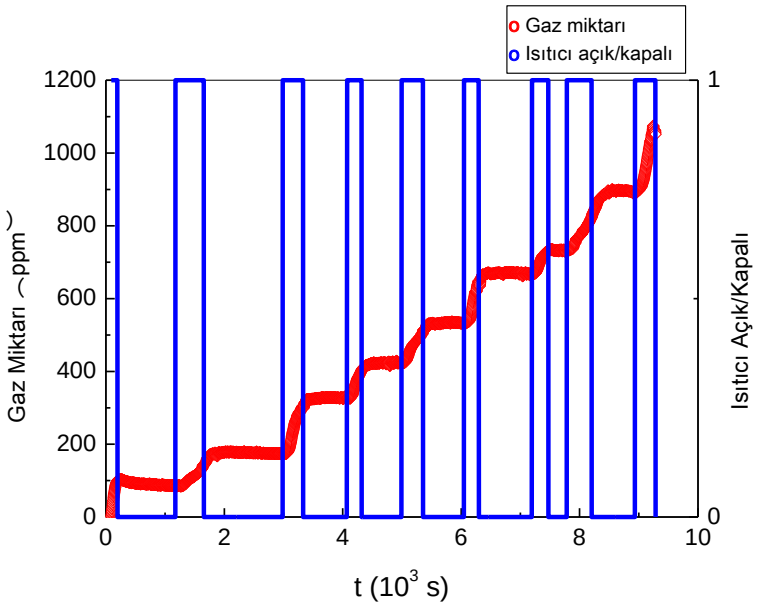
Şekil 4.13. Kapalı kapta karbonmonoksit gazının biriktirilmesi ve boşaltılması

4.5.2. Kapalı kap içerisindeki gazın sabit tutulması

Sensörün karbonmonoksit gazına karşı tepki süresi (response time) ölçümleri için kapalı kap içerisinde karbonmonoksit gazının belirli bir süre sabit bir düzeyde tutulması gerekmektedir. Bu ölçüm için deneylere başlamadan önce optimizasyon çalışması yapılmıştır. Sistem çalıştırılarak karbonmonoksit gazının üretilmesi sağlanmış ve test ünitesine kontrollü bir şekilde iletilmiştir. Daha sonra bilgisayar sistemi üzerinden kömür üzerine uygulanan gerilim ve gazın iletilmesini sağlayan iletim sistemi kapatılarak sistemin dengeye ulaşması için yaklaşık olarak 187s beklenmiştir. Test ünitesindeki gaz miktarının sabit bir değere ulaştığı gözlemlenmiştir. Yapılan bu ölçümün periyodikliği denenmiş ve elde edilen grafikler Şekil 4.14 ve Şekil 4.15 ' de gösterilmektedir.



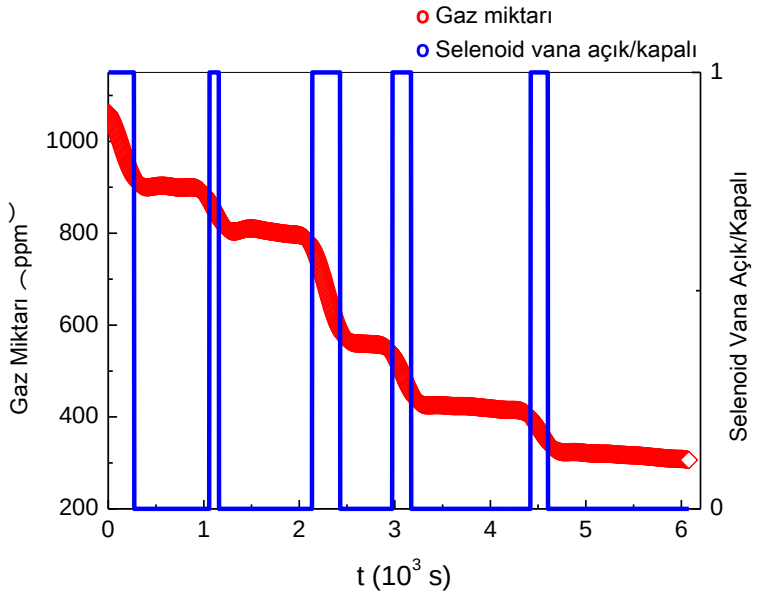
Şekil 4.14. Kapalı kaptaki gazın sabitlenmesi ölçümü



Şekil 4.15. Test ünitesindeki gaz miktarının zamanla değişi

Şekillerde görüldüğü gibi karbonmonksit gazı test ünitesinde kontrollü bir şekilde biriktirilebilmektedir.

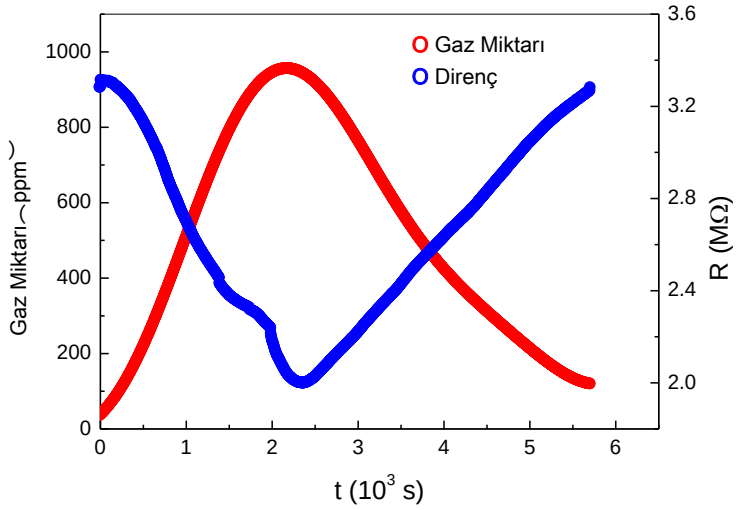
Test ünitesindeki karbonmonoksit gazı bilgisayar kontrollü selonoid vana yardımıyla kontrollü bir şekilde dışarı atılması için optimizasyon ölçümleri yapılmış ve elde edilen sonuç Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Test ünitesindeki gaz miktarının kontrollü bir şekilde dışarı atılması

Optimizayon ölçümlerinin son kısmında mekanik kontak alma düzeneğinin optimizasyonu yapılmıştır. Şekil 4.17 sensörün direncinin zamanla gaz miktarına

bağlı olarak değişimini göstermektedir. Ölçüm yapılacak hazneye karbonmonoksit gaz girişi başladıktan sonra sensörün yüzeyinin karbonmonoksit gazları ile etkileşmesi sonucu sensörün direncinde azalma meydana gelmekte ve. içerdeki gaz miktarı arttıkça sensörün direncindeki azalma görülmektedir. İçerideki gaz miktarı azaldıkça sensörün direnci artmaya başlamakta ve içerdeki gaz miktarı bittiğinde sensörün direnci başlangıçtaki değerine ulaşmaktadır. Yapılan deneme ölçümleri sonucunda mekanik kontak alma düzeneğinin uygun olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.17. Gaz miktarına bağlı sensörün direncinin değişiminin optimizasyon ölçümü

5. MALZEME VE MATERYAL

Bu kısımda karbonmonoksit gaz sensörü yapımında kullanılan SnO_2 malzemesi ile ilgili bilgiler verilecektir.

5.1. Kalay (Sn)

Kalay periyodik cetvelde 5. periyot IV A grubunda bulunan tel ve levha haline getirilebilen gümüş beyazlığında metalik bir elementtir. Atom numarası 50' dir ve (Sn) simgesi ile gösterilir. Milattan önce 3000 yıllarına dayanan bir tarihi vardır. Mısır ve çevre bölgelerde bronz alaşımı elde etmek için kalay kullanıldığı bilinmektedir. Anadolu da ise kalayın tarihçesi yine M.Ö. 3500 – 1200 yılları arasına dayanmakta olup bu dönem aynı zamanda "Bronz Çağı" olarak da bilinmektedir.

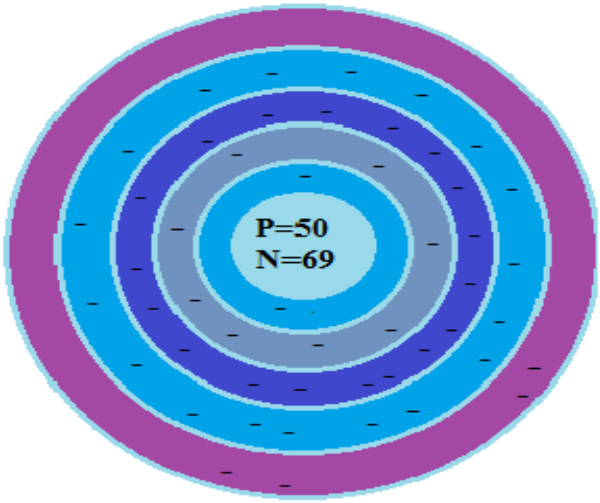
Kalayın gri (alfa) kalay ve beyaz (beta) kalay olmak üzere bilinen başlıca iki allotropu vardır. Düşük sıcaklıklarda gri kalay kararlı olup silisyum ve germanyuma benzeyen kübik kübik kristal yapıdadır. Yoğunluğu 7,75 g/cm^3dür. 13.2 °C nin üzerine ısıtıldığında beyaz kalaya dönüşür. Beyaz kalay tetragonal kristal yapıya sahiptir. 7,3 bağıl yoğunluğa sahiptir. Soğutulduğunda yavaşça gri formuna dönüşür ki bu durum kalay hastalığı olarak bilinir. Bu dönüşüm, alüminyum ve çinko gibi safsızlıkların varlığından etkilenir ve Antimon (Sb) veya Bizmut (Bi) eklenmesiyle önlenebilir (Özkendır, 2006).

Sn elementine ait bazı özellikler aşağıdaki Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge5.1. Sn atomuna ait bazı özellikler

Simge	Sn
Atom numarası	50 (Elmas yapıda)
Atomik kütle	118,69 g/mol
Atomik yarıçap	1,55 A□
Yoğunluk	5,76 g/cm3
Sıvı haldeki yoğunluğu	6,99 g/cm3 (505,08 K)
Erime Noktası	504,9 K
Kaynama noktası	2543 K
Proton/ Elektron sayısı	50
Nötron sayısı	69
Bağlanma Enerjisi	303 kJ/mol
İyonlaşma Enerjisi	7,34 ev
Elektronegatiflik	1,65 (Pauling ölçeği)
Kovalent yarıçap	1.40 A□
Isısal iletkenlik	0,67 W/cmK
Elektronik Düzen	[Kr]4d10 5s2 5p2
Kristal yapısı	Tetragonal
Simge	Sn

Sn atomunun elektronik konfigürasyonu Şekil 5.1 de gösterilmiştir.



Şekil 5.1.Sn atomunun elektronik konfigürasyonu

5.2. SnO_2 (Kalay Oksit) Genel Bakış

Kalay (II) oksit, SnO_2 kimyasal fomülü ile gösterilir. İnorganik bir bileşiktir, mineral hali kalay taşı olara bilinir ve SnO_2 kalayın ana filizidir. Kalayın bu oksidi kalay

kimyasında oldukça önemli bir hammaddedir. Renksiz, diamanyetik ve amfoter bir malzemedir.

Çizelge 5.2. SnO2 ye ait bazı özellikler

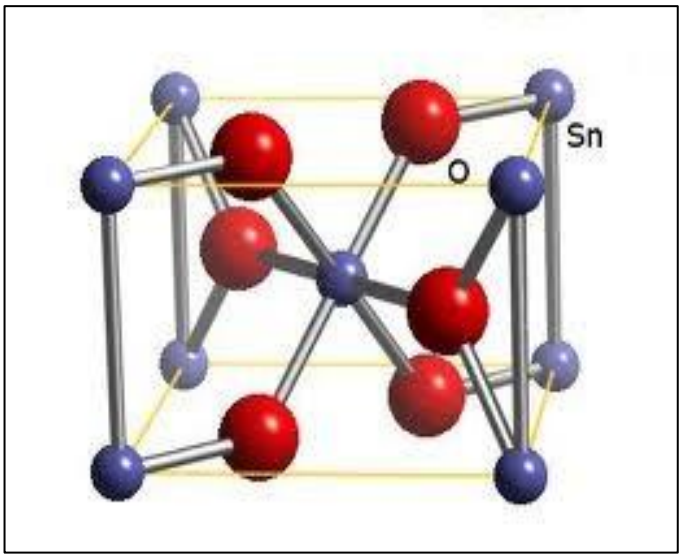
Molekül	Molekül	Görünümü	Yoğunluğu	Erime	Kaynama	Band
SnO_2	150.709	Beyaz toz	6.95 g/cm^3	1630 °C	1800 –	3.57 eV

Şekil 5.2'de toz halindeki SnO_2parçacıkları gösterilmektedir



Şekil 5.2. Toz halindeki SnO_2

SnO_2 genellikle gaz sensörleri olarak kullanılır (Serini,1997). SnO_2, H_2, CO ve NO_2 gibi gazların yanı sıra etanol toluen ve n oktan gibi uçucu organik bileşik buharlarının algılanmasında da kullanılır (Zhangl, Song, 2007). SnO_2 iletken oksit olarak yüksek optik geçirgenliği ve elektrik iletkenliği bakımından bilim ve teknolojide geniş bir kullanım alanına sahiptir. SnO_2 bileşiğinin kristal yapısı Şekil 5.3'de gösterilmiştir.



Şekil 5.3. SnO_2 nin tetragonal yapısı

SnO_2 tabanlı gaz sensörleri sinterlenmiş tablet, kalın film ve ince film olmak üzere üç farklı tipte üretilmektedir(Karaca, 2008). Kolay üretilmesi ve maliyetinin düşük olmasından dolayı ince film SnO_2 gaz sensörleri bunlar arasında en çok tercih edilenidir. Bu çalışmada SnO_2 malzemesi kullanılarak farklı molaritelerde çözeltiler hazırlanarak gaz sensörü üretilmiş ve molaritenin sensör parametreleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ayrıca SnO_2 malzemesi Zn ile katkılanarak farklı karbonmonoksit miktarlarındaki sensör parametreleri kurulan elektriksel karakterizasyon deney düzeneği yardımıyla belirlenmiştir.

5.3. Sol – Jel Metodu

Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle birlikte elektronik aygıt yapımında kullanılacak malzemelerin üretim yöntemleri de geliştirildi. Bu gereksinimler doğrultusunda malzeme bilimi ile ilgilenen bilim dalları yeni malzeme üretim tenlikleri geliştirdiler. İnce film üretmede hem uygulanabilirlik hem de maliyeti açısından sol – jel yöntemi önemli bir yere sahiptir.

Sol – jel yöntemi son on beş yirmi yıldır üzerinde çalışmalar yapılan ince film üretim yöntemi olup, kelime anlamı olarak solüsyon – jelleşme kelimelerinin kısaltılışı olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem kimyasal bir yöntemi olup bir solüsyon ve süspansiyononun jelleşebildiği tüm sistemleri içermektedir. Bu yöntemde bir veya

birkaç bileşenin ‘sol’ yapıcı özelliğe sahip olması gerekir. Sol – jel metodunda genellikle metal alkoksit, su ve alkol içeren çözeltiler kullanılır. Çözeltinin erken gelişen jelleşme reaksiyonlarını ve tanecik oluşum reaksiyonlarını ayarlamak üzere çok az bir miktar baz veya asit katalizörü kullanılabilir (Evcin, 2006). Çözeltilerdeki tanecikler arasındaki uzaklıkların kısaltılması, var olan uzaklıkların korunması için sol – jel iyi bir yöntemdir.

‘Sol’ sıvı içerisinde koloidal katı taneciklerin kararlı bir süspansiyonudur. Kolloid olarak tanımlanan tanecikler gözler görülemeyecek kadar küçük 500 nm ve daha altındaki boyutlara sahip taneciklerdir. Jel, katı ile sıvı arasındaki faz olup kolloidal parçacıkların çöktürülmesiyle elde edilen bol miktarda su içeren çökeleklere denir.

5.4. Numune Hazırlama

Tez çalışması kapsamında 0.1M, 0.3M saf SnO_2 ve %10 Zn katkılı SnO_2 malzemesinin hassasiyet ve tepki süreleri ölçümleri yapılmıştır.

5.4.1. Çözeltinin hazırlanması ve alttaşların temizlenmesi

Bu kısımda sol jel tekniği kullanılarak hazırlanan malzemelerinin hazırlanması ve malzemelerin üzerine büyütüleceği alttaşların temizlenmesi ile ilgili bilgi verilecektir.

5.4.2. Alttaşların temizlenmesi

Malzemeyi büyütmek için alttaş olarak cam kullanılmıştır. 2x2 cm^2 boyutunda kesilmiŞ olan cam alttaşların yüzeyleri alkol ve damıtılmış su kullanılarak temizlenmiştir. Bu boyutlarda kesilen camlar öncelikle 100°C’ de damıtılmış suda 30 dakika boyunca kaynatılmış olup. kaynatılan alttaşların alkol ile her iki yüzeyi temizlenmiştir. Bu işlemden sonra camlar üzerinde kalan alkolün buharlaşması için kapalı kapta bekletilmiştir. Bu esnada çözelti hazırlanıp alttaş üzerine büyütülmüştür.

5.4.3. Çözeltinin hazırlanması

SnO_2 çözeltileri metanol kullanılarak hazırlanmıştır. Çözelti oluşumunun optimizasyonu yapabilmek için deneysel ölçümlere başlanmadan önce uzunca bir ön çalışma yapılmış olup, çözelti hazırlanması konusunda tecrübe kazanılmıştır.

Örnekler 0.1M, 0.3M olarak Zn iki farklı moglaritede hazırlanmıştır. Hazırlanacak örnekler için kullanılacak SnO_2 miktarı denklem 6.1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\mathrm{n} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{M_A}} \tag{5.1}$$

$$M = \frac{n}{V} \tag{5.2}$$

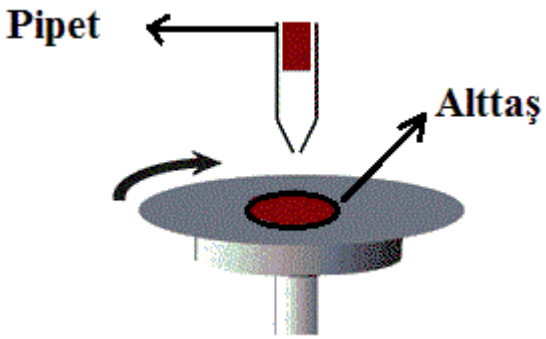
Önce denklem 5.1 kullanılarak mol sayısı daha sonra denklem 5.2 kullanılarak SnO_2'nin kütlesi belirlenir. Malzemelerin kütleleri hesaplandıktan sonra hassas terazi yardımıyla kütleleri ölçülür. Hazırlanan çözeltilerin ph değeri 4 olarak belirlenmiştir.

SnO_2 kütleleri hassas terazi yardımıyla belirlendikten sonra beher içerisindeki çözücüye ilave edilerek daha önceden 120°C ye ayarlanmış olan ısıtıcı üzerine konarak 10 dakika boyunca manyetik karıştırıcıyla karıştırılarak hazırlanmıştır. Isıtıcı üzerindeki çözelti 30 dakika sonunda alındı ve malzemeler daha önceden hazırlanan camlar üzerine döndürmeli kaplama yöntemiyle büyütülmüştür.

5.5. Döndürmeli Kaplama Metodu

Malzemeler döndürmeli kaplama metodu kullanılarak üretilmiştir. Döndürmeli kaplama metodu hem maliyeti hem de yaygın olarak kullanılmasından dolayı tercih edilmiştir. Karbonmonksit gaz sensörlerinin üretim yöntemi hassasiyet ölçümlerinde oldukça önemlidir. Aynı malzemeden farklı konsantrasyonlarda ve molaritede yapılmış karbonmonoksit gaz sensörleri aynı koşullarda farklı hassasiyet eğrileri vermiştir (Mishra, Agarwal, 1998).

Üretilecek malzemeler için amaca uygun döndürmeli kaplama deney düzeneği tasarlanmış olup sistem Şekil 5.4'de gösterilmiştir.



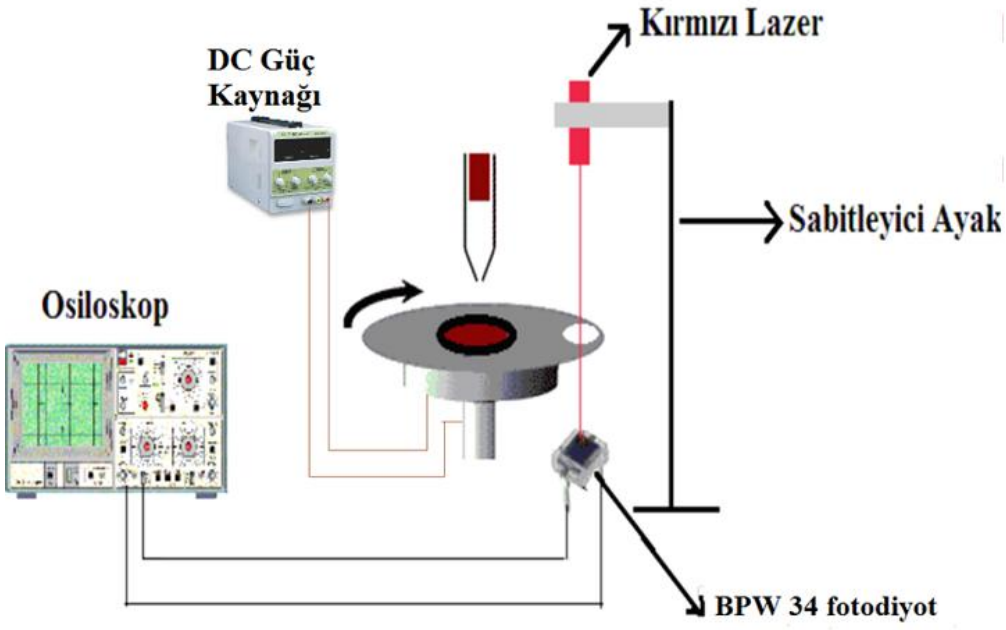
Şekil 5.4. İnce filmlerin hazırlanmasında kullanılan döndürmeli kaplama sistemi

Uygulanan dış gerilime bağlı olarak sistemin dakikadaki devir sayısı (rpm) kontrol edilebilmektedir.

5.5.1. Döndürmeli kaplama sisteminin "rpm" nin hesaplanması

Dakikadaki devir sayısı (rpm (rotation per minute)): Dönen bir cismin dakikadaki devir sayısını belirtir.

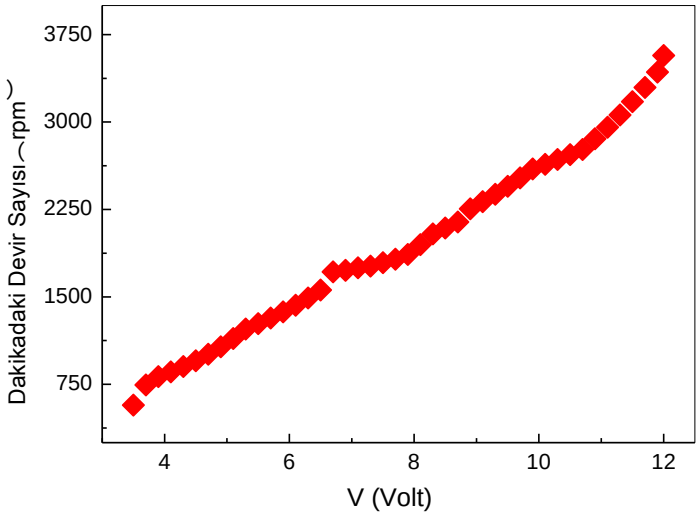
Hazırlanan döndürmeli kaplama sisteminin dakikadaki devir sayısı Şekil 5.5'deki deney düzeneği kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.5. Dakikadaki devir sayısı (rpm) için hazırlanan ölçüm düzeneği

Deney düzeneği bir adet osiloskop, bir adet BPW 34 foto diyot, bir adet lazer, döndürmeli kaplama sistemi ve deney düzeneğini osiloskoba bağlayan koaksiyel kablodan oluşmaktadır. Öncelikle kırmızı lazer ışık kaynağı sabitleyici ayağa sıkı bir şekilde yerleştirilir. Yerleştirilen lazer ışık kaynağı döndürmeli kaplama deney düzeneğinin altındaki BPW 34 foto diyotun tam yüzeyine gelecek şekilde ayarlanır ve sabitleyici ayak bu şekilde sabitlenir. BPW 34 foto diyotun çıkışı osiloskoba bağlanır. Dönen diske uygulanan gerilime bağlı olarak osiloskop ekranında gözlelmlenen sinyal yardımıyla dönen tablanın dakikadaki devir sayısı hesaplanır. Ölçüm 3.5 volttan 12 volta kadar 0.2 volt aralıklarla yapılmıştır. Ölçümün olabildiğince karanlık bir ortamda yapılmasına dikkat edilmelidir.

Şekil 5.6'da uygulanan dış gerilime bağlı olarak dakikadaki devir sayısı değerleri gösterilmektedir.



Şekil 5.6. 'rpm' in uygulanan dış gerilime bağlı değişimi

Şekil 5.6 yardımıyla hangi gerilim değerinde kaç rpm de malzeme kaplaması yapılabileceği belirlenebilir.

5.6. SnO_2 Sensörlerinde Algılama Mekanizması

Gaz sensörleri genellikle karbonmonoksit (CO), metan (CH_4) gazları ve metanol (CH_4OH), trichloroethylene (C_2HCl_3) gibi organik buharları belirlemek için kullanılır. Gaz sensörleri için ana malzemeler kalay oksit, çinko oksit gibi

malzemelerdir. Bunların içerisinde SnO_2 en çok kullanılan olup birden çok gazı belirlemek için kullanılabilir.

Kalay oksit gaz sensörleri, sensör yüzeyindeki gaz moleküllerinin kimyasal soğurumundan dolayı iletkenliğinde meydana gelen değişim ilkesine bağlı olarak çalışır. Kalay oksit sensörlerin çalışma mekanizmasını anlamak için birçok farklı model önermiştir (Clifford,1983; Morrison, 1982). İlk başlarda Marrison (Morrison, 1987) duyarlılık ve test gazının konsantrasyonu arasında empirik bir ilişki önerdi. Daha sonra Gardner sensörün iletkenliğindeki değişim için lineer olmayan difüzyon reaksiyon modeli önerdi (Gardner, 1989; Gardner, 1990). Sonraları, Geistlinger gaz sensörleri için mikroskobik bir model önerdi (Geistlinger,1993). Bu model kimyasal soğurumun elektron teorisine dayanmaktadır. Malzemenin basınç bağımlı iletkenliği, n tipi yarıiletken için 1 boyutlu Poisson denklemi çözülerek türetilmiştir. Bu model, geniş basınçlı bölgelerde sensörün iletkenliğinin basınç ile güçlü bir ilişki içerisinde olduğunu göstermektedir.

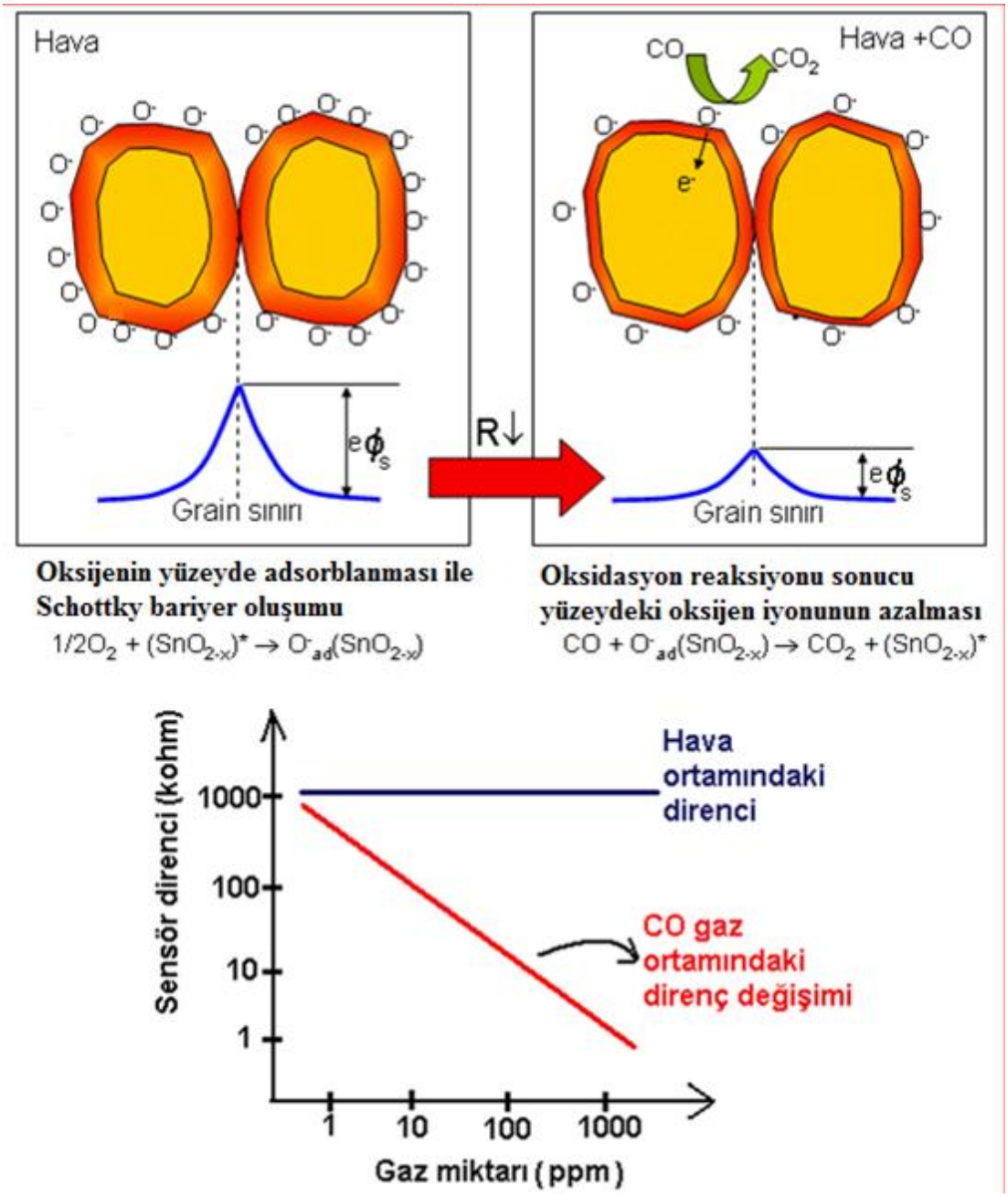
Gaz sensörünün iletkenliği grain sınırlarında Schottky diyot yaklaşımı yapılarak oluşturuldu (Morrison, 198; Schierbaum, Kirner, Geiger, Göpel, 1991). Dahası, Schottky bariyerinin yüksekliğinin değişiminin yüzeyde gaz soğurulmasından kaynaklandığı belirlendi (Carotta, Dallara, Martinelli, Passari, Camanzi, 1991). Fakat şu ana kadarki hiçbir eşsıcaklık soğurum ilişkisinde gaz miktarının hassasiyetle olan özel bağlantısına değinilmemiştir.

Langmuir soğurum izotermi fiziksel soğurumlar için iyi sonuçlar vermesine rağmen, Freundlich soğurum izotermi fiziksel soğurumun yanı sıra yüksek konsantrasyonlarda kimyasal soğurum içinde geçerlidir (Adomson, 1967). Bet ve diğer soğurum izotermleri çok katmanlı yoğun sensör yüzeyleri için uygulanabilirdir. Birçok durumda Freundlich soğurum izotermi kullanışlıdır.

Yukarıda belirtilen izotermler ve diğerleri test gazının miktarının değişimi ile iletkenlik arasında ilişki kurmasına rağmen sıcaklığı hesaba katmamıştır. Bu modelde diğerlerinden farklı olarak geniş aralıkta değişen gaz miktarının ve sıcaklığın iletkenlik üzerindeki etkisi de hesaba katılmıştır.

Bu modelde Freundlich adsorpsiyon mekanizması, Schottky bariyer diyotun iletim mekanizması için geçerli izoterm olarak kullanılmıştır.

SnO_2' nin elektriksel iletkenliğinin stokiyometrik olmayan alaşımındaki oksijen eksikliğinin bir sonucundan kaynaklı olduğu belirlenmiştir(Srivastava ve Dwivedi, 1994). Burada SnO_2 n- tipi katkılı yarıiletken gibi düşünülmüş ve n tipi katkılı yarıiletkenin iletkenliği incelenmiştir. SnO_2 malzemesi birbirleriyle komşu olan çok sayıdaki grainlerin birleşmesiyle oluşmuştur. Bu tip malzemelerin elektriksel davranışları aktif olan komşu iki grain arasındaki Schottky modelle açıklanabilir. Bu modelde arayüzeyde tuzakların bulunduğu varsayılmaktadır. Tuzak durumları çoğunluk yük taşıyıcılarını yakalayabilen ara yüzeyleri temsil etmektedir. Ara yüzeylerdeki bariyerin oluşmasıyla meydana gelen bantlardaki bükülme, gaz algılama mekanizması ve gaz miktarına bağlı olarak sensörün direncindeki değişim Şekil 5.7'de gösterilmiştir.



Şekil 5.7. SnO_2' nin grain sınırlarındaki Schottky bariyerin oluşumu, bariyer yüksekliğinin değişimi ve sensör direncinin gaz miktarına bağlı değişimi

Başlangıçta yapılan çalışmalarda grainlerin yarıçapının (D) Debye uzunluğu olan 2L den daha büyük olduğu belirlenmiş ve iletkenlik çoğunlukla Schottky bariyer modelden kaynaklandığı belirtilmiştir. Bu teoride tüm iletkenliğin, uzunluğu 2L den büyük grainler tarafından meydana getirildiği kabul edilmiştir. SnO_2 yüzeyi hava ile temas ettiği zaman oksijen molekülleri yüzeyde adsorb edilir. Yüzeyde adsorp edilmiş oksijen komşu grainler arasında tuzaklanan elektronları alarak O_2^-, O^- ve O^{2-} iyonlarına dönüşürler. Böylece yüzeye yakın bölgelerde yük yoğunluğu azalır ve boşaltılmış bölgenin oluşmasına neden olur. Sensör indirgeyici gazlara maruz

bırakıldığında gaz ile oksijen iyonları arasındaki etkileşim sonucu oksijen iyonlarının SnO_2 yüzeyinden uzaklaşmasına, bariyer yüksekliğinin azalmasına ve iletkenliğin artmasına yardımcı olur (Ertl, 1982). İletkenlik için Schottky bariyer model göz önüne alındığında akım ifadesi için denklem 5.3 yazılabilir.

$$\mathrm{I} = \mathrm{A}^{*}\mathrm{AT}^{2}\exp\left[\frac{-\mathrm{q}\Delta\emptyset_{\mathrm{s}}}{\mathrm{kT}}\right]\left[\exp(\frac{\mathrm{qV_a}}{\mathrm{kT}}) - 1\right] \quad (5.3)$$

$\Delta\emptyset_s$: Bariyer yüksekliği

V_a : Uygulanan dış gerilim

A^* : Richardson sabiti

A : Eklem yüzey alanı

Direnç veya iletkenlik çok düşük V_a değerlerinde ölçülmüştür. Bu sonuçla:

$$\mathrm{G} = \left[\frac{\mathrm{dI}}{\mathrm{dV}}\right] \ , \mathrm{V_{a\simeq 0}} \quad (5.4)$$

$$G = AT^{2}\frac{q}{kT}\exp\left[\frac{-q\Delta\emptyset_s}{kT}\right] \quad (5.5)$$

$$G = A^{'}\exp\left[\frac{-q\Delta\emptyset_s}{kT}\right] \quad (5.6)$$

$$A^{'} = \frac{ATq}{k} \quad (5.7)$$

Denklem 5.6 sensörün iletkenliğinin bariyer yüksekliği ile nasıl değiştiğini göstermektedir. Denklem 5.6 de iletkenliğin bariyer yüksekliği ve sıcaklıkla orantılı bir şekilde değiştiği görülmektedir. Daha önceki çalışmalarda (McAleer, Moseley, Norris, Williams, 1987) bariyer yüksekliği ($\Delta\emptyset_s$) değişiminin yüzeyin kaplanma derecesi θ ile ilişkisi denklem 5.8 de gösterilmiştir.

$$\Delta\emptyset_s = \frac{eN_S^2\theta^2}{2\varepsilon\varepsilon_0 N_D} \quad (5.8)$$

N_S^2: Birim alan başına yüzey yükü

N_D : Birim hacimdeki iyonlaşmış donor katkı yoğunluğu

$\varepsilon\varepsilon_0$: Yarıiletkenin geçirgenliği

Denklem 5.6 ve denklem 5.8 bir araya getirilerek iletkenlik G ve yüzey parametresi arasındaki ilişki denklem 5.9 de verilmiştir.

$$G = A' \exp\left[\frac{e^2 N_S^2 \theta^2}{2\varepsilon\varepsilon_0 kTN_D}\right] \quad (5.9)$$

Denklem 5.9 düzenlenerek denklem 5.10 elde edilir.

$$G = A' \exp[B\theta^2] \quad (5.10)$$

Burada; $B = \left[\frac{e^2 N_S^2}{2\varepsilon\varepsilon_0 kTN_D}\right]$ olarak ifade edilir.

Denklem 5.10 iletkenliğin, yüzey parametresinin karesi ile orantılı olduğunu göstermektedir. Yukarıda türetilen denklemlerde gaz miktarı (konsantrasyon) hesaplamaların içerisinde yer almamıştır. İletkenliğin gaz miktarı ile olan ilişkisi Langmuir, Freundlich, BET, Dubinin, Radushevich gibi birçok izotermde belirtilmiştir. Yukarıda anlatılan teoride gazların veya adsorp edilen buharların Freundlichc izotermine uyduğu kabul edilmiştir. Langmuir izoterminin kullanılmamasının nedeni bu izotermin sadece fiziksel adsorpsiyon için geçerli olmasıdır. Bunun yanı sıra BET izotermi ise çok katmanlı yapıları içerdiği için bu teori için uygun bulunmamıştır.

Freundlich adsorbsiyon izoterminde θ ile C (gaz konsantrasyonu) arasındaki bağıntı denklem 5.11 da belirtilmiştir(Srivastava ve Dwivedi, 1994).

$$\theta = KC^b \quad (5.11)$$

$K = \alpha RTn\alpha'$, $\quad a' = \alpha \exp {}^{-\Delta E}/_{kT}$ α ve R birer sabit.

Denklem 5.8 ve denklem 5.9 kullanılarak denklem 5.12 elde edilir.

$$G = A' \exp[Bk^2 C^{2b}] \quad (5.12)$$

Denklem 5.12 da $B' = Bk^2$, $b' = 2b$ değişkenleri kullanılarak denklem 5.13' e dönüşür.

$$G = A' \exp\left[B'C^{b'}\right] \quad (5.13)$$

Denklem 5.13 sensörün iletkenliğinin gaz miktarı ile arasındaki ilişkiyi verir.

G_0sensörün hava ortamındaki ($C = 0$) iletkenliği olmak üzere $G_0 = A'$ olur. Buradan denklem 5.13 denklem 5.14'e dönüşür.

$$G = G_0 \exp\left[B'C^{b'}\right] \quad (5.14)$$

Denklem 5.14 den B' ve b' ifadeleri rahatlıkla hesaplanabilir.

$$\frac{G}{G_0} = \exp\left[B'C^{b'}\right] \quad (5.15)$$

Denklem 5.15' ün her iki tarafının doğal logaritması alınırsa denklem 5.16 elde edilir.

$$\ln\left(\frac{G}{G_0}\right) = B'C^{b'} \quad (5.16)$$

Denklem 5.16 ün bir kez daha doğal logaritması alınarak denklem daha basit ve kullanışlı hale getirilir.

$$\ln\left(\ln\left(\frac{G}{G_0}\right)\right) = \ln(B') + b'\ln(C) \quad (5.17)$$

$\ln\left(\ln\left(\frac{G}{G_0}\right)\right)$ - $\ln(C)$ grafiği çizdirilerek eğimden b' ve grafiğin $\ln\left(\ln\left(\frac{G}{G_0}\right)\right)$ eksenini kestiği noktadan $\ln(B')$ hesaplanabilir.

SnO_2 gaz sensörleri indirgeyici gazlara maruz kaldıklarında hava ortamındaki iletkenliği gaz ortamındaki iletkenliğinden düşük olur ve dolayısıyla $G/G_0 > 1$ olmasına rağmen yükseltgen gazlara maruz kaldıklarında hava ortamındaki iletkenliği gaz ortamındaki iletkenliğinden daha büyük olur ve dolayısıyla $G/G_0 < 1$ olur. Bundan dolayı yükseltgen gazlar için denklem 5.17 denklem 5.18 ya dönüşür.

$$\ln\left(\ln\left(\frac{G}{G_0}\right)\right) = \ln(B') - b'\ln(C) \quad (5.18)$$

6. DENEYSEL SONUÇ VE YORUMLAR

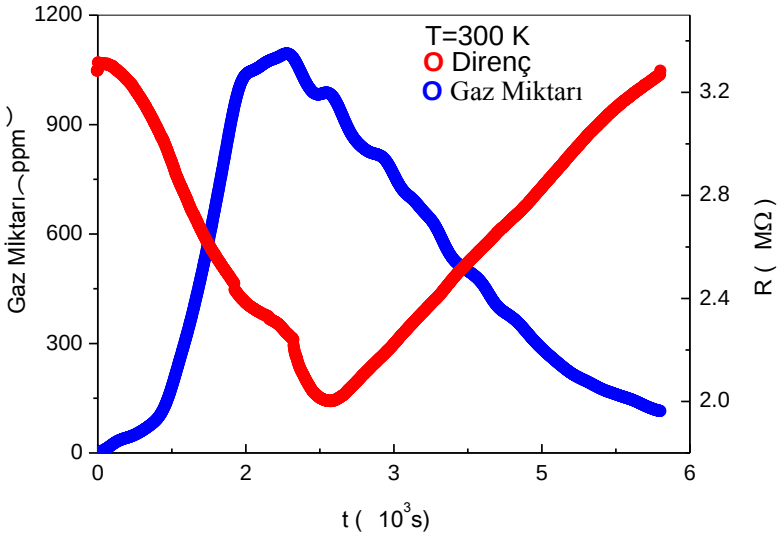
6.1. Deneysel Bulgular ve Yorumlar

Karbonmonoksit gaz sensörleri 3 farklı karışım kullanılarak üretilmiştir. İlk olarak 0.1 M ve 0.3 M saf SnO_2 karışımı kullanılarak hazırlanan malzemelerin hassasiyet ve tepki süresi (response time) ölçümleri yapılmıştır. Daha sonraki aşamada %10 oranında ZnO ile karıştırılarak oluşturulan 0.1 M SnO_2 çözeltisi kullanılarak üretilen malzemelerin hassasiyet ve tepki süresi gibi sensör parametreleri incelenmiştir.

6.1.1. 0.1 molar saf SnO_2 sensörünün hassasiyet ve tepki süresi ölçümleri

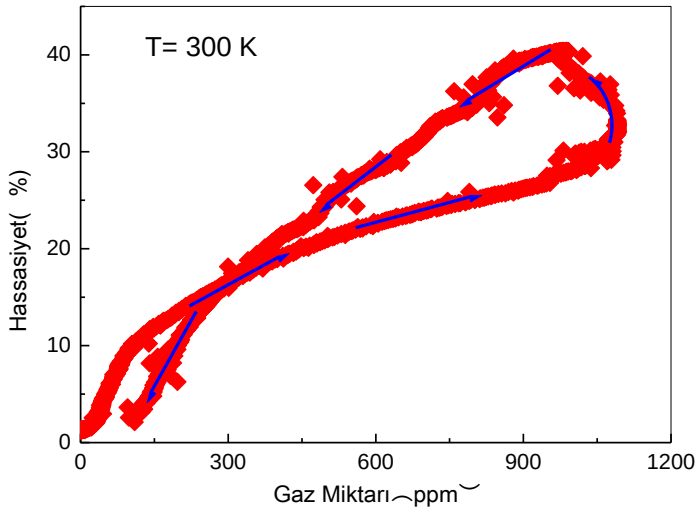
0.1 M saf SnO_2 çözeltisi döndürmeli kaplama tekniği kullanılarak cam alttaş üzerine kaplanmıştır. Kaplanan malzeme içerisinde kalan çözücünün tamamen buharlaşması için sensör kapalı bir ortamda 24 saat bekletilmiştir. 24 saat sonra deneysel ölçümlere başlanmış olup elektriksel karakterizasyonu yapılmıştır.

Şekil 6.1'de görüldüğü gibi test ünitesindeki karbonmonoksit gazının artmasıyla birlikte karbonmonoksit sensörünün direnci azalmaktadır. Test ünitesindeki gaz miktarı 1000 ppm değerine ulaşıncaya kadar sensör direncinde azalma devam etmekte ve 1000 ppm değerinden sonra içerdeki gaz kontrollü olarak dışarıya atılırken sensörün direncinin de artarak başlangıç değerine ulaştığı görülmektedir. Bu durum sensör yüzeyinde bölüm 5.5 de belirtilen algılama mekanizmasının geçerliği olduğunu göstermektedir. Referans sensörü ile üretilen sensörün ortamdaki karbonmonoksit gazının boşaltılmasına verdikleri tepki süreleri arasındaki fark 500s dir.



Şekil 6.1. SnO_2 sensörünün karbonmonoksit gaz miktarına bağlı olarak zamanla elektriksel direncinin değişimi

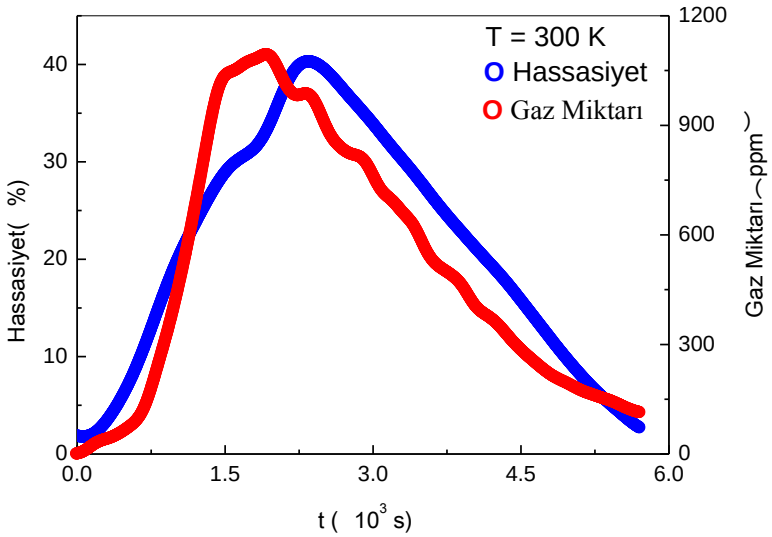
Şekil 6.2'de üretilen karbonmonoksit gaz sensörünün hassasiyetinin gaz miktarına bağlı değişimi görülmektedir. Yukarıdaki grafikte görüldüğü gibi test ünitesinde gaz miktarının artmasına bağlı olarak sensörün hassasiyeti artmakta, gaz miktarı azalmasıyla sensörün hassasiyeti azalmaktadır. Yüksek gaz miktarlarında sensörün histerisis etkisi gösterdiği belirlenmiştir



Şekil 6.2. Hassasiyetin gaz miktarına bağlı değişimi

Şekil 6.3'de 0.1 M saf SnO_2 malzemesinden üretilen gaz sensörünün 300K sıcaklığında hassasiyet eğrisinin zamanla ve gaz miktarına bağlı değişimi görülmektedir. Sensör hassasiyeti ortamdaki karbonmonoksit gaz miktarının artışını takip etmektedir. Ortamdaki gaz miktarının artması sonucu sensörün yüzeyinde

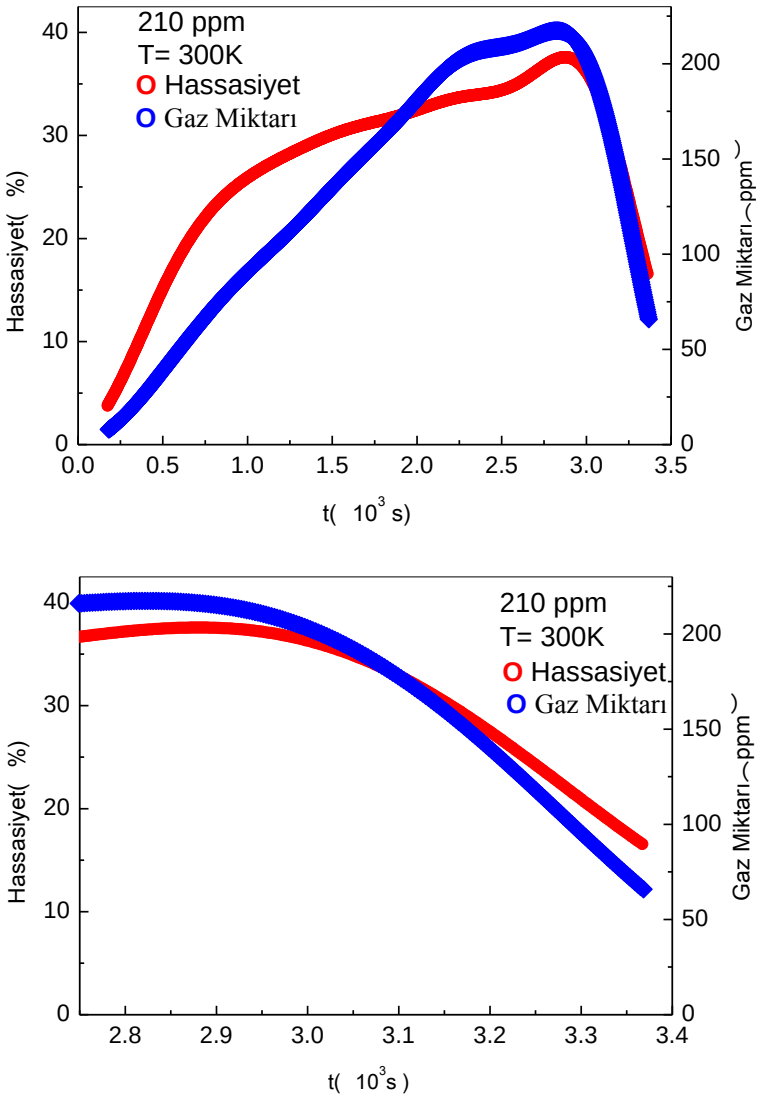
adsorp edilen oksijenlerin komşu grainler arasında tuzaklanan elektronları alarak iyonize olması sonucu yüzeydeki elektron yoğunluğu azalır ve sensörün iletkenliği artar (direnci azalır ve hassasiyeti artar). Ortamdaki karbonmonoksit gazı azaldığında oksijen iyonları elektronları serbest bırakarak yüzeyde elektron fazlalığına neden olur ve iletkenlik azalır (direnç artar ve hassasiyet azalır). Şekil 6.3'de sensörün hassasiyetinin ortamdaki gaz miktarınabağlı değişimi görülmektedir. Artan gaz miktarına bağlı olarak sensör hassasiyeti artmakta, gaz miktarının azalmasıyla hassasiyet azalmaktadır.



Şekil 6.3. Hassasiyetin ve gaz miktarının zamanla değişimi

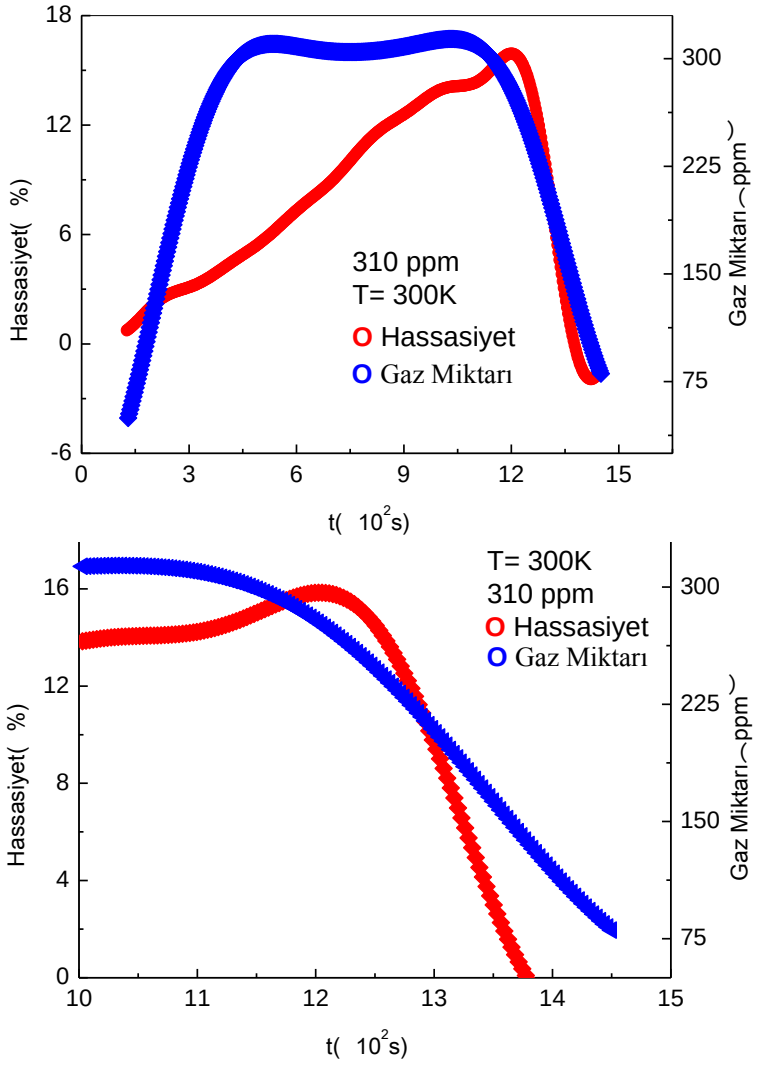
Şekil 6.4'de 0.1 M saf SnO_2 çözeltisi kullanılarak hazırlanan SnO_2 malzemesinin tepki süresi ve hassasiyet eğrileri gösterilmiştir. Tepki süresi, gaz ortamında bulunan bir sensörün ani olarak atmosfer ortamına getirildiğinde, elektriksel parametrelerinin gaz ortamına konmadan önceki haline dönmesi için geçen süre olarak tanımlanmaktadır. Başlangıçta, test ünitesine karbonmonoksit gazı kontrollü bir şekilde gönderilmiş olup hassasiyet değişimi incelenmiştir. Test ünitesindeki gaz mikatrı 210 ppm değerine ulaştığında 10 dakika boyunca beklenmiş ve sensörün davranışı incelenmiştir. Şekil 6.4'de (üstteki grafik) görüldüğü gibi gaz miktarı sabit tutulmaya başlandığı andan itibaren sensörün hassasiyeti de sabit olma eğilimi göstermekte fakat küçükte olsa hassasiyet de bir artış gözlemlenmektedir. Bunun nedeni olarak yüzeydeki adsorp edilen oksijenlerin grainlerdeki elektronları almaya devam etmesi olarak açıklanabilir (Srivastava, Lal, Dwivedi, 1994). Test ünitesindeki gaz miktarı ani olarak boşaltılmış ve referans sensörü ile üretilen sensörün tepki süreleri (tepki süresi) arasındaki fark belirlenmiştir. İki sensörün tepki süreleri

arasındaki farkın 75 s olduğu belirlenmiştir. Üretilen sensör referans sensörünü 75s geriden takip etmektedir



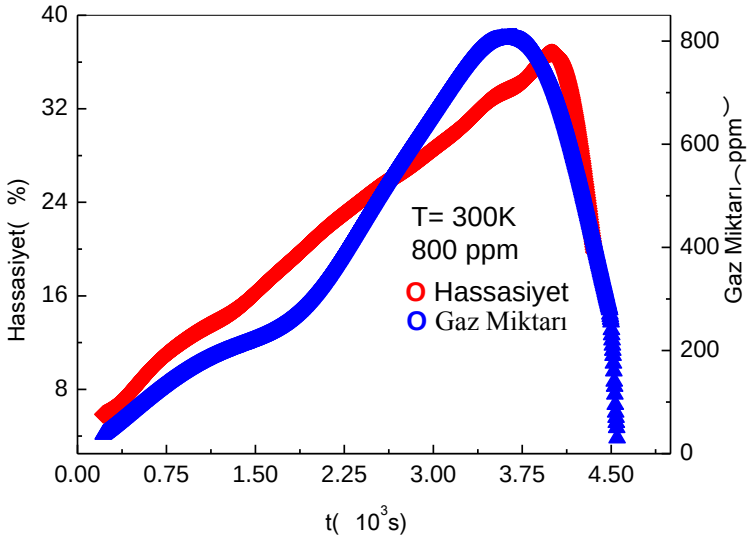
Şekil 6.4. Sensörün 210 ppm'deki hassasiyet eğrisi (üstte), tepki süresi eğrisi (altta)

Şekil 6.5'de üretilen SnO_2 gaz sensörünün 310 ppm'deki hassasiyet ve tepki sürelerine ait eğriler görülmekedir. Ortamdaki gaz miktarı arttıkça sensör hassasiyeti artmakta fakat ortamdaki gaz miktarı sabit tutulduğunda bile sensörün hassasiyetindeki artışın devam ettiği görülmektedir. Sensörün bir önceki ölçümde (210 ppm) bir süre gaz ortamında bekletilmesi algılama mekanizmasında bir takım değişikliklere neden olmuştur. Şekil 6.5 (üstteki grafik) ortamdaki gaz miktarının azaltılmasıyla iki sensörün tepki süreleri arasındaki farkı göstermektedir.. 310 ppm de referans sensörünün tepki süresi ile üretilen sensörün tepki süresi arasındaki fark 130 saniye olarak belirlenmiştir.



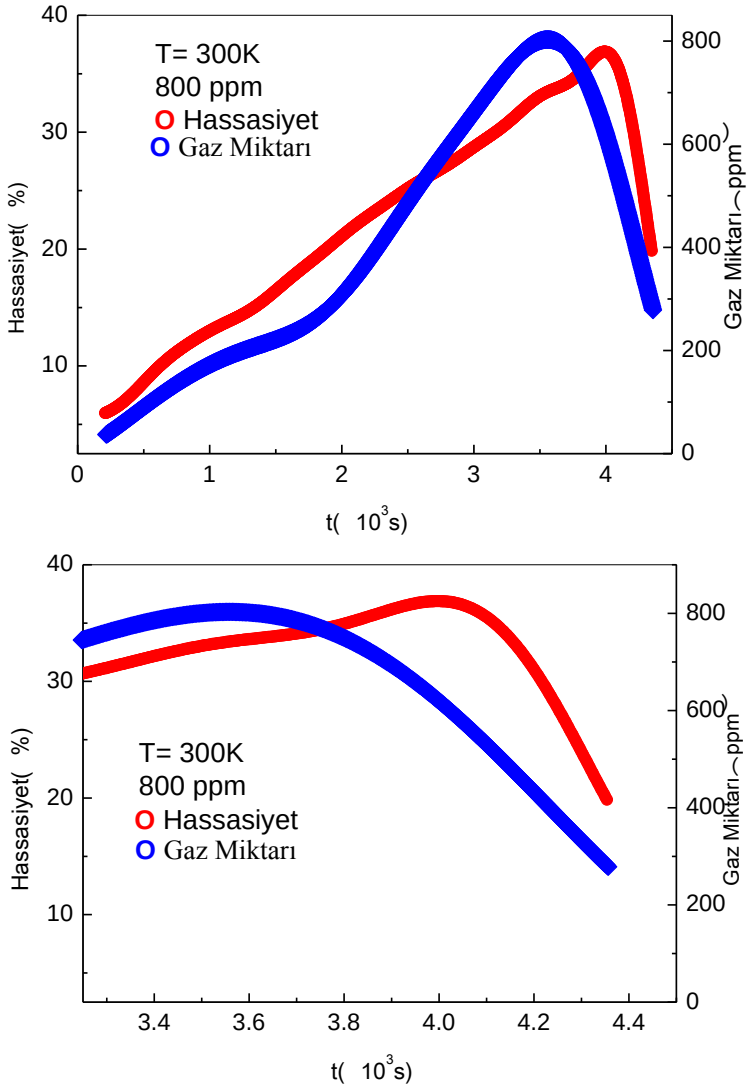
Şekil 6.5. Sensörün 310 ppm değerindeki hasasiyet (üstte) ve tepki süresi eğrisi (altta)

Son olarak şekil 6.6'da SnO_2 sensörünün 800 ppm gaz ortamındaki hassasiyet ve tepki süresi eğrileri görülmektedir. Bir önceki ölçümdeki hassasiyet eğrisi göz önüne alınarak iki ölçüm arasında bir süre beklenmiş olup. Test ünitesindeki gaz miktarı arttırılarak sensörün iletkenliğindeki değişim incelenmiştir. Bu ölçüm için 800 ppm gaz miktarına ulaştığında yaklaşık 5 dakika beklenmiş ve sensörün davranışı incelenmiş olup gaz miktarı yaklaşık 5 dakika sabit tutulmasına rağmen sensörün hassasiyeti artmaya devam etmiştir. Bunun nedeni yüksek ppm değerlerinde yüzeyde yoğun olarak bulunan ve adsorbe edilen oksijen iyonlarının tuzaklanmış olan elektronları almaya (algılama mekanizmasının sürdüğünün) devam etmesidir.



Şekil 6.6. Sensörün 800 ppm değerinde 5 dakika beklenmesi sonucu elde edilen hassasiyet eğrisi

Şekil 6.7'de yapılan ölçümün tekrarlanabilirliği açısından aynı koşullarda ikinci bir ölçüm yapılmış fakat 800 ppm değerine ulaşıldığında hiç beklenmemiş ölçüm yapılan kaptan gaz ani olarak boşaltılmış ve sensörün bu duruma karşı verdiği tepki incelenmiştir.



Şekil 6.7. Sensörün 800 ppm değerindeki hassasiyet (üstte), tepki süresi eğrisi (altta)

Sonuç olarak sensörlerin test ünitesindeki gazın ani olarak boşaltılmasına verdikleri tepki süreleri arasındaki farkın 360s olduğu belirlenmiştir.

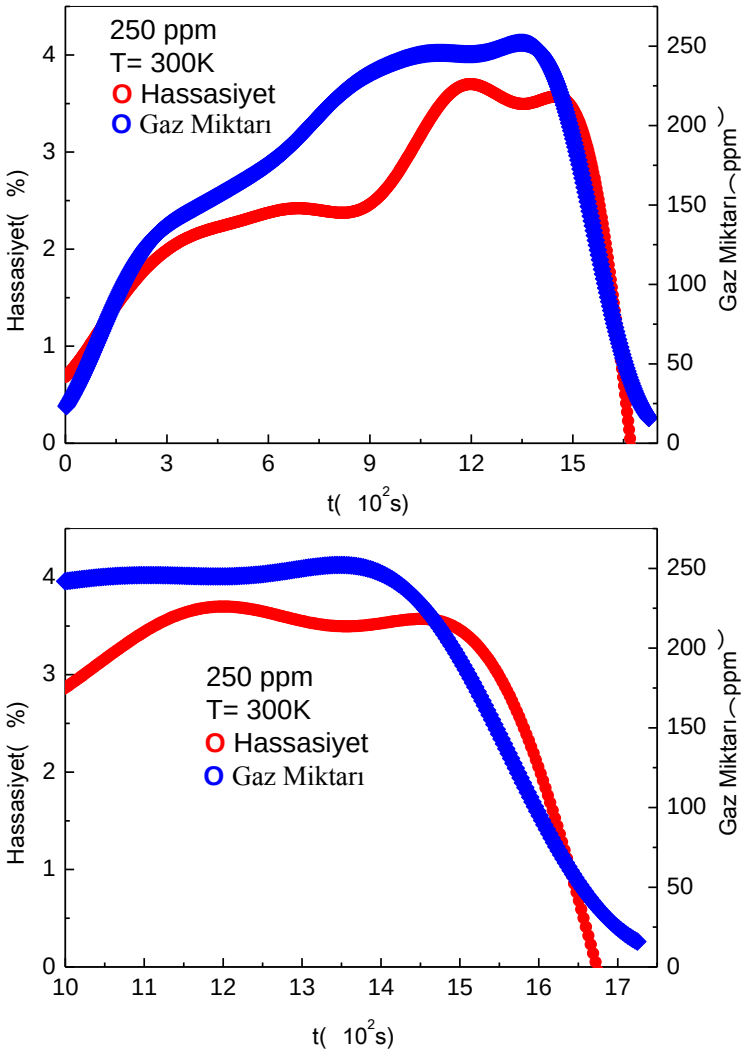
Yapılan ölçümler sonucunda sensörün bekletildiği gaz miktarı arttıkça tepki süresinin de arttığı görülmektedir. Ortamdaki karbonmonoksit gazının miktarının artması sensör tarafından adsorbe edilen oksijen miktarının artmasına sebep olmakta dolayısıyla adsorbe edilen oksijenin sensör üzerinden salınma süresi de uzamaktadır.

Yapılan ölçümler sonucunda 0.1 M saf SnO_2 çözeltisi kullanılarak üretilen gaz sensörlerinin ortamdaki karbonmonoksit gazının tespiti için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

6.1.2. 0.3 molar saf SnO_2 sensörünün hassasiyet ve tepki süreleri ölçümleri

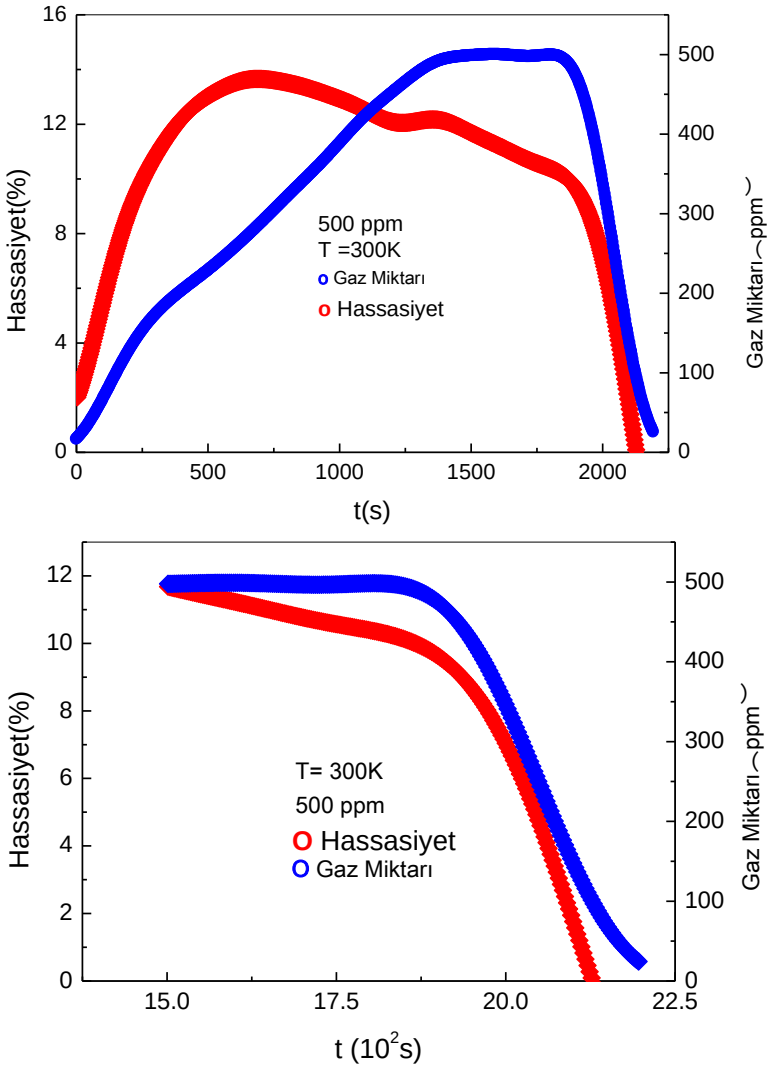
Bir önceki bölümdeki ölçümlerde karbonmonoksit gaz sensörü 0.1 M saf SnO_2 çözeltisi kullanılarak hazırlanmış olup bu bölümdeki SnO_2 sensörü ise 0.3 M saf SnO_2 çözeltisi kullanılarak hazırlanmıştır. Bu iki malzeme için benzer ölçümler yapılarak molaritenin tepki süresi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Şekil 6.8'de üretilen gaz sensörünün hassasiyetinin artan gaz miktarına bağlı olarak zamanla değişimi gösterilmektedir.

Şekil 6.8 gaz sensörünün tepki süresine ilişkin yapılan ölçümü göstermektedir. Bu ölçüm de test ünitesindeki gaz miktarı arttırılarak 250 ppm seviyesinde sabit tutuluyor. Gaz miktarının artmasıyla birlikte sensör hassasiyeti artmakta olup fakat 150 – 200 ppm seviyelerinde sensör hassasiyeti sabit kalmaktadır. Şekil 6.8'deki grafikte de görüldüğü gibi hassasiyet 150 - 200 ppm aralığında sabit kalmış fakat sonra tekrar artmış içerdeki gazın ani bir şekilde boşaltılmasına bir süre sonra tepki vererek hassasiyeti azalmaya başlamıştır. Referans süresinin gaz miktarındaki azalmaya verdiği tepki ile üretilen SnO_2 gaz sensörün verdiği tepki arasında yaklaşık olarak 120 saniye fark bulunmaktadır.



Şekil 6.8. 0.3 M Çözelti ile hazırlanan SnO_2 sensörünün 250 ppm gaz miktarındaki hassasiyet (üstte), tepki süresi ölçümü (altta)

Deneyin bu aşamasında sensörün yüksek miktardaki karbonmonoksit gazına karşı tepki süresi ölçümü yapılmıştır. Şekil 6.9'da test ünitesinde 500 ppm karbonmonoksit gazı kontrollü bir şekilde biriktirilmiş ve bu seviyede 10 dakika boyunca sabit tutulmuş olup sensörün davranışı incelenmiştir. İçerdeki gaz miktarı artmasına rağmen sensör hassasiyeti sabit kalmaktadır. Yüksek ppm değerlerinde yüzeyde adsorplanan oksijen miktarı çok fazla olduğundan dolayı sensörün algılama mekanizmasında değişiklikler söz konusu olabilir. Bu değişiklikler içerdeki gaz miktarı artmasına rağmen sensör hassasiyetinin sabit kalmasına neden olabilir. Test ünitesindeki gaz miktarı ani olarak azaltılarak üretilen sensörün davranışı incelenmiş olup tepki süreleri arasındaki fark 75 s olarak belirlenmiş.

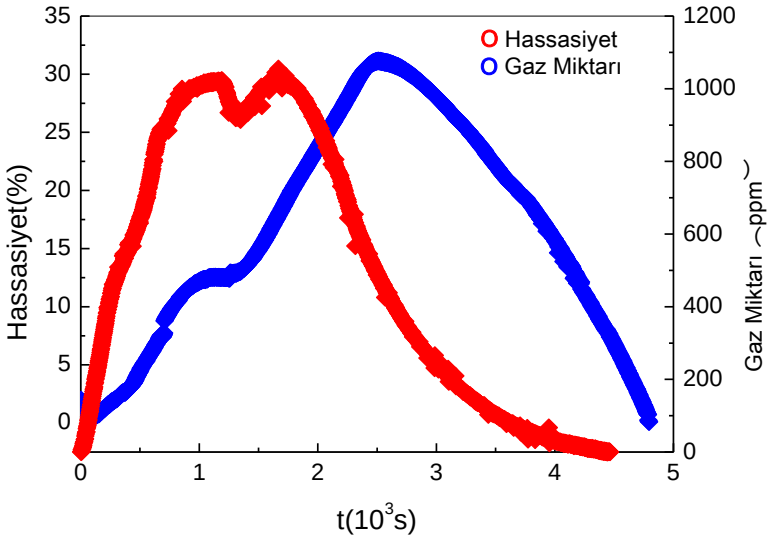


Şekil 6.9. 0.3 M Çözelti ile hazırlanan SnO_2 sensörünün 500 ppm gaz miktarındaki hassasiyetinin zamanla değişimi (üstte) ve tepki süresi ölçümü (altta)

Yapılan değerlendirmeler sonucunda sol – jel döndürmeli kaplama yöntemiyle üretilen SnO_2 gaz sensörleri üzerinde molaritenin hassasiyeti arttırıcı bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir.

6.1.3. %5 Zn katkılı 0.1 molar SnO_2 malzemesinin hassasiyet ve tepki süreleri ölçümleri

Saf SnO_2 malzemesi %5 oranında Zn ile katkılanmış ve katkılamanın hassasiyet ve tepki süresi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Şekil 6.10'da sensörün gaz miktarına bağlı hassasiyet eğrisi görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi sensörün hassasiyeti gaz miktarını çok geriden takip etmekte olup katkı yüzdesinin arttırılmasına karar verilmiştir.

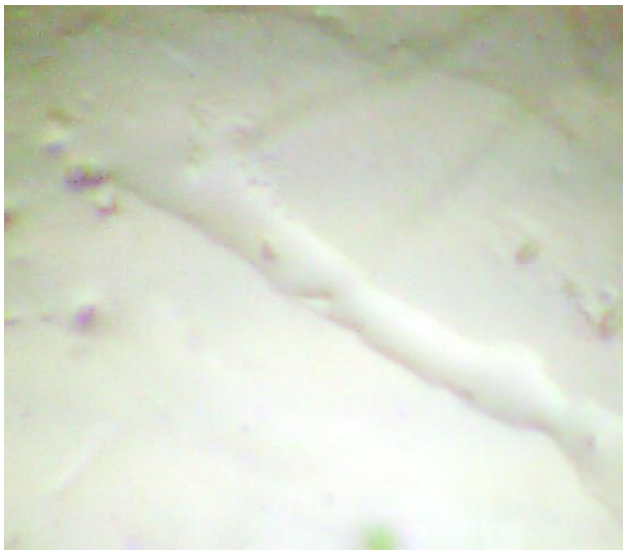


Şekil6.10.%5 Zn katkılı SnO_2 karbonmonoksit gaz sensörünün hassasiyet eğrisi

6.1.4. %10 Zn katkılı 0.1 molar SnO_2 malzemesinin hassasiyet ve tepki süreleri ölçümleri

Bu çalışma kapsamında son olarak 0.1M saf SnO_2 çözeltisine %10 oranında Zn karıştırılarak üretilen malzemelerin hassasiyet, ve tepki süresi incelenmiştir. Yapılan daha önceki çalışmalarda saf SnO_2 malzemesine farklı elementler katkılanarak sensörün hassasiyet, ve tepki süresi geliştirilmeye çalışılmıştır. Saf SnO_2 malzemesine paladyum (Pd), pilatin (Pt), altın (Au) ve çinko (Zn) katkılanarak üretilen gaz sensörlerinin hassasiyet, ve tepki süresi incelenmiş ve sonuçların saf SnO_2 malzemesi kullanılarak üretilen karbonmonoksit sensörüne göre daha iyi olduğu belirlenmiştir(Mishra, Agarwal, 1998). V. N. Mishra ve R. P. Agarwal'ın yaptığı çalışmada SnO_2 saf, paladyum, altın ve platin ile katkılanmış LPG, CO, H_2 ve CH_4 gaz ortamlarındaki hassasiyet, ve tepki süresi incelenmiş her bir gaz ortamı için farklı sonuçlar bulunmuştur. Örneğin paladyum katkılı gaz sensörünün H_2 ortamındaki hassasiyetinin diğer sensörlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiş buna rağmen CO gaz ortamında platin katkılı gaz sensörünün hassasiyetinin diğer sensörlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Mishra, Agarwal, 1998). Yapılan çalışmalar gösteriyor ki katkılanan malzeme kadar ortamda tespit edilmek istenen gazında cinsi önemlidir.

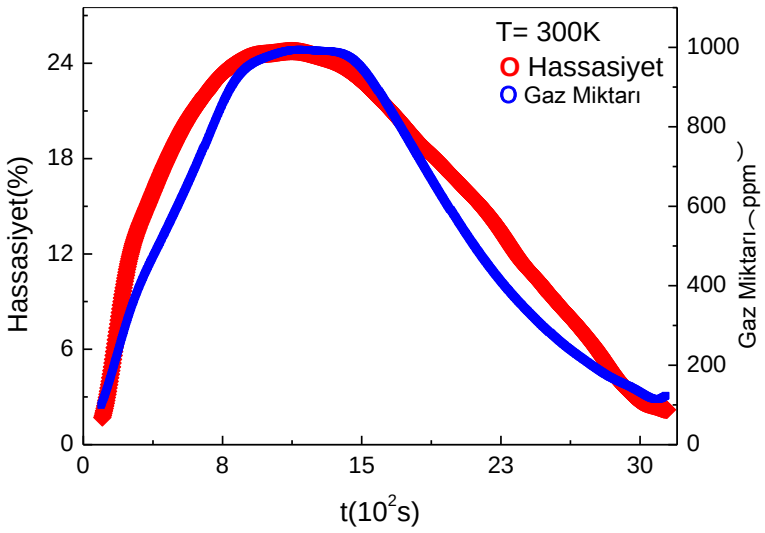
Üretilen sensörün 100 büyütmeli optik mikroskopta çekilmiş görüntüsü Şekil 6.11'de gösterilmiştir. Yüzeyde gözenekli yapı ve çatlaklar olduğu belirlenmiş olup algılama mekanizmasının en önemli parçası olan yüzeyin görüntüsü elde edilmiştir.



Şekil 6.11. %10 Zn katkılı SnO_2 karbonmonoksit gaz sensörünün 100 büyütmeli optik mikroskopta çekilmiş yüzey resmi

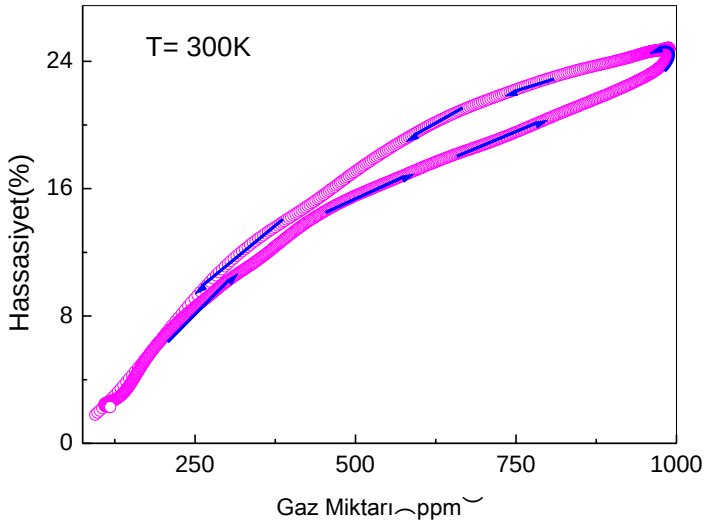
%10 Zn katkılı SnO_2 gaz sensörlerinin hassasiyet, ve tepki süresi için ölçümler yapılmış sonuçlar Şekil 6.12, 6.13, 6.14, 6.15, 6.16 ve 6.17'de gösterilmiştir.

Şekil 6.12'de artan gaz miktarına bağlı olarak SnO_2 gaz sensörünün zaman içerisindeki hassasiyet değişimi görülmektedir. Test ünitesinde karbonmonoksit gazı birikmeye başladığı andan itibaren sensörün hassasiyeti artmakta 1000 ppm seviyelerinde bir süre sabit tutulduğunda hassasiyette sabit olmakta ve içerideki gaz kontrollü bir şekilde boşaltılmaya başladığı andan itibaren hassasiyeti de azalmaktadır. Bu azalma gaz miktarının değişimine çok uygun bir şekilde olmaktadır.



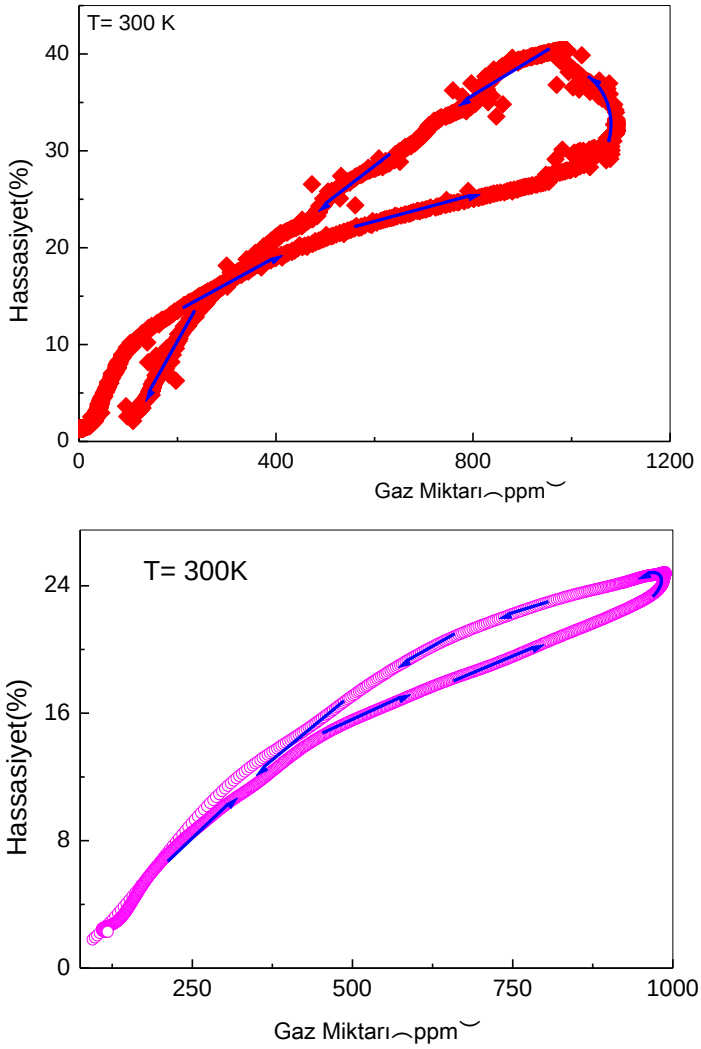
Şekil 6.12. 0.1 M çözelti ile hazırlanan SnO_2' ye % 10 Zn katkılanarak elde edilen gaz sensörünün hassasiyetinin zamanla değişimi

Şekil 6.13'de sensörün gaz miktarına bağlı değişimi (kararlılık eğrisi) görülmektedir. Gaz miktarı arttıkça hassasiyet artmaktadır. Gaz miktarı azalmaya başladıktan sonra hassasiyet azalmaktadır. Grafikte gaz miktarı azalırken hassasiyetteki azalma artış ile aynı eğriyi birebir takip etmemekte fakat 0 – 400 ppm değerlerinde aynı eğriyi takip etmektedir. Bu durum sensörün yüksek ppm değerlerinde az da olsa bir histerisis etkisinin olduğunu göstermektedir. Saf SnO_2 kullanılarak üretilen gaz sensörünün kararlılık eğrisinden daha iyi bir eğri olduğunu görülmektedir. Grafik içerisinde kullanılan oklar grafikteki değişimi daha iyi bir şekilde takip edebilmek için kullanılmıştır.



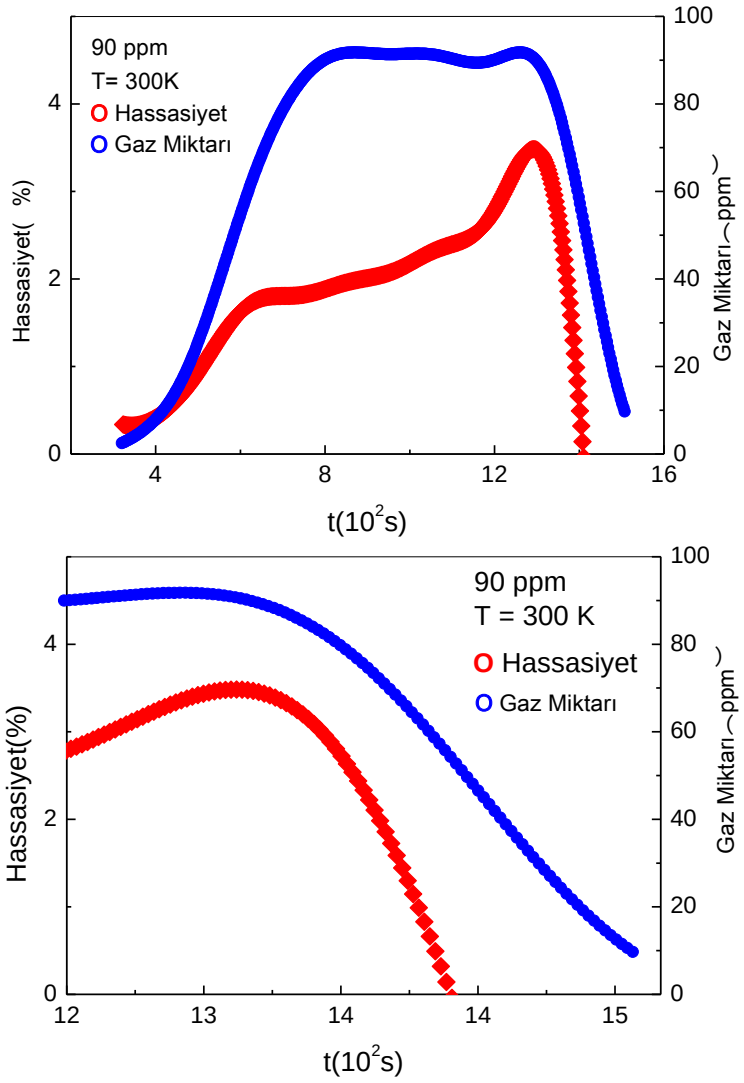
Şekil 6.13. 0.1 M çözelti ile hazırlanan SnO_2' ye % 10 Zn katkılanarak elde edilen sensörünün hassasiyetinin gaz miktarı ile değişimi

Şekil 6.14 katkılamanın sensör hassasiyeti ve kararlılığı üzerindeki etkisini göstermektedir. Katkılı SnO_2 gaz sensörü daha iyi bir kararlılık davranışı göstermektedir.



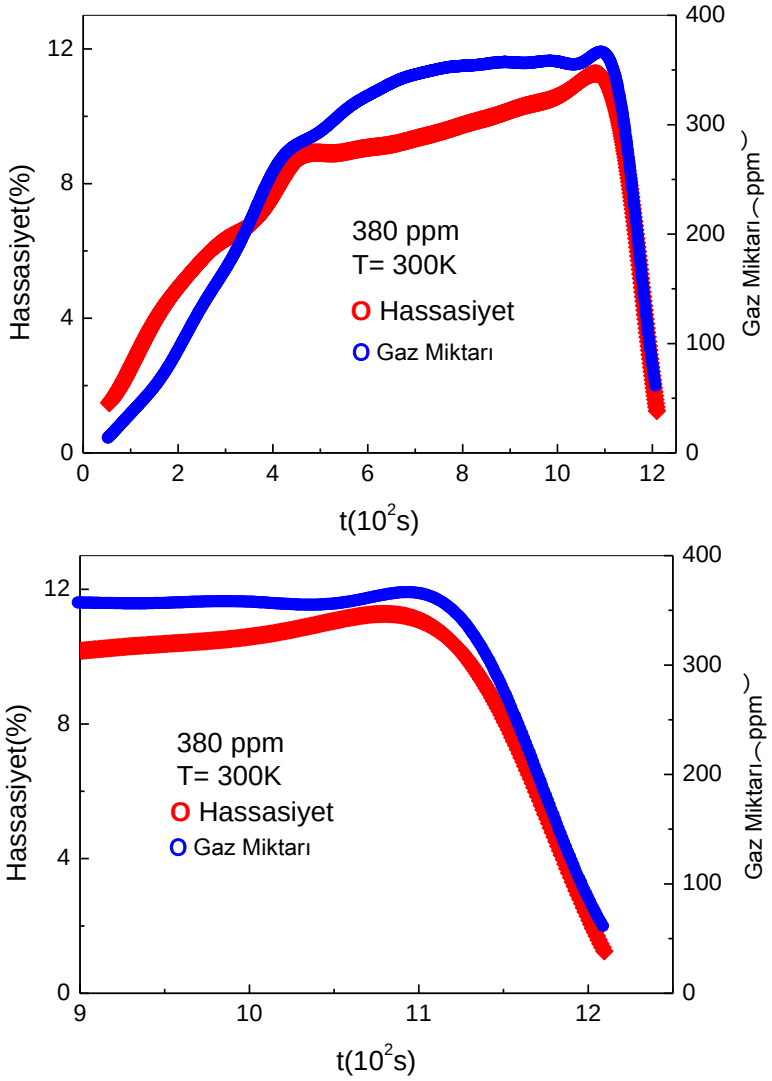
Şekil 6.14. Saf SnO_2 kullanılarak üretilen gaz sensörünün gaz miktarına bağlı hassasiyet değişimi (üstte), %10 oranında Zn katkılanarak üretilen gaz sensörünün gaz miktarına bağlı olarak hassasiyetinin değişimi (altta)

Şekil 6.15'de üretilen sensörünün düşük ppm değerlerindeki hassasiyet ve tepki süreleri eğrilerini göstermektedir. Sensör, ortamda gaz birikmeye başladığı andan itibaren gazı algılamaktadır. Artan gaz miktarına bağlı olarak sensör hassasiyeti artmaktadır. Gaz miktarı 90 ppm seviyesinde sabit tutularak sensörün algılama mekanizmasının davranışı incelenmiştir. Gaz miktarı sabit kalmasına rağmen sensör hassasiyeti artmaktadır. Bu durum algılama mekanizmasının sürdüğünü göstermektedir. Ölçüm yapılan kaptaki gaz miktarı azaltıldığı andan itibaren sensör hassasiyeti gaz miktarına bağlı olarak azaldığı görülmektedir. Fakat hassasiyetteki bu azalma gaz çıkışından bir süre sonra başlamaktadır. Bu durum üretilen gaz sensörünün tepki süresinin referas sensörünün tepki süresinden büyük olduğunu göstermektedir. Bu iki değer arasındaki zaman farkı 20 saniye olarak belirlenmiştir.



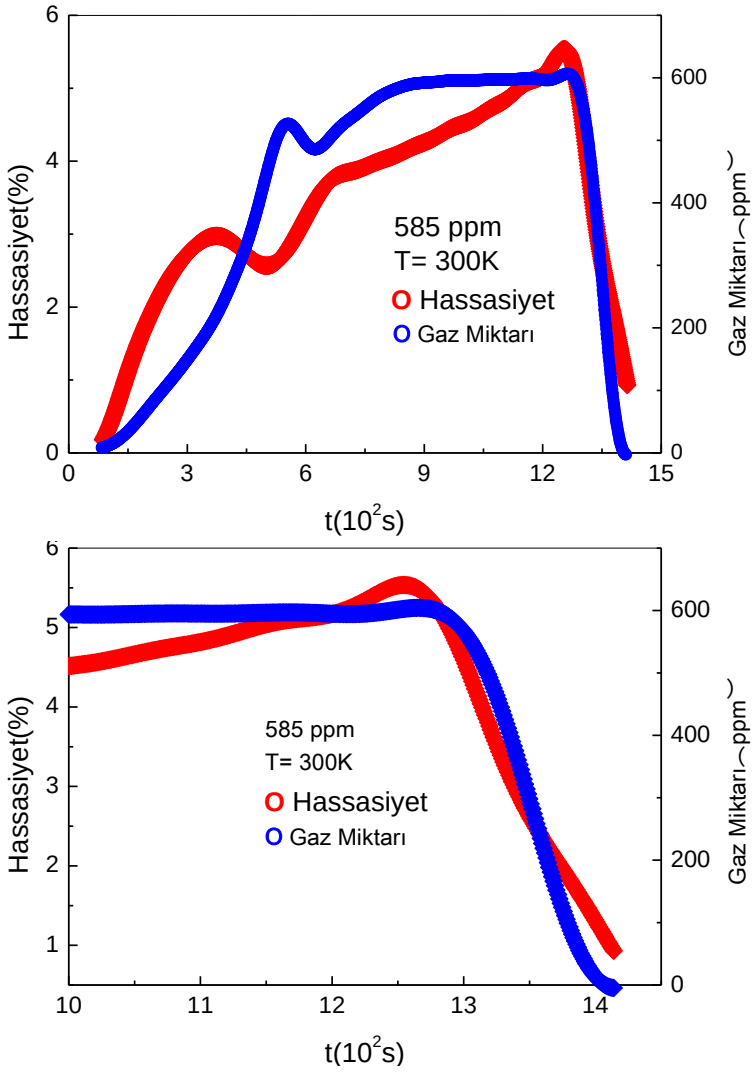
Şekil 6.15. 0.1 M çözelti ile hazırlanan SnO_2' ye % 10 Zn katkılanarak elde edilen sensörünün 90 ppm deki hassasiyet (üstte), tepki süresi (altta) eğrileri

Şekil 6.16'da üretilen sensörünün 380 ppm değerindeki hassasiyet ve tepki süresi ölçümü yapılmış olup.test ünitesindeki gaz miktarı 380 ppm değerine kadar arttırılmış ve 380 ppm değerinde sabit tutularak sensörün bu ortamdaki davranışı incelenmiştir. Test ünitesindeki gaz miktarı artmaya başladıkça sensörün algılama mekanizmasının devreye girerek hassasiyetinin arttığı gözlemlenmiş ve test ünitesindeki gaz miktarı sabit tutulmaya başlanmasıyla birlikte sensör hassasiyetinin bir dengeye ulaşma davranışı sergilediği gözlemlenmiştir. Test ünitesindeki gaz miktarı ani olarak boşaltılarak sensörün davranışı incelenmiş ve üretilen sesnör ile referans sensörünün tepki süresi arasındaki farkın 10 s olduğu belirlenmiştir.



Şekil 6.16. 0.1 M çözelti ile hazırlanan SnO_2' ye % 10 Zn katkılanarak elde edilen gaz sensörünün 380 ppm deki hassasiyet (üstte) ve tepki süresi (altta) ölçümü

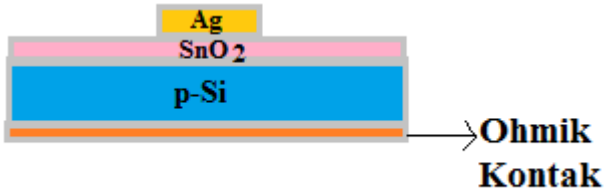
Şekil 6.17'de son olarak sensörün 585 ppm değerindeki hassasiyet ve tepki süresi ölçümü yapılmıştır. Artan gaz miktarına bağlı olarak sensörün hassasiyeti artmakta olup Sensör test ünitesine gönderilen gaz miktarında (350 ppm) meydana gelen değişimi algılamaktadır. Test ünitesindeki gaz miktarı ani olarak boşaltılarak sensörün davranışı incelenmiş ve tepki süresinin referans sensörünün tepki süresiyle aynı olduğu belirlenmiştir.



Şekil 6.17. 0.1 M çözelti ile hazırlanan SnO_2' ye % 10 Zn katkılanarak elde edilen gaz sensörünün 585 ppm deki hassasiyet (üstte) ve tepki süresi ölçümü (altta)

6.2. Ag/SnO_2/p-Si Aygıtının Elektriksel Özelliklerinin Ortamdaki CO Gaz Miktarının Değişimi ile İncelenmesi

Ag/SnO_2/p–Si yapısının CO gaz ortamındaki diyot parametrelerindeki değişim incelenmiştir. Diyot parametrelerindeki değişim incelenerek bu tür yapıların ortamdaki CO gazını belirlemek için uygun bir aygıt olup olmadığı araştırılmıştır. Üretilen yapı Şekil 6.18'de gösterilmiştir.



Şekil 6.18. Ag/SnO_2/p-Si aygıtının şematik gösterimi

Şekil 6.18'de p-Si üzerine sol – gel döndürmeli kaplama metoduyla SnO_2 malzemesi büyütülmüş ve SnO_2 üzerine Ag (gümüş) ile kontak alınmıştır.

Bu aygıtın farklı miktarlarda CO gazına karşı elektriksel parametrelerindeki davranışı incelendi. Aygıtın akım – gerilim ilişkisi Denklem 6.1'de belirtilmiştir.

$$I = A^* A T^2 \exp\left(\frac{-q\phi_b}{kT}\right) exp\left[-(q\phi_T)^{\frac{1}{2}}\delta\right]\left[exp\left(\frac{qV}{kT}\right) - 1\right] \quad (6.1)$$

$$I_0 = A^* A T^2 \, exp\left(\frac{-q\phi_b}{kT}\right) exp\left[-(q\phi_T)^{\frac{1}{2}}\delta\right]$$

I_0= ters doyma akımı

A: eklemin yüzey alanı

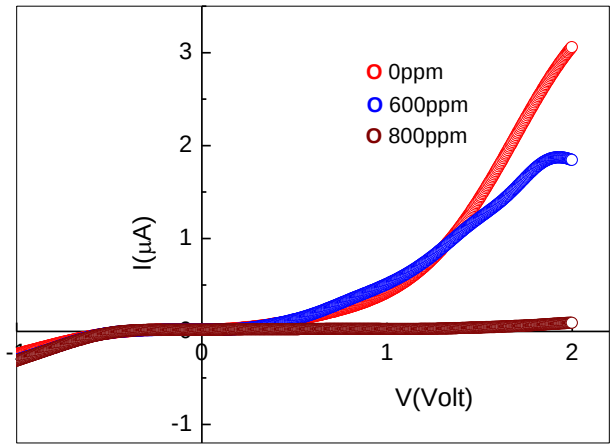
A^*: yarıiletkenin Richardson sabiti

ϕ_b : metal ile yalıtkan arasındaki potansiyel bariyer

ϕ_T: oksit tabaka tarafından oluşturulan ortalama bariyer yüksekliği

δ: oksit tabaka kalınlığı

Şekil 6.19 farklı miktardaki karbonmonoksit gazına maruz bırakılan Ag/SnO_2/p–Si yapısının I – V karakteristiğini göstermektedir.



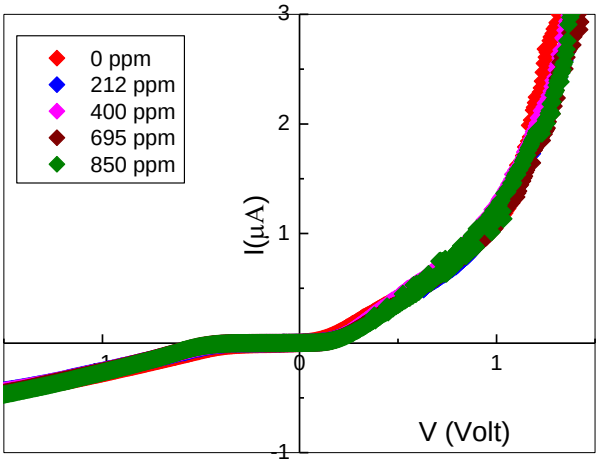
Şekil 6.19. T= 300K' de Ag/SnO_2/p/si eklemin farklı miktarlardaki karbonmonoksit gazına maruz kalması sonucu elde edilen akım – gerilim grafiği

Şekil 6.19' da görüldüğü gibi ortamda karbonmonoksit gazının bulunması eklemin akım gerilim eğrisinde değişime neden olmaktadır. Akım gerilim eğrileri kullanılarak aygıtın farklı miktardaki gaz ortamlarındaki diyot idealite faktörü (n), ters doyma akımı (I_0) bulunabilir, ara yüzey durum yoğunluğu (N_{SS}) değerleri hesaplanabilir. Akım gerilim eğrisi kullanılarak I_0 (ters doyma akımı) değerleri belirlenmiştir.

Çizelge 6.1. Farklı gaz ortamlarında ölçülen I – V eğrilerinden elde edilen I_o değerleri

Gaz Miktarı (ppm)	I_0 (nA)
0	28,5
600	35,3
800	2.45

24 saat sonra aynı aygıt için I – V ölçümleri tekrarlanmış ve 800 ppm değerinde yapılan ölçüm sonucunda diyotun bozulduğu tespit edilmiştir.

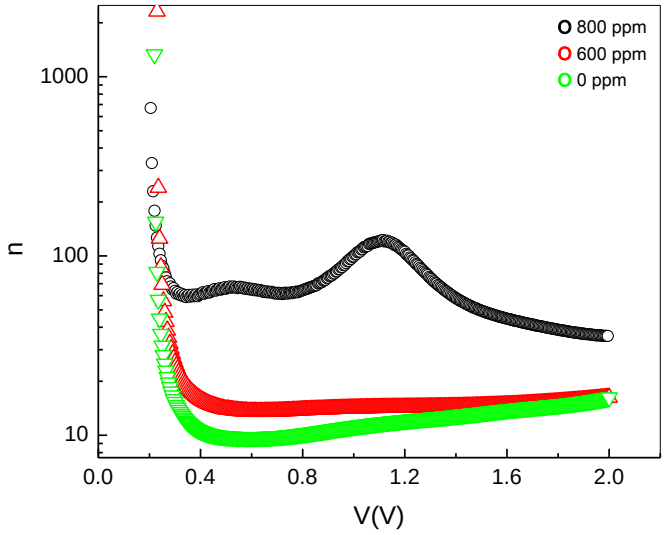


Şekil 6.20. T= 300K' de Ag/SnO_2/p/si eklemin 24 saat sonra ölçülen akım – gerilim grafiği

Şekil 6.20' de görüldüğü gibi test ünitesindeki gaz miktarı artmasına rağmen aygıtın I – V eğrilerinde bir değişme söz konusu değildir. Bu durum 1 gün önce yapılan ölçümlerin (şekil 6.19) aygıtın I – V mekanizması üzerinde kalıcı etkisi olduğunu göstermektedir.

Bir diyotun diyot idealite faktörü denklem 6.2 kullanılarak hesaplanabilir.

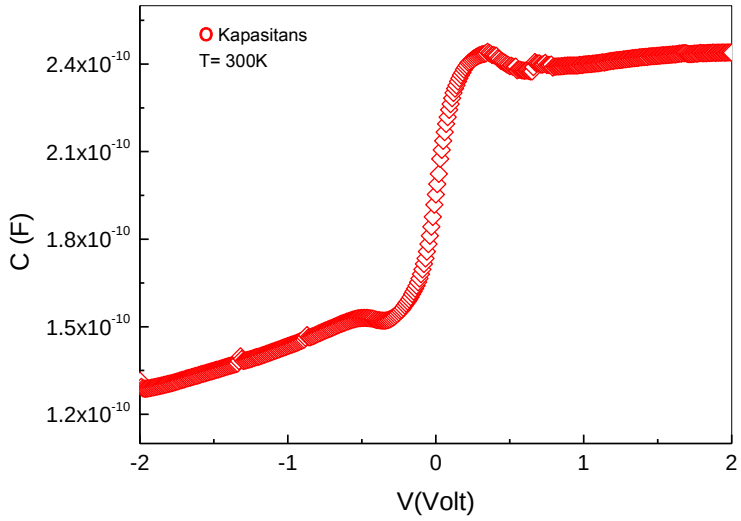
$$n = \frac{q}{kT}\left[\frac{dV}{d(\ln I)}\right] \tag{6.2}$$



Şekil 6.21. İdealite faktörünün gerilime bağlı değişimi

Ortamda karbonmonoksit gazının artması sonucu diyot idealite faktörünün arttığı şekil 6.21'den görülmektedir.

Ag/SnO_2/p–si ekleminin 1 MHz de kapasitans gerilim (C–V) ölçümü yapılarak boşaltılmış bölgenin genişliği (W_D) ve katkı atom yoğunluğu (N_D) ve oksit tabakanın kalınlığı hesaplanmıştır. Şekil 6.22 eklemin 1 MHz deki kapasitans gerilim değişimini göstermektedir.



Şekil 6.22. Eklemin 1 MHz deki kapasitans gerilim eğrisi

$$C_{0x} = \frac{\varepsilon_i A}{\delta} \qquad (6.2)$$

Denklem 6.2 ve C – V eğrisinden bulunan C_{0x} değeri kullanılarak δ bulunur. Denklem 6.2'de; A eklemin yüzey alanını, ε_i yalıtkan tabakanın dielektrik geçirgenliğini göstermektedir.

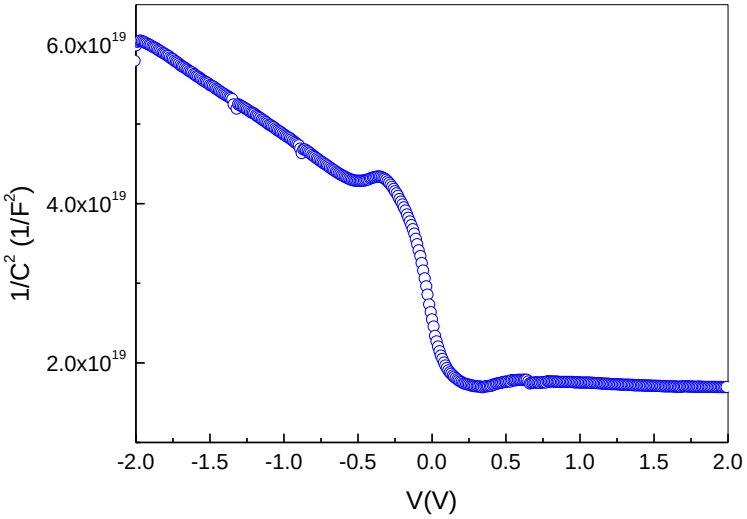
$A = 10^{-3}$ cm^2 ve $\varepsilon_i = 7\,\varepsilon_0$ (SnO_2 için), $\varepsilon_0 = 8.85x10^{-14}$ F/cm değerleri kullanılarak $\delta = 25{,}4\ nm$ olarak hesaplanmıştır.

C – V verileri kullanılarak $1/C^2$ – V grafiği çizdirilerek boşaltılmış bölgenin genişliği (W_D) ve katkı yoğunluğu (N_A) belirlenir.

Denklem 6.3'de kapasitans ifadesinin boşaltılmış bölge (W_D) ve katkı yoğunluğu (N_A) ile bağlantısı görülmektedir.

$$\frac{1}{C^2} = \frac{2V_0}{\varepsilon_s q A^2 N_A} + \frac{2V}{\varepsilon_s q A^2 N_A} \tag{6.3}$$

ε_s yarıiletkenin dielektrik geçirgenliği, q elektronun yükü, V_0 (V=0) durumundaki eklemde oluşan gerilim, N_A yarıiletkenin katkı yoğunluğu ve A kontağın yüzey alanıdır. Şekil 6.23'de $1/C^2$ – V grafiği gösterilmiştir.



Şekil 6.23. Eklemin $1/C^2$ – V eğrisi

Denklem 6.3 $y = a + bx$ doğrusal fonksiyonu gibi düşünülerek grafiğin eğiminden N_A ve V eksenini kestiği noktadan V_0 değerleri bulunur.

Sonuç olarak N_A değeri denklem 6.4 yardımıyla hesaplanır. N_A= 9.43x10^{17} 1/cm^3 ve V_0 =2,73 V olarak bulunmuştur. Bulunan N_A değeri denklem 6.4'de yerine yazılarak W_D hesaplanır.

$$W_D = \sqrt{\frac{2\varepsilon_S V_0}{qN_A}} \tag{6.4}$$

W_D= 61,6 nm olarak bulunur.

Bu değerler kullanılarak arayüzey yoğunluğu (N_{ss}), Denklem 6. 6 yardımıyla hesaplanır.

$$N_{SS} = \frac{1}{q}\left[\frac{\varepsilon_i}{\delta}(n(v) - 1) - \frac{\varepsilon_S}{W_D}\right] \tag{6.5}$$

Denklem 6.5 yardımıyla bulunan N_{SS} değerlerinin değişimi Şekil 6.22'te gösterilmektedir.

Burada; E_{ss}, ara yüzey durum enerjisi olarak ifade edilir. E_{ss}-E_v ise kusur durum yoğunluğunun valans bandına göre enerji türünden konumu olarak ifade etmektedir. E_{ss}-E_v değerleri;

$$E_{SS} - E_V = -q[\phi_e - (V - IR_S)] \tag{6.6}$$

Eşitliği ile hesaplanır. Burada;

q : elektron yükü

$\emptyset_e$: gerilim bağımlı efektif engel yüksekliği

V : uygulanan gerilim

I : uygulanan akım

R_s : seri direnç

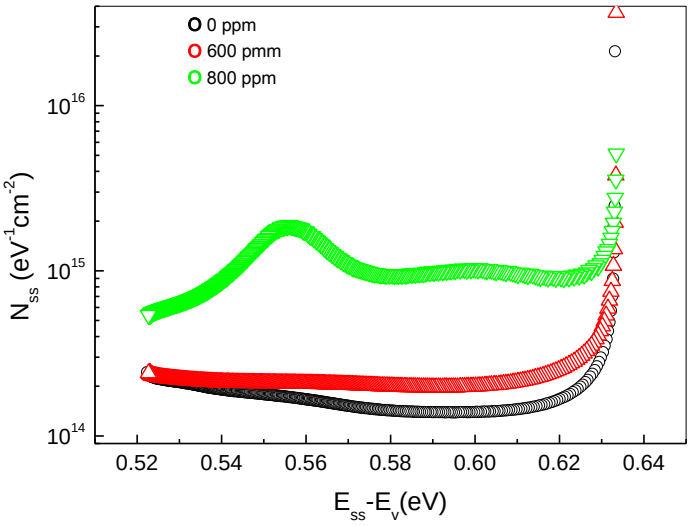
değişkenleridir. $\emptyset_e$ değerini bulmak için de aşağıdaki eşitlik kullanılmalıdır.

$$\phi_e = \phi_{b0} + (1 - \frac{1}{n(V)})\,(V - IR_S) \tag{6.7}$$

Bu eşitlikteki $\emptyset_{bo}$ metalden yarıiletkene geçen taşıyıcıların karşılaştığı engel yüksekliğidir ve Denklem 6.8 ile ifade edilir.

$$\phi_{b0} = (\frac{kT}{q}) \ln(\frac{(AA^* T^2)}{I_0}) \tag{6.8}$$

Denklemde geçen A^* terimi Richardson sabitini temsil eder ve p-Si için değeri 32 A/cm^2K^2 dir.



Şekil 6.24. Ara yüzey yoğunluğunun ara yüzey enerji durumuna bağlı değişimi

Şekil 6.22'de görüldüğü gibi artan CO gaz miktarına bağlı olarak ara yüzey durum yoğunluğu artmaktadır. Ölçüm yapılan kaba gönderilen karbonmonoksit gazı yüzeyde birikir. Artan gaz miktarına bağlı olarak ara yüzey durum yoğunluğu artmaktadır. Eklememin bu parametresindeki değişime bakılarak eklemin ortamdaki karbonmonoksit gazını seçici özelliğinin olduğu söylenebilir.

7. SONUÇ – YORUM

Tez çalışması kapsamında saf ve Zn katkılı SnO_2 malzemeler döndürmeli kaplama sistemi yardımıyla hazırlanmıştır. Hazırlanan malzemelerin CO gazına duyarlılıkları geliştirilen ve optimizasyonu yapılan bir ölçüm sistemi yardımıyla tespit edilmiştir. Geliştirilen ölçüm sistemi esas olarak;

i) CO gazının kontrollü olarak üretilebildiği kapalı hazne,

ii) üretilen malzemelerin CO gazı ortamındaki elektriksel iletkenliğinin ölçüleceği ve CO gazının kontrollü olarak arttırılıp boşaltılabildiği kapalı hacim,

iii) ortamdaki gaz miktarı ve CO duyarlılığının ölçüleceği malzemenin elektriksel direncini eşzamanlı ölçen ve ekranda gösterebilen özel yazılımlı bir bilgisayar,

iv) gazın iletimi ve boşaltılmasına yardımcı olan bilgisayar kontrollü valflerden oluşmaktadır.

Döndürmeli kaplama sistemi ile 0,1 M ve 0,3 M saf SnO_2 ve %10 Zn katkılı 0,1 M SnO_2 karşımlarından üretilen malzemelerin hassasiyet ve tepki sürelerinin belirlenmesi için oda sıcaklığında ölçümler yapılmıştır. Hazırlanan malzemelerin tamamının ortamdaki CO gazını algıladıkları belirlenmiştir. Yapılan literatür çalışmalarında SnO_2 malzemelerin CO gazını algılaması için uygun çalışma sıcaklığı 400K – 450K aralığı olarak belirtilmesine rağmen, yapılan bu çalışmada SnO_2 malzemelerinin 300K ortamdaki karbonmonoksit gazını tespit edebildiği ortaya konulmuştur. Bundan başka, hazırlanan malzemelerin yüksek CO gaz miktarı bulunan ortamlarda uzun süreler tutulmasının, malzemenin algılama mekanizmasına zarar verdiği tespit edilmiştir.

Malzeme üretiminde kullanılan çözeltinin molaritesi değiştirilerek molaritenin hassasiyet ve tepki süresi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Molaritenin sensörün hassasiyet ve tepki süresi üzerinde olumlu bir etkisi gözlemlenememiştir. 0,3 M saf SnO_2 çözeltisi kullanılarak hazırlanan malzemelerin hassasiyetinin, 0,1 M saf SnO_2 kullanılarak hazırlanan malzemelerinkinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Bundan başka, yapılacak katkılamanın hassasiyet ve tepki süresi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yapılan ölçümler sonucu molaritenin hassasiyet ve tepki süresi üzerindeki etkisi göz önüne alınarak katkılama işlemi 0,1 M saf SnO_2 çözeltisine

%10 oranında Zn katılarak yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda, Zn katkılamanın malzemenin hassasiyet ve tepki süresini iyileştirdiği tespit edilmiştir.

Çalışmanın son kısmında ise $Ag/SnO_2/p–Si$ aygıt yapısının elektronik aygıt parametrelerinin CO gazına duyarlılığı araştırılmıştır. Aygıtın akım gerilim karakteristiklerinin ve aygıt parametrelerinin ortamdaki gaz miktarı ile değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Yapılan ölçümler sonucunda hazırlanan malzeme ve eklem yapının CO gaz sensörü olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

Adamyana, A.Z. Adamyana, Z.N., Aroutiouniana ,V.M., Arakelyana, A.H., Touryanb, K.J., Turnerb, J.A. (2007) Sol–gel Derived Thin-Film Semiconductor Hydrogen Gas Sensor. *IJHE*, 32: 4101 –4108

Bittencaurt, C., Llobet E. (2004) Influence of the Doping Method on the Sensitivitiy of Pt- Doped Screen-Printed SnO2 Sensörs. *Sens Actuators B*, 97: 67–73.

Choi, Y. H ., Hong, S. H. (2007) . H2 Sensing Properties in Highly Oriented SnO2 Thin Films. *Sens Actuators B*, 125: 504–509

Clardy, P., Manaker, S. (2006) Carbon mononoxide poisoning. In: UpToDate, Rose BD, editor. UpToDate, Waltham, MA

Clifford ,P.K. (1983) Homogenous semiconducting gas sensors: A comprehensive model, Pmt. 1st Int. Conf. *Chemical Sensors*, Fukuoka, Japan, pp. 135-146.

Comin,i E., Faglia, G., Sberveglieri, G. (2001) UV Light Activation of Tin Oxide Thin Films for NO_2 Sensing at Low Temperatures. *Sens. Actuators B* 78 ;73–77.

Ferri, F.F., Marx , J.A., Heikki, E.N., Runyon, M.S. (2006) Carbon mononoxide poisoning. In: First Consult, Ferri FF. Editor. First Consult, Elsevier

Göpel W., Hesse J., Zemel J.N. (1989) *Sensors A Comprehensive Survey*, New York, 641s

Horowitz, G., Mater, Adv. (1998) (Weinheim, Ger.) 10, 365

Hafaiedh, I., Helali, S., Cherif, K., Abdelghani, A., Tournier, G. (2008) Characterization of Tin Dioxide Film for Chemical Vapors Sensor. *Mater Sci and Eng C* 28; 584–587

Jaswinder Kaur, Rajesh Kumar, Bhatnagar, M.C. (2007) Effect of _ndium-Doped SnO2 Nanoparticles on NO2 Gas Sensing Properties. *Sens Actuators B,* 126; 478–484

Kanefusa , S. , Nitta , M. ve Haradome , M. (1979) Some unique aspects on ThOz-doped SnO, exposed to Hz gas, *J Appl P/y,* 50(2) 1145.

Karaca H., *Katkılı Katkısız Kalay Oksit (SnO_2) Nanoparçacık Devre Elemanlarının Gaz Algılama Özelliklerinin İncelenmesi* Yüksek Lisans Tezi Marmara Üniversitesi İstanbul 109s

Lee, D.D. , Sohn, B.K., ve Ma, D.S. (1987) Low power thick-film gas sensors, *Sens Actuators,* I2 , 441-447.

Leikin, J.B., Paloucek,P. (1998) Poisoning & Toxicology Compendium with Symptoms Index. Hudson (Cleveland), Ohi :Lexi-Comp Inc; p.932

Lyubomirsky, I., Rabinal, M. K., ve Cahen, D. (1997*) J Appl Phys*, 81, 6684

Lyubomirsky, I., Lyahovitskaya, V., Triboulet, R. ve Cahen, D., Cryst, J. (1996) Growth 159, 1148

Mansur F., (2007) *Püskürtme Yöntemi ile Hazırlanan SnO_2 İnce Filmlerinin Özellikleri* Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Adana 93s

McAleer, J.F., Moseley, P.T., Norris, J.O.W. ve Williams, D.E. (1987) Tin dioxide gas sensor Part-l, *J Chem Sot Faraday Trans* 1,83: 1323-1346.

Moona, C. S. , Kima, Hae-R., Auchterlonie, G., Drennan, J., Lee, J-H. (2008) Highly Sensitive and Fast Responding CO Sensor Using SnO2 Nanosheets *Sens Actuators. B,* 131; 556–564

Morrison, S.R. (1982) Semiconductor gas sensors, *Sens Actuators*, 2: 329-341.

Morrison, S.R. (1987) Mechanism of semiconducting gas sensor operation, *Sens and Actuators,* 11: 28-288.

Morrison, S.R. (1975) *Theory of adsorption*, in C.G. Scott and C.E.

Moseley , P.T. (1992) Materials selection for semiconductor gas sensors, *Sens Actuators,* 86: 149-156.

Ozkendır M.O., (2006*), MnS, ZnO ve SnO_2 İnce Filmlerinin Elektronik Yapısının X – Işını Soğurma Spektroskopisi ile İncelenmesi* Doktora Tezi Çukurova Üniversitesi Adana 133s

Philips, S.D., Dart, R.C. (2000) *Carbon monoxide. In: Dart RC*, editor. 5-Minute Toxicology Consult, 1st ed. Lippincott Williams & Wilkins; p.304-7

Phin, N. (2005) Carbon monoxide poisoning (acute). *Clin Evid*.; 13:1732-43.

Reed (eds.), Surface Physics of Phosphors and Semiconductors, Academic Press, New York.

Sahma, T. , Rong, W. , Barsan, N., Madler, L., Weimar, U. (2007) Sensing of CH4, CO and Ethanol with in Situ Nanoparticle Aerosol-Fabricated Multilayer Sensors. *Sens Actuators B,* 127; 63–68

Schosser, V.,Wind, G. (1998) In: Proceedings of the Eighth EC Photovoltosic Solar Energy. conference, Florence, I

Shek, C. H., Lai, J. K. (1999) Grain Growth in Nanocrystalline SnO2 Prepared by sol-gel Route. Nanostruct Mater 11: 887–893.

Srivastava K.R., Lal P., Srivastava K.S (1994) Sensing Mechanism in tin oxide based thick film gas sensors *Sens Actuators B,* B21: 213 – 218

Stetter , J.R., Findlay , M.W., Maclay , G.J., Zhang, Vaihinger, J., S. ve GGpcl , W. (1990) Sensor array and catalytic filament for chemical analysis of vapours and mixtures, *Sens Actuators,* BI 43-47.

Sze, S. (2001) *Physics of semiconductor devices*, 2. Baskı, John Willey & Sons, Hoboken, 868s.

Tarey, R. D., Raju, T. A. (1985) A Method for the Deposition of Transparent Conducting Thin Films of Tin Oxide. *Thin Solid Films* ;128:181–189.

Xi, L , Qian, D. , Tang, X. , Chena, C. (2007) High Surface area SnO2 Nanoparticles:Synthesis and Gas Sensing Properties. *Mater Chem and Phy* 108: 232–236

Watson, J. (1984) The tin oxide gas sensors and its application, *Sens Actuators*, 5: 29-42.

Anonim http://tr.scribd.com/doc/54805312/Kimyasal-Sensorler-ve-Kullanım-Alanlar

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Ad Soyad : Murat KABAKCI

Uyruk : T.C.

Doğum Yeri ve Tarihi: Milas 16/06/1986

Medeni Hali : Bekar

Telefon : 0 539 575 64 29

E-posta : mrtkbkc@gmail.com

EĞİTİM

Alınan Derece	Aldığı Kurum/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Muğla Üniversitesi	2009
Yüksek Lisans	Muğla Üniversitesi	Devam Ediyor

YABANCI DİL(LER)

Dil (İngilizce, vs)	Başlangıç	Orta	İleri
Yazma		X	
Konuşma		X	
Anlama		X	
Okuma			X

BİLİMSEL FAALİYETLER

1 A. E. Mamuk, M. Kabakçı, D. Akın, Ç. Koçak, Ö. Birgi, N, Kavasoğlu, "SnO2/p-Si Yapıların Elektronik Aygıt Parametrelerinin Belirlenmesi", Yoğun Madde Fiziği - İzmirToplantısı, İzmir Yüksek Teknolojisi Enstitüsü, 6 Nisan 2012

2. A. E. Mamuk, M. Kabakçı, N. Kavasoğlu "p-Si/SnO2 Heteroeklem Yapıların Ara Yüzey Durumlarının İncelenmesi", ADIM Fizik Günleri-II, Pamukkale Üniversitesi, 25-26-27 Nisan 2012, Denizli/TÜRKİYE

3. N. Kavasoğlu, A. E. Mamuk, M. Kabakçı, A. S. Kavasoğlu "Determination of Electronic Parameters of Ag/SnO2/p-Si/Ag Structures", Solar TR-2 Solar Electricity Conference and Exhibition, 7-9 November 2012, Antalya/TURKEY

4. Nese Kavasoglu, Ozgul Hakli Birel, A. Sertap Kavasoglu, Gorkem Oylumluoglu, Murat Kabakci, Haluk Dincalp, "Interface state analysis of Al/diazo compound containing polyoxy chain/p-Si device", Turkish Physical Society 28th International Physics Congress, 6-9 September 2011, Bodrum-Turkey.

5. Nese Kavasoglu, A. Sertap Kavasoglu, Osman Pakma, Murat Kabakci, Ozcan Birgi, Sener Oktik, "Fabrication and electrical characterization of ZnO/ SiO2 /p-Si structure with outsized diode factor", 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition /5th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 6-10 September 2010, Valencia- Spain.