ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARAYÜZEY TABAKALI METAL-YARIİLETKEN (MS) YAPILARININ HAZIRLANMASI VE ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİNİN FREKANSA VE VOLTAJA BAĞLI İNCELENMESİ

Aycan GÜMÜŞ

FİZİK ANABİLİM DALI

ÇANKIRI

MAYIS
2019

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Aycan GÜMÜŞ tarafından hazırlanan **"**Arayüzey Tabakalı Metal-Yarıiletken (MS) Yapılarının Hazırlanması ve Elektriksel Özelliklerinin Frekansa ve Voltaja Bağlı İncelenmesi**"** adlı tez çalışması 28/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Sebahaddin ALPTEKİN

Jüri Üyeleri :

Başkan: Prof. Dr. Şemsettin ALTINDAL

Üye: Prof. Dr. Ali YİĞİT

Üye: Doç. Dr. Sebahaddin ALPTEKİN

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

Prof. Dr. Tamer KEÇELİ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "Arayüzey Tabakalı Metal-Yarıiletken (MS) Yapılarının Hazırlanması ve Elektriksel Özelliklerinin Frekansa ve Voltaja Bağlı İncelenmesi" konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı"yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim. (28/05/2019).

Aycan GÜMÜŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ARAYÜZEY TABAKALI METAL-YARIİLETKEN (MS) YAPILARININ HAZIRLANMASI VE ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİNİN FREKANSA VE VOLTAJA BAĞLI İNCELENMESİ

Aycan GÜMÜŞ

Çankırı Karatekin Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sebahaddin ALPTEKİN

Hazırlanan Au/PVP/n-Si (MPS) yapıların temel elektriksel parametreleri, oda sıcaklığında ölçülen doğru ve ters ön-gerilim akım voltajı (I-V) ve empedans voltaj (Z-V) ölçümleri kullanılarak incelendi. Hazırlanan yapının yarı-logaritmik I-V grafiği iyi bir doğrultma özeliğine sahip olup orta gerilim bölgesinde lineer bir davranış sergilemektedir. Bu lineer kısmın eğiminden ve kesim noktasından sırasıyla idealite faktörü (n) ve sıfır ön-gerilim engel yüksekliği (Φ_{Bo}) 2,53 ve 0,84 eV elde edildi. Difüzyon potansiyeli V_D), verici katkı atomların yoğunluğu (N_D), Fermi enerji seviyesi (E_F) ve engel yüksekliği Φ_B (C-V) değerleri ise ters ön-gerilim C^{-2}-V grafiklerinin lineer kısımlarından 1, 10, 100 ve 500 kHz için elde edildi ve tüm bu parametrelerin oldukça frekansa bağlı olduğu gözlendi. Φ_B (C-V) değeri artan frekansla neredeyse lineer olarak artmaktadır. Düşük frekanslarda elde edilen yüksek C ve G/ω değerleri, PVP/n-Si ara yüzeyinde oluşan ara-yüzey durumlarının (N_{ss}) varlığına ve onların yaşam sürelerine atfedildi. Çünkü düşük frekanslarda hem dipoller kendi ekseni etrafında dönmeye hem de N_{ss} uygulanan ac sinyalini takip etmesi için yeterince bir zamana sahiptirler. Tüm deneysel sonuçlar, Au/n-Si ara yüzeyinde spin-kaplama yöntemiyle büyütülen PVP tabakanın geleneksel yalıtkan tabaka yerine kullanılabileceğini göstermektedir.

2019, 42 sayfa

Anahtar Kelimeler: Polimer ara yüzeyli MS yapılar, Elektriksel özellikler, Frekans ve voltaja bağlılık,

ABSTRACT

Master Thesis

THE FABRICATION OF METAL-SEMICONDUTOR (MS) STRUCTURES WITH INTERFACIAL LAYER AND INVESTIGATION ELECTRICAL CHARACTERISTICS AS FUNCTION FREQUENCY AND VOLTAGE

Aycan GÜMÜŞ

Cankiri Karatekin University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Physics

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sebahaddin ALPTEKİN

Main electrical parameters of the fabricated Au/PVP/n-S (MPS) structure have been investigated by using the forward and reverse current-voltage (I-V) and impedance-voltage (Z-V) measurements at room temperature. The forward bias semi-logarithmic I-V plot has a good rectifying rate and linear part in the intermediate bias voltage and so both the value of ideality factor (n), zero-bias barrier height (BH),Φ_{Bo}, were extracted from the slope and intercept of this linear part as 2.53 and 0.84 eV respectively. The other some main electrical parameters such as values of diffusion potential (V_D), density of doping donor atoms (N_D), Fermi energy (E_F), and BH Φ_B(C-V) were extracted from the linear parts of reverse bias C^{-2} vs V plots for 1, 10, 100, and 500 kHz. All these parameters were found strong function of frequency. The value of Φ_B(C-V) increases with increasing frequency. The higher value of C and G/ω at low frequencies was attributed the existence of surface states (N_{ss}) and their relaxation times. This is because of the N_{ss} and dipoles have enough time to follow external ac signal and can be turned around at low frequencies. Experimental results show that the grown of PVP at Au/n-Si interface by spin coating method can be used instead of traditional an insulator layer.

2019, 42 page

Key Words: MS structures with polymer interlayer, Electrical properties, Frequency and voltage dependence

ÖNSÖZ

Çalışmalarım süresince her türlü destek ve yardımlarını gördüğüm, engin tecrübelerinden faydalandığım, bilimsel alanda hiçbir zaman yardım ve desteğini esirgemeyen değerli tez danışman hocam Doç.Dr. Sebahaddin ALPTEKİN'e teşekkürü borç bilirim. Ayrıca tez çalışmalarım boyunca yaptığı katkılardan dolayı engin tecrübelerinden faydalandığım Gazi Üniversitesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Şemsettin ALTINDAL'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca manevi desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Aycan GÜMÜŞ

Çankırı, Mayıs 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i

ABSTRACT ii

ÖNSÖZ (TEŞEKKÜR) iii

İÇİNDEKİLER iv

ÇİZELGELERİN LİSTESİ vi

ŞEKİLLERİN LİSTESİ vii

RESİMLERİN LİSTESİ viii

SİMGELER VE KISALTMALAR ix

1. GİRİŞ 1

2. TEORİK BİLGİLER 4

2.1 Metal-Yarıiletken Kontaklar 4

2.2 Metal-Yarıiletken (MS) İetiminde Schottky-Mott Teorisi 4

2.3 Metal-Polimer/ Yalıtkan-Yarıiletken (MP/IS) Yapılar 6

2.4 İdeal MPS Yapısı 8

2.5 MPS Yapısına Gerilim Uygulanması 10

2.5.1Yığılım 10

2.5.2 Tükenim 11

2.5.3 Terslenim 11

2.6. İdeal MIS/MPS yapıların Elektirik Özellikleri 12

3. DENEYSEL YÖNTEM 14

3.1 Au/PVP/n-Si (MPS) Yapıların Hazırlanması 14

3.1.1 Kristal Temizleme 14

3.1.2 Omik Kontağın Oluşturulması 14

3.1.3 Yalıtkan Polimer (PVP) tabakanın oluşturulması 18

3.1.4 Doğrultucu kontağın oluşturulması 19
3.2 Deneysel Ölçüm Sistemi 20
3.2.1 Akım-Voltaj Ölçüm Sistemi 20
3.2.2 Kapisitans-Voltaj ve İletkenlik-Voltaj Ölçüm Sistemi 21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 22
4.1 Akım-Voltaj Karakteristikleri 22
4.2 Frekansa Bağlı Kapasite-Voltaj ve İletkenlik-Voltaj Karakteristikleri 25
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 34
KAYNAKLAR 36
ÖZGEÇMİŞ 41
EKLER 42

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.1 İş fonksiyonlarına göre omik ve doğrultucu kontakların oluşumu…… 4

Çizelge 4.1 Au/(PVP)/n-Si Schottky diyodun farklı frekanslar için oda Sıcaklığındaki bulunan Vo, N_D, E_F, W_d ve (Φ_B (*C*-*V*) değerleri. 31

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1 Metal/n-tipi (MS) kontaklara ait elektron enerji bant diyagramları: (a) metal ile yarıiletkenin birbirlerinden bağımsız olduğu durum ve (b) kontak yapıldıktan sonraki termal denge durumu. 6

Şekil 2.2 Bir metal-yalıtkan-yarıiletken (MIS) yapının şematik gösterimi 7

Şekil 2.3 $V_G = 0$ durumunda p-tipi ve n-tipi yarıiletkenlerde ideal bir MPS yapı için enerji-bant diyagramı 8

Şekil 2.4 $V \neq 0$ durumunda ideal MPS/MIS yapının yığılım tükenim ve tersinim bölgeleri 12

Şekil 3.1 Omik kontak oluşturulmasında kullanılan bakır maske 15

Şekil 3.2 Au/PVP/n-Si(MPS) yapının şematik gösterimi 20

Şekil 4.1 Au/PVP/n-Si(MPS) diyotun oda sıcaklığındaki yarı-logaritmik I-V karakteristikleri 23

Şekil 4.2 Oda sıcaklığında $N_{ss} - (E_c - E_{ss})$ grafiği 24

Şekil 4.3 Au/PVP n-Si (MPS) yapının oda sıcaklıklığında(a) C-V ve (b) G/ω-V grafiği 26

Şekil 4.4 Au/ PVP/n-Si (MPS) yapısı için arayüzey yoğunluk dağılım karakteristiği 27

Şekil 4.5 500 kHz'de Au/PVP/n-Si (MPS) yapının R_s-V eğrisi. 28

Şekil 4.6 Au/PVP/n-Si (MPS) Schottky diyot için C^{-2}-V garfikleri. 30

Şekil 4.7 Au/PVP/n-Si yapısının düzeltilmiş C_c ve G_c/ω karakteristiklerinin gerilime bağlı grafikleri. 33

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 3.1 Omik ve doğrultucu kontak oluşturulmasında kullanılan vakumda buharlaştırma sistemi (Unam, Bilkent Üniversitesi) 16

Resim3.2 Döndürme kaplama cihazı (Çankırı Karatekin Üniversitesi Fizik Araştırma lab) 19

Resim3.3 Keithley 2400 akım-gerilim kaynağı 20

Resim 3.4 Hewlett Packard 4192A LF Empedans Analiz metre 21

SİMGELER DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılan simge ve kısa açıklamaları aşağıda verilmişti.

Simgeler	**Açıklamalar**
I (A)	Akım
I_o (A)	Ters beslem doyma akımı
V (V)	Diyot/yapı üzerine uygulanan gerilim
V_D (V)	Diyot üzerine düşen gerilim
ET AL. (eV)	Diffüzyon potansiyeli
V_F (V)	Diyota uygulanan doğru beslem gerilimi
V_R (V)	Diyota uygulanan ters beslem gerilimi
Φ_B (eV)	Schottky engel yüksekliği
Φ_{Bo}(eV)	Sıfır beslem engel yüksekliği
Φ_e(eV)	Etkin engel yüksekliği
n (Birimsiz)	İdealite faktörü
R_s (Ω)	Seri direnç
R_{sh} (Ω)	Kısa devre direnci
Φ_m (eV)	Metalin iş fonksiyonu
Φ_s (eV)	Yarıiletkenin iş fonksiyonu
E_v (eV)	Değerlik (valans) bant kenarı enerjisi
E_c (eV)	İletkenlik band kenarı
χ_e (eV)	Elektron yakınlığı
E_F (eV)	Fermi enerji seviyesi
E_g (eV)	Yarıiletken yasak enerji aralığı
ε_o(F/m)	Boşluğun elektrik geçirgenliği
ε_i(Birimsiz)	Arayüzey tabakanın dielektrik sabiti
ε_s (Birimsiz)	Yarıiletkenin dielektrik sabiti
Hz	Frekans birimi (Hertz)
F	Sığa birimi (Farad)
^oC	Santigrad cinsinden sıcaklık
K	Kelvin cinsinden sıcaklık

Simgeler	**Açıklamalar**
k (J/K)	Boltzmann sabiti
V_{bi} (eV)	Kontak potansiyel farkı
Å	Angström
d_i/δ (Å)	Arayüzey tabakanın kalınlığı
ϕ_o (eV)	Nötral seviye enerjisi
Si	Silisyum
SiO_2	Silisyum di-oksit
E (V/m)	Elektrik alan
PE (eV)	Potansiyel enerji
$\boldsymbol{\Delta\Phi}$ (eV)	Schottky engel düşmesi
m_e^* (kg)	Elektronun etkin kütlesi
m_h^* (kg)	Deşiğin etkin kütlesi
m_o (kg)	Elektronun durgun kütlesi
N_A (cm^{-3})	Alıcı katkı atomlarının yoğunluğu
N_D (cm^{-3})	Verici katkı atomlarının yoğunluğu
N_v (cm^{-3})	Valans bandındaki durumların yoğunluğu
N_c (cm^{-3})	İletim bandındaki durumların yoğunluğu
q (C)	Elektrik yükü
A^* (A/cm^2K^2)	Richardson sabiti
A^{**} (A/cm^2K^2)	Etkin Richardson sabiti
N(E)(cm^{-3})	Bantlardaki durumların yoğunluğu
f(E)	Fermi-Dirac dağılım fonksiyonu
W_D (cm)	Tüketim bölgesinin kalınlığı
τ (sn)	Ara-yüzey tuzaklarının ömrü
n (cm^{-3})	Elektron yoğunluğu
μ_n ($cm^2/V.s$)	Elektronun mobilitesi
μ_h ($cm^2/V.s$)	Deşiğin mobilitesi
N_{ss} ($eV.cm^{-2}$)	Arayüzey durumların yoğunluğu
Al	Aluminyum
Au	Altın

Simgeler	**Açıklamalar**
C_o (F)	Boş kondanstörün sığası
C_i (F)	Arayüzey tabakanın sığası
ε^* (Birimsiz)	Kompleks dielektrik sabiti
ε' (Birimsiz)	Dielektrik sabitinin reel kısmı
ε'' (Birimsiz)	Dielektrik sabitinin imajiner kısmı
tanδ (Birimsiz)	Tanjant kayıp
M^* (Birimsiz)	Kompleks elektrik modulus
M' (Birimsiz)	Elektrik modulusun reel kısmı
M'' (Birimsiz)	Elektrik modulusun imajiner kısmı
σ_{dc} (S/cm)	dc iletkenlik
σ_{ac}(S/cm)	ac iletkenlik

Kısaltmalar	**Açıklamalar**
n-Si	n-tipi silisyum
SD	Schottky diyot
SBD/SBDs	Schottky engel diyot/diyotları
SBH	Schottky engel yüksekliği
I-V	Akım-voltaj
C-V	Kapasitans- voltaj
G/ω-V	İletkenlik- voltaj
BH	Engel Yüksekliği
RR	Doğrultma Oranı
MS	Metal-Yarıiletken
MIS	Metal-Yalıtkan-Yarıiletken
MOS	Metal-Oksit-Yarıiletken
MPS	Metal-Polymer-Yarıiletken
GD	Gaussian dağılımı
PVA	Polyvinil alkol
TE	Termiyonik Emisyon
TED	Termiyonik Emisyon Difüzyon
TAE	Termiyonik Alan Emisyonu
AE	Alan Emisyonu
AC	Alternatif akım
DC	Doğru akım

1.GİRİŞ

Metal yarıiletken (MS) yapılar her geçen gün öneminin artması sebebiyle teknoloji cihazların üretiminde önemli bir rol oynamaktadır (Reddy et al. 2011, [a]Alptekin et al. 2019). MS yapıların elektrik ve dielektrik özelliklerinin daha iyi anlaşılmasına yönelik yapılan araştırmalar günümüze kadar büyük gelişmelerin yaşanmasına katkı sağlamıştır ([b]Alptekin et al. 2019, Matsuura 1981, Sahay 1990, Kako 1996). 1938 yılında yarıiletken devre elemanlarından birisi olan MS yapıların ara yüzeyinde potansiyel bir engeli oluştuğunu ilk defa Schottky ortaya koydu ve bu konu üzerine kapsamlı çalışmalarından dolayı MS yapılara W. Schottky'ye atfedilerek "Schottky diyotları" denilmeye başlandı (Sharma 1984). Yaptıkları teorik ve deneysel çalışmalarda büyük bir elektriksel direnç sergileyen ince bir ara yüzey tabakasının neden olduğu durum, metal-yarıiletken kontaklarda engel yükseklikleri için Schottky ve Mott tarafından önerilen ilk model olarak bilinir (Mott 1938, Schottky 1938). Hem metalin hem de yarıiletkenin vakum seviyesini bir araya getirmek için metal ve yarıiletkenin temas halinde olması gerektiğini ileri sürmüşlerdir. 1947'de yarıiletkenin bant aralığındaki arayüzey durumlarından dolayı engel yüksekliğine göre metal iş fonksiyonunun azalmış olduğu ilk kez tespit edildi (Mönch 1990, Li 1960). Schottky kontaklar, eklem alanı üzerinde daha düzgün kontak potansiyeli ve akım dağılımı elde etmek için yarıiletken yüzeyine belirli alanlarda metal buharlaştırılarak oluşturulan düzlemsel yapılardır (Sze et al. 2010). Düşük seri direnç, yüksek güç kapasitesi ve daha düşük sinyale sahip olmaları bu yapıların tercih edilmesine sebep olmaktadır. Ayrıca, MS yapılarda yeniden birleşim ve üretim olmayacağından verim yüksek olmaktadır. Fakat bu yapılar yüzey elemanı olduklarından, yüzey kirliliğine karşı duyarlı olmaları gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Ayrıca, MS yapılar yüksek sıcaklıklarda yapılan işlemlere karşı dayanıklı değildir. Yüksek sıcaklık, diyotun elektriksel özelliklerini etkilemektedir (Demirezen et al. 2010, Tecimer et al. 2013, Tunç 2010).

Yaklaşık olarak 300-600°C sıcaklıklarda tavlama işlemi, omik kontağın direncini azaltırken MS yapıların doğrultma özelliklerini olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle dış etkenlere karşı yapının dayanaklılığını, elektriksel iletkenliğini artırmak ve genel performansını iyileştirmek için MS yapılara çeşitli ara yüzeyler eklenerek metal-oksit-yarıiletken (MOS), metal-yalıtkan-yarıiletken (MIS), metal-polimer-yarıiletken

(MPS) veya metal-ferroelektrik-yarıiletken (MFS) gibi yapılar elde edilmektedir(Sze et al. 2010, Card 1971, Gökçen et al. 2013).

Son yıllarda metal ile yarıiletken arasına geleneksel olarak kullanılan SiO_2, Si_3N_4, SnO_2 ve TiO_2 gibi yalıtkan tabakaların yerine yapımı kolay ve ucuz olmasının yanı sıra esnek olmaları sebebiyle katkısız veya katkılı polimerler kullanılmaya başlanmıştır. Ancak polimerler düşük iletkenlik özelliği gösterdikleri için uygun oranlarda metal veya diğer malzemeler katkılanarak iletkenliği artırılmıştır (Sharma et al. 2016, Baraz 2017, Ersöz et al. 2016). Kakılama ile iletkenlik özellikleri arttığından dolayı polimer malzemeler hem akademik çalışmalar hem de endüstriyel araştırma alanlarında dikkatleri üzerine çekmektedir. Organik iletken polimer malzemeler özellikle esnek olmaları, malzeme özelliklerinin istenildiği gibi ayarlanabilmesi, ucuz teknoloji ile üretilebilmeleri, düşük maliyetli olmaları, kolay üretim süreçlerine sahip olmaları ve bu üretim süreçlerinin çevreye zarar vermemesi gibi önemli avantajları sebebiyle elektronik ve opto-elektronik cihaz üretiminde geniş kullanım alanlarına sahiptirler (Baraz 2018, Ukah 2011). Polimer malzemeler belirli bir kapasitans ve iletkenlik değerine sahip olduğu için ışık yayan diyot (LED), ışık yayan organik diyot (OLED), Schottky engel diyot (SBD), güneş pili ve transistor gibi aygıtların üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Baraz 2017, Ersöz et al. 2016, Gümüş et al.. 2015, Gunaydin et al. 2018). MPS yapıların üretim sürecinde polistiren (PS), polivinil-alkol (PVA), polipirol (PPy), Polivinil-pirrolidon (PVP), polivinil klorür (PVC) ve politiyofen vb. (Gümüş et al. 2015, Demir et al. 2018) polimer malzemeler kullanılabilir. Bu polimer malzemeler cihaz üretim teknolojisi açısından incelendiğinde PVP polimeri birçok avantaja sahiptir. PVP, düşük maliyetli malzemeler ile elde edilme, düşük enerji gereksinimi, basit üretim teknikleri ve cihaz uygulamaları için uygun kimyasal özellikleri gibi avantajlar sebebi ile tercih sebebi olmaktadır (Crowell et al. 1966).

MS, MIS veya MPS gibi yapıların hazırlanmasında yarıiletken olarak, daha ucuz ve kararlı olmasından dolayı genelde silisyum (Si) kullanılırken, doğrultucu kontak için yarıiletkenin n-tipi ise metal olarak genellikle altın (Au)ve p-tipinde ise alüminyum (Al) ve gümüş (Ag) gibi yüksek saflıkta ($\geq$0.99) metaller tercih edilir. Bu yapıların hazırlanma aşamasında metal ve yarıiletkenin iş fonksiyonu önemlidir. Doğrultucu kontak yapılırken kullanılan yarıiletkenin n-tipi ya da p-tipi olmasına bakılarak uygun iş fonksiyonuna sahip metal seçilmelidir (Çizelge 2.1). Metal ile yarıiletken arasına

oluşturulacak yalıtkan veya polimer tabaka, ara yüzey yük geçişlerini düzenlemesinin yanı sıra yapının performansını da arttırmaktadır. Bu sebeple ara yüzey tabakalarını seçerken yüzeyi pasifize edecek, sızıntı akımını azaltacak, kontrol edilebilir akım-iletim mekanizması gerçekleştirecek ve doğrultucu özelliğe yaklaşacak yüksek dielektrik sabitli malzemelerin seçimine dikkat edilir (Baraz 2018, Yerişkin et al. 2019).

Bu çalışmada Au/PVP/n-Si (MPS) yapının C-V ve G/ω–V değerleri frekansa bağlı olarak belirli frekans aralığında ölçülmüştür. MPS yapıların elektriksel parametrelerinin elde edilmesi ile akım iletim mekanizmalarının incelenmesi MIS yapılara benzerdir. Bu nedenle deneysel ölçümler ve değerlendirmelerde MIS yapı için kullanılan ilgili formüller kullanılmıştır. Düşük frekanslarda elde edilen yüksek C ve G/ω değerleri, PVP arayüzey tabakanın varlığına ve PVP/n-Si ara-yüzeyinde oluşan arayüzey durumlarının (N_{ss}) varlığına ve onların yaşam sürelerine atfedildi. Bu çalışmada, Au/n-Si ara yüzeyine spin-kaplama yöntemiyle PVP tabakası büyütüldü. Au/PVP/n-Si (MPS) yapının kapasitans-voltaj (C-V) ve iletkenlik-voltaj (G/ω-V) ölçümlerinden yararlanılarak temel elektrik parametreleri -3V ve +5V voltaj aralığında dört farklı frekansta (1, 10, 100 ve 500 kHz) ve oda sıcaklığında incelendi. Au/PVP/n-Si yapının oda sıcaklığındaki (T=300 K) I-V karakteristiklerinden ise, diyotun ters doyum akımı (I_0), idealite faktörü (n), sıfır-beslem engel yüksekliği (Φ_{B0}), seri direnç (R_s) ve kısa devre direnci (R_{sh}) gibi diyot parametreleri hesaplandı. Arayüzey durumlarının yoğunluğunun (N_{ss}) voltaj ve frekansa bağlı özellikleri düşük-yüksek frekanslı kapasitans (C_{LF}-C_{HF}) ve Hill-Coleman yöntemleri ile incelenirken, R_s özellikleri Ohmm yasası ve Nicollian ve Brews yöntemleri ile incelenmiştir. R_s etkisinin dikkate alınmasıyla C-V ve G/ω-V karakteristikleri düzeltilerek C_c-V ve G_c/ω-V karakteristikleri hesaplandı.

2.TEORİK BİLGİLER

2.1. Metal-Yarıiletken Kontaklar

Metal-yarıiletken (MS) kontaklar doğrultucu ve omik olmak üzere ikiye ayrılırlar. Metal ile yarıiletken kontak edildiklerinde oluşan kontak türünün omik veya doğrultucu olmasını seçilen metal ve yarıiletkenin iş fonksiyonları belirler. Φ_m metalin iş fonksiyonu, Φ_s de yarıiletkenin iş fonksiyonu olmak üzere, metal/n-tipi yarıiletken kontaklar için $\Phi_m>\Phi_s$ durumunda doğrultucu kontak ve $\Phi_m<\Phi_s$ durumunda ise omik kontak oluşur. Metal/p-tipi yarıiletken kontaklarda ise $\Phi_m>\Phi_s$ durumunda omik kontak ve $\Phi_m<\Phi_s$ durumunda da doğrultucu kontak oluşur (Pickard). Aşağıda çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 İş fonksiyonlarına göre omik ve doğrultucu kontakların oluşumu

İş Fonksiyonlarının Durumu	Yarıiletken Türü	Kontak Türü
$\Phi_m>\Phi_s$	n-tipi	Doğrulrucu
$\Phi_m<\Phi_s$	n-tipi	Omik
$\Phi_m>\Phi_s$	p-tipi	Omik
$\Phi_m<\Phi_s$	p-tipi	Doğrulrucu

2.2. Metal-Yarıiletken (MS) İletiminde Schottky-Mott Teorisi

MY kontaklarda, metal ile yarıiletken arayüzeyinde bir potansiyel engel oluştuğunu ilk olarak Schottky, eklemde oluşan bu potansiyelin, metal ile yarıiletkenin iş fonksiyonları arasındaki farktan kaynaklandığını ise Mott açıklamıştır (Baraz 2018). Schottky-Mott teorisine göre, bariyer yüksekliği (Φ_B) oluşum süreci, metalin yarıiletken ile temas ettirilmesinden kaynaklanır ve bariyer yüksekliği, metal ve yarıiletkenin iş fonksiyonundaki farklılıktan kaynaklanır. N-tipi yarı iletken ile metal temasının dengeye ulaşması durumunda, yarıiletkenin iletim bandındaki elektronlar, metalin elektronlarından daha fazla enerjiye sahiptir. Yarıiletkendeki elektronlar Fermi seviyeleri eşitlenene kadar metale akmaya devam eder (Uslu 2010). Yarıiletkenden

metale elektron akışıyla birlikte, yarıiletkenin bant kenarında serbest elektron yoğunluğunda azalma meydana gelir. İletkenlik (E_C) bandı ve E_F arasındaki fark, azalan elektron yoğunluğu ile artar. E_F değeri, termal dengede sabit kalır. İletim bandı elektronları metale geçerek arkalarında iyonize pozitif yükler bırakır. Sonuç olarak, yarı iletkenden metale geçen elektronlar tükenmiş olur. Metale geçen elektronların yarattığı elektron yükleri temel olarak bir yüzey yüküdür ve bu yükler metalde ince bir negatif tabaka oluştururlar. Bu durumda, yarıiletkenden metale doğru bir elektrik alanı meydana gelir. Termal dengedeki bir MS kontağı için engel yüksekliğini (Φ_B) belirleyen önemli bir faktör, vakum seviyesinin geçiş bölgesi boyunca sabit kalmasıdır. Bu nedenle, yarıiletken tarafın vakum seviyesi, dengeyi sağlamak için metal tarafındaki vakum seviyesine yaklaşmalıdır. Metal ile yarıiletken kontak edilmeden ve edildikten sonra enerji bant diyagramları sırasıyla Şekil 2.1(a) ve (b) de gösterilmiştir. Yani, Şekil 2.1(a)' da, Φ_m iş fonksiyonunu metal ve Φ_s iş fonksiyonlu n-tipi yarıiletkenin kontak edilmeden önceki birbirinden bağımsız elektron enerji bant diyagramları görünmektedir. Şekil 2.1(a)'da görüldüğü gibi n-tipi yarıiletkenin E_F seviyesi metalinkine göre daha yüksektir. Ancak Şekil 2.1(b)'de görüldüğü gibi metal ile yarıiletken kontak edildikten sonraki termal denge durumunda özellikle yarıiletkene ait enerji-bantlarında önemli değişmeler olmaktadır.

Yarı iletken tarafta görülen bantlardaki eğriliğin büyüklüğü iş fonksiyonları arasındaki fark kadardır. Bu fark aşağıdaki gibi açıklanabilir (Sharma 1984, Werner et al. 1991):

$$qV_i = \Phi_M - \Phi_S \tag{0.1}$$

Bu denklemde V_i, potansiyel farkı ifade etmektedir. qV_i ise yarıiletkenden metale geçen elektronların gördüğü engel yüksekliğidir. Metalden yarıiletkene kadar görülen engel yüksekliği, iletkenlik bandının alt kısmı ile E_F arasındaki fark kadardır. Denklem (2.1)'de qV_i yarıiletkenden metale gidecek olan elektronun sahip olması gereken enerji miktarı olup yarıiletkenin bariyer yüksekliğine eşittir. Engel yüksekliğinin metal tarafındaki denklemi ise,

$$\Phi_B = (\Phi_M - \chi_S) \tag{0.2}$$

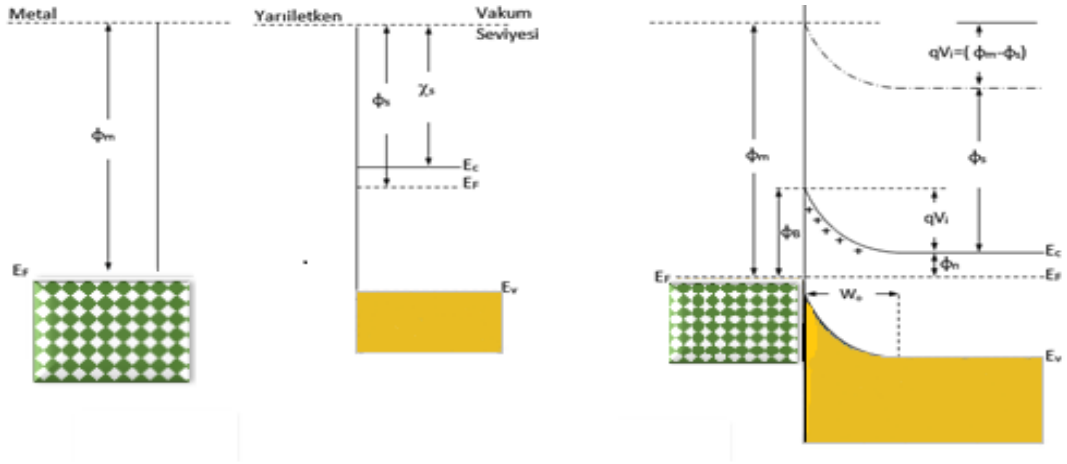
Şeklinde ifade edilir.

$\Phi_S = (\Phi_n + \chi_S)$ ve $\Phi_M = (qV_i + \Phi_S)$ olduğundan;

Denklem (2.1) ve Denklem (2.2) kullanılarak, Φ_B ifadesi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$\Phi_B = (qV_i + \Phi_n) \tag{0.3}$$

Burada Φ_n=(E_F) yarıiletkenin iletkenlik bandı ile Fermi seviyesi arasındaki farktır. Denklem (2.1) Schottky bariyeri olarak bilinmektedir veilk olarak Schottky tarafından geliştirilmiştir (Schottky 1938). Burada Denklem (2.3) elde edilirken, Φ_M ve Φ_S'deki yüzey dipol katkısının metal ve yarıiletken arasındaki temastan sonra değişmediği varsayılmaktadır. Yarıiletken yüzeyindeki dağılımından, engel yüksekliğinin büyüklüğü hesaplanabilir. Φ_B değeri, her sıcaklık için termal enerjiden (=kT/q) daha büyüktür. Böylece yarıiletken yüzeyi, hareketli yüklerden yoksun oldukça dirençli bir tükenim bölgesine dönüşür (Mott 1938, Schottky 1938).

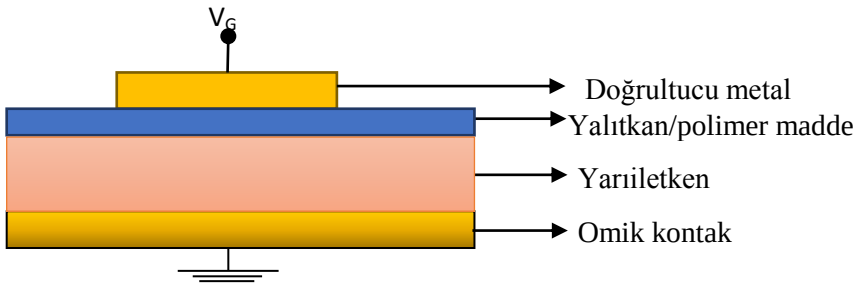


Şekil 2.1 Metal/n-tipi (MS) kontaklara ait elektron enerji bant diyagramları: (a) metal ile yarıiletkenin birbirlerinden bağımsız ve (b) kontak yapıldıktan sonraki termal denge durumu.

2.3. Metal- Polimer/Yalıtkan-Yarıiletken (M-P/I-S) Yapılar

Elektrik ve dielektrik özelliklerinden dolayı MPS cihazların fiziksel özelliklerinin ve performanslarının anlaşılması elektronik uygulamalar için büyük önem taşımaktadır. Geleneksel MS kontağında metal ve yarı iletken arasında istenmeyen bir arayüzey reaksiyonu meydana gelmektedir. Bu reaksiyon, yarı iletkenin bulk yapısında ara yüzey kusurlarına neden olur. Bu durum, bariyer yüksekliğinin yüzeyin özelliklerine ve metalin iş fonksiyonuna bağlı olmasını sağlayacaktır. Genel olarak, MS kontaklarının

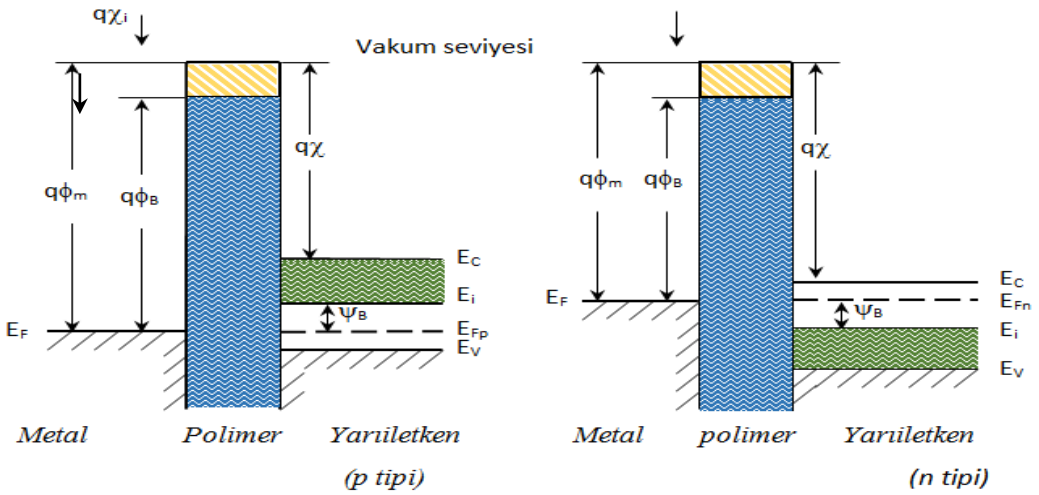
bariyer yükseklikleri metal ile silisyum arasında temas oluşum ısısına bağlıdır. MS kontaklarının gerçek bariyer yüksekliğinin belirlenmesinde istenmeyen reaksiyonların kontrol edilmesi son derece önem arz etmektedir. Metal ile yarıiletken arasında istenmeyen reaksiyonları önlemek için, polimer bir katman ara yüzey tabakası olarak kullanılmaya başlanarak metal-polimer-yarıiletken (MPS) yapılar oluşturulmuştur. Yarıiletken ile kontak yapılacak metal arasına farklı polimer veya yalıtkan malzemeler büyütülerek olabildiğince aygıt performansının artırılması amaçlanmaktadır. MPS yapı üretilirken, polimer tabakasının çok ince olması durumunda, bazı metaller polimerin üst yüzeyinden yarıiletkene nüfuz edebilir ve yarıiletken ile reaksiyona girebilir. Bu durum cihaz üretimini sınırlandırmaktadır. Yarı iletkenin yüzeyinde yeterince ince polimer tabakaların varlığı, metal ile yarıiletken arasındaki yüzey kusurlarını düzenleyerek elektronların tünelleşmesini kolaylaştırır ve bu durum arayüzey yoğunluğunu azaltır. Yarı iletken yüzeyinde polimer tabakasının kalın olması durumunda ise elektronların tünelleşmesi zorlaşır (Werner et al. 1991). Günümüzde metal ile yarıiletken arasına kaplanan polimer tabakanın kalınlığı Angström ölçeğine kadar kolaylıkla kontrol edilebilir. Metal ile yarıiletken arasına çeşitli büyütme teknikleri kullanılarak (Sol-jel, elektron-eğirme, spin kaplama) bir polimer tabaka oluşturulabilmektedir.Şekil 2.2'de MPS yapısının şematik gösterimi verilmiştir. MIS yapılar metal ve yarıiletken iki tabakanın arasına yalıtkan bir tabaka girmesiyle oluşur. Yalıtkan ara yüzey tabaka SiO_2 gibi malzemeler olabildiği gibi doğal yollarla kendiliğinden de oluşabilir. Bu yapıların temel özellikleri; yalıtkan- yarıiletken ara yüzey özellikleri ve yalıtkan tabaka tarafından belirlenir. MIS yapılarda, metal plakaya uygulanan gerilim (V_G) omik kontağa göre pozitifse MIS yapı pozitif gerilim uygulanmış olur, V_G negatif bir gerilimle beslendiğinde ise negatiftir.



Şekil 2.2 Bir metal-yalıtkan-yarıiletken (MIS) yapının şematik gösterimi

2.4. İdeal MPS Yapısı

Herhangi bir gerilim uygulanmadığı durumda, ideal bir MPS yapının enerji-bant diyagramı Şekil 2.3'de p tipi ve n tipi yarı iletkenler için gösterilmiştir.



Şekil 2.3 V_G = 0 durumunda p-tipi ve n-tipi yarı iletkenli ideal bir MPS yapı için enerji-bant diyagramı (Sze et al. 2010).

Burada;

q : Temel elektronik yük ($1{,}6x10^{-19}$ C)

ϕ_m : Metalin iş fonksiyonu

ϕ_B : Metal ve yalıtkan arasında oluşan potansiyel engeli

χ : Yarıiletkenin elektron yakınlığı

χ_i : Yalıtkanın elektron yakınlığı

E_V : Valans (değerlik) bandı enerji seviyesi

E_C : İletkenlik bandı enerji seviyesi

E_i : Saf Fermi enerji seviyesi ($E_i = \frac{E_C - E_V}{2}$)

E_{Fn}: n-tipi yarıiletkenin Fermi enerji seviyesi

E_{Fp}: p-tipi yarıiletkenin Fermi enerji seviyesi

ψ_B: Fermi ile saf Fermi enerji seviyesi arasındaki fark

Şekil 2.3'de gösterilen E_F, iletkenlerde mutlak sıfır sıcaklığında (T=0 K) taban durumundan itibaren elektronlar tarafından işgal edilen en yüksekteki dolu enerji seviyesidir. Yarıiletkenlerde ise E_F, iletkenlik ve valans bandındaki taşıyıcı sayısına bağlı olarak yasak enerji bölgesinde yer alan izafi seviye olarak tanımlanır. Fermi enerjisi n tipi yarıiletkenler için iletim bandıyla izafi seviyenin enerjilerinin farkıdır, p tipi için ise valans bandıyla izafi seviyenin enerjilerinin farkıdır. Vakum seviyesi bir metalin tam dışındaki sıfır kinetik enerjili bir elektronun enerji seviyesi veya bir elektronun yüzeyden kopup serbest hale gelebilmesi için ihtiyaç duyulan minimum enerji miktarıdır.

Metalin iş fonksiyonu (ϕ_m)bir elektronu E_F seviyesinden vakum seviyesine çıkarmak veya serbest hale getirmek için ihtiyaç duyulan minimum enerji miktarıdır. Benzer şekilde Yarıiletkenin iş fonksiyonu (ϕ_s) ise yarıiletkenin E_F seviyesi ile vakum seviyesi arasındaki enerji farkıdır. Burada yarıiletkenler için Fermi enerjisi katkılanan madde atomlarının yoğunluğuna bağlı olarak değiştiğinden Φ_s değişken bir niceliktir. Diğer bir değişken elektron yakınlığı (χ) ise, bir elektronun vakum seviyesi ile iletkenlik bandı kenarı arasındaki enerji farkı olarak tanımlanır.

İdeal bir MIS yapıdaki özellikler aşağıdaki gibi tanımlanabilir (Yücedağ 2007, Ersöz 2015). Sıfır beslemde metalin iş fonksiyonu ϕ_m ile yarıiletkenin iş fonksiyonu ϕ_s arasında enerji farkı olan ϕ_{ms} iş fonksiyonun değeri sıfırdır, yani ϕ_m ile ϕ_s arasında bir enerji farkı yoktur.

$$\phi_{ms} = \phi_m - \phi_s = (\chi + E_g/2q - \psi_B) = 0 \quad \text{n -tipi için} \tag{2.4}$$

$$\phi_{ms} = \phi_m - \phi_s = (\chi + E_g/2q + \psi_B) = 0 \quad \text{p -tipi için} \tag{2.5}$$

Burada E_g yarıiletkenin yasak enerji aralığı ve ψ_B ise Fermi enerji seviyesi E_F ile saf enerji seviyesi E_i arasındaki enerji farkıdır.

Yalıtkan içinde ve yalıtkan-yarıiletken ara yüzeyinde tuzaklar, sabit ve hareketli iyonlar bulunmaz. Yalıtkan bant aralığı o kadar büyüktür ki, yalıtkanın iletkenlik bandındaki yük taşıyıcı yoğunluğu ihmal edilebilecek kadar küçüktür.

D.C. beslem şartları altında yalıtkana doğru taşıyıcı geçişi yoktur. Yani yalıtkanın özdirenci sonsuzdur. Herhangi bir beslem altında yarıiletkendeki yükler ile metalin yalıtkana yakın yüzeyindeki yükler eşit ve ancak zıt yönlüdürler.

Yarıiletkende yükler katkılıma türüne göre çoğunluk ve azınlık taşıyıcılar olarak adlandırılır. n-tipi bir yarıiletkende elektronlar çoğunluk, holler ise azınlık taşıyıcılardır, p-tipi yarıiletkenlerde ise durum bunun tam tersidir. Yarıiletkendeki bu taşıyıcılar metallerdeki gibi serbest olmadıklarından dolayı uygulanan gerilime bağlı olarak ya uzay yükü bölgesinde ya da arayüzey bölgesinde yük yığılımına neden olurlar. Uygulanan V_G geriliminin bir kısmı yarıiletken üzerine bir kısmı da yalıtkan arayüzey tabakası üzerine düşer.

2.5. MPS Yapısına Gerilim Uygulanması

MOS, MIS ve MPS yapılarına, alttaşın türüne ve gerilim yönüne bağlı olarak gerilim uygulandığında yığılım, tükenim ve terslenim durumları meydana gelmektedir.

2.5.1.Yığılım

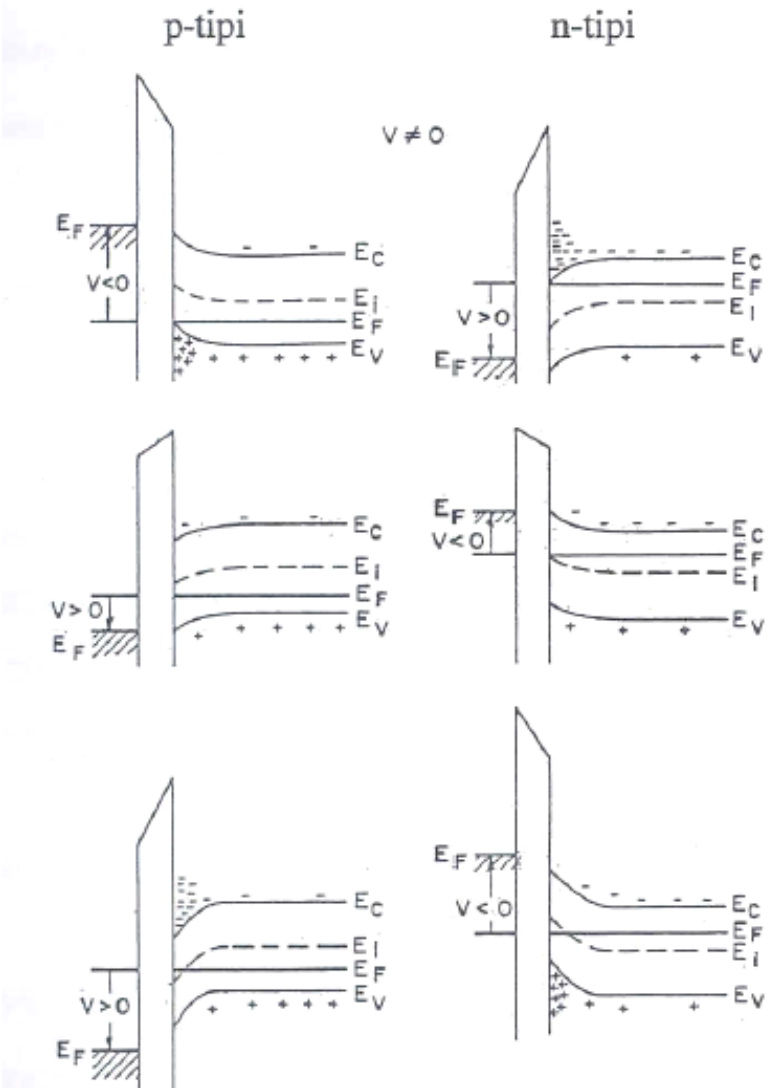
P tipi bir yarıiletkenin kullanıldığı MPS yapının omik ve doğrultucu kontaklarına ters gerilim ($V<0$) uygulandığı zaman kontaklar arasında bir elektrik alan oluşur. Yarıiletkenin çoğunluk yük taşıyıcısı deşikler, yarıiletken-polimer ara yüzeyine doğru elektrik alan tarafından çekilirler. Çoğunluk taşıyıcıların çekilmesi ile birlikte yarıiletkenin valans bandının tepesi yukarı doğru bükülür. Bu bant bükülmesi E_F ile eşitleninceye kadar devam eder. İdeal MIS veya MPS yapılarda E_F seviyesi yarıiletkenin valans bandı ile eşdeğer seviyede olur. Deşiklerin yoğunluğu E_F ile E_V arasındaki farka üstel olarak bağlı olduğundan, bant bükülmesi yarıiletkenin yüzeyine yakın olur ve bu durum çoğunluk taşıyıcılarının yarıiletkenin yüzeyine yığılmasına neden olur. Valans bandının bükülerek Fermi seviyesine yaklaşmasından dolayı iletim bandı da aynı yönde bükülür. Bant bükülmesinin bu şekilde gerçekleştiği durum yığılım olarak ifade edilir (Rhoderick et al. 1988).

2.5.2. Tükenim

MPS yapının kontaklarına pozitif (V>0) veya negatif (V<0) küçük gerilimler uygulandığı zaman polimer arayüzey katmanında bir elektrik alan meydana getirir. Oluşan bu alan polimer-yarı iletken ara yüzeyindeki elektronları yarı iletkenin yüzeyinden uzaklaştırıp polimerin yüzeyine yaklaştırır. Yarıiletkenin yüzeyinden elektronların uzaklaşması ile yarıiletkenin iç kısmındaki elektron yoğunluğu yüzeydekine göre artmaya başlar. Elektronların bu hareketi ile yarıiletkenin E_C ve E_V bantları aşağı doğru bükülür. Bantların bükülmesi ile birlikte yarıiletkenin yüzeyine yakın bölgelere yaklaşan iletim bandında deşikler birikir. Böylece bu bölgelerde yarıiletkenin iletim bandındaki elektronlar azalarak bir tükenim bölgesi oluşturmuş olur Şekil 2.4'de elektronların yarıiletkenin ön yüzeyinde ya da iletim bandında azalması (tükenmesi) ile oluşan bu durum tükenim olarak ifade edilir (Rhoderick et al. 1988).

2.5.3. Terslenim

N tipi bir yarı iletkenin kullanıldığı MPS yapının kontaklarına çok büyük bir gerilim (V⋙0) uygulandığında yarıiletkenin enerji bantları aşağıya doğru daha çok bükülür. Böyle bir durumda saf enerji seviyesi (E_i) E_F'nin aşağısına geçer. E_i'nin fermi enerji seviyesinin aşağına geçmesi yarıiletken yüzeyindeki deşiklerin (azınlık yük taşıyıcılarının) artmasına neden olur. Deşiklerin artması ile birlikte deşik yoğunluğu elektron yoğunluğuna göre çok daha fazla olur (Şekil 2.4). MPS yapıdaki n-tip yarıiletken böyle bir durumda p tipi bir yarıiletken gibi davranmaya başlar. Başka bir deyişle, başlangıçta n-tipi bir yarıiletkende elektronlar çoğunlukta iken uygulanan büyük gerilim, bu yüklerin çoğunun metal tarafına geçmesine ve dolayısıyla deşik yoğunluğunun yarıiletken yüzeyinde daha fazla olmasına neden olur. Sonuç olarak, yarıiletken yüzeyindeki yükler işaret değiştirmiş olur. Bu yüzden bu olay terslenim olarak ifade edilir (Rhoderick et al. 1988).



Şekil 2.4 V≠0 durumunda ideal MPS/MIS yapının yığılım tükenim ve tersinim için çizilen enerji-bant şeması (Sze et al. 2010),

2.6. İdeal MIS/MPS Yapıların Elektrik Özellikleri

Bir elektrik devresinde ortaya çıkan sızıntı akımlarını önlemek ve yüksek voltajlı güç elemanları ve düşük voltajlı-yüksek frekanslı uygulamalar gibi elektronik uygulamalarda elektriksel polarizasyon özelliğinden dolayı yalıtkan malzemelerin teknolojide kullanımına olan ilgi artmıştır. Bu yalıtkanların elektrik özelliklerinin farklı koşullarda nasıl değişim gösterdiğini bilmek önemlidir. Bu nedenle, farklı alanlarda ve çalışma koşullarında tercih edilen yalıtkan malzemenin dielektrik sabit ve kayıp faktörü

başta olmak üzere birçok dielektrik parametrenin malzemenin kullanıldığı koşullar altında ölçülmesi gerekmektedir. Harici elektrik alan uygulandığında, enerji depolama kapasitesine sahip olan malzemeler dielektrik malzemedir. Dielektrik sabiti, harici elektrik alanı altında ne kadar enerjinin depolandığını ve malzemede ne kadar enerjinin kaybolduğunu belirlemek amacıyla kullanılır. Bir malzemenin dielektrik sabiti, iki elektrik yükü arasındaki elektrostatik kuvveti azaltan bir parametredir. Malzemedeki elektriksel yükler elektrik alan etkisi ile yer değiştirir ve sonuç olarak elektrik yükü merkezi değiştiğinden dolayı elektriksel polarizasyon gözlenir. Oluşan dipoller, dielektrik malzemenin yüzeyinde yük birikmesine neden olur.

İdeal yapılarda, yalıtkanın kendi içerisinde ve yalıtkan ile yarıiletkenin birleşim yüzeyinde elektron ya da deşik yoktur. Gerçek bir MPS/MIS yapıda ise yalıtkan ve yarıiletken birleşim yüzeyi tamamen elektriksel olarak nötr olmamaktadır. Arayüzey yükleri, hareketli iyonik yükler, tuzak yükleri (iyonlaşmış tuzaklar) ve oksit yüklerinin (sabit yüzey yükleri) varlığı MPS/MIS yapının elektrik parametrelerini etkileyen önemli faktörlerdir.

3. DENEYSEL YÖNTEM

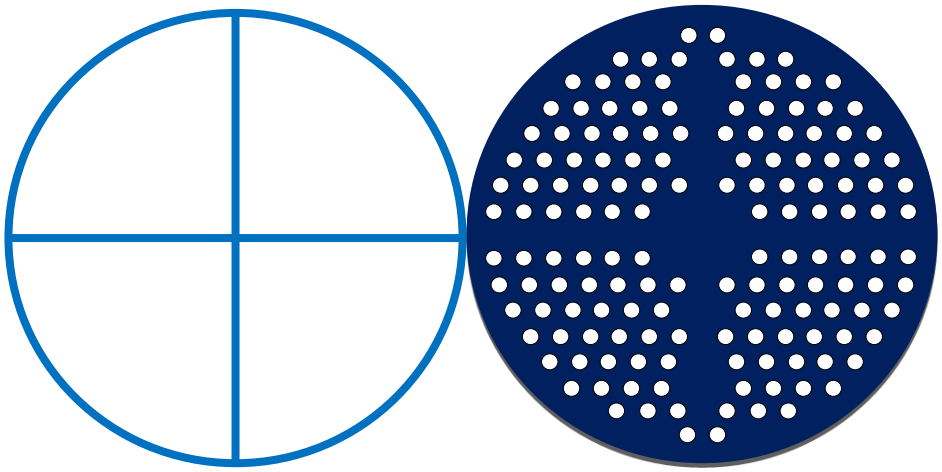
3.1. Au/PVP/n-Si (MPS) Yapıların Hazırlanması

3.1.1. Kristal temizleme

Metal-polimer-yarıiletken (MPS) tipi Schottky diyotu hazırlayabilmek için yarıiletken kristalin mekanik ve kimyasal olarak çok iyi temizlenmesi gerekmektedir. Çünkü iyi temizlenmiş bir yarıiletken kristal birçok sayıda yüzey kusurunu ortadan kaldırabilir. Bir yarıiletken kristalin yüzeyi ne kadar temizlenirse temizlensin yine de laboratuvar ortamındaki bazı organik kirliliklerden, kimyasal temizleme ve numune büyütülme esnasında yüzeyde çok sayıda safsızlıklar oluşabilir. Bu nedenle kristal yüzeyinin son derece dikkatli temizlenmesi gerekir. Bu çalışmada, hazırlanan Au/PVP/n-Si yapılarda yarıiletken olarak (110) yönelimli, 280 μm kalınlıklı, 4,45-Ω.cm özdirençli ve n-Si kullanıldı. PVP kalınlığı 500 Å olarak ölçüldü. Bu çalışmada yarıiletken kristallerin temizlenmesinde aşağıda verilen işlemler takip edildi.

3.1.2. Omik kontağın oluşturulması

Au/PVP/n-Si (MPS)yapılar veya Schottky diyotlar hazırlanırken omik ve doğrultucu kontağın oluşturulması için yüksek vakumlu metal buharlaştırma sistemi kullanıldı. Omik kontağın oluşturulması için temizlik işlemi tamamlanan alttaş (n-Si) üzerine Şekil 3.1'deki gibi bir bakır maske konularak mat yüzeyi aşağı gelecek şekilde termal buharlaştırma sistemine yerleştirildi. Ardından fanus hemen kapatılarak vakumlama işlemine geçildi ve iç basınç 10^{-6} Torr mertebesine indirildi. Vakum 10^{-6} Torr'a ulaştığında, flamanların biri üzerinden yaklaşık 35 A büyüklüğünde akım geçirilerek %99,999'luk saflığa sahip kimyasal olarak temizlenmiş altın parçacıklarının buharlaşması sağlandı. Buharlaşabilecek yabancı maddelerin kristal üzerine yapışmasını önlemek amacıyla ilk aşamada kristalin mat yüzeyinin önü buharlaşan malzemeye maruz kalmaması için metal perde ile kapatıldı. Bir süre sonra metal perde yan tarafa çekilerek kristalin mat yüzeyinin yaklaşık 1500 Å kalınlığında altın ile kaplanması sağlandı.



Şekil 3.1 Omik kontak oluşturulmasında kullanılan bakır maske

Omik ve doğrultucu kontakların oluşturulması için, Resim 3.1'de gösterilen vakumda buharlaştırma sistemi kullanıldı.



Resim 3.1 :Omik ve doğrultucu kontak oluşturulmasında kullanılan vakumda buharlaştırma sistemi (Unam, Bilkent Üniversitesi)

Arka yüzeye kaplanan Au tabakanın omik kontak özelliği gösterebilmesi için tavlama işlemine geçildi. Kuartz tüp, direnç telinden geçen akım vasıtasıyla ısıtıldı ve ortam sıcaklığı kontrol ünitesi ile kontrol edildi. Ayrıca kuartz tüpün içindeki numunenin olduğu bölgeye yerleştirilen kromel-alumel termo-çifti ile sıcaklık kontrol edilerek 650 ^{o}C'de tutulması sağlandı. Tavlama esnasında ortama gönderilen N_2 gazının akış hızı bir akışölçer (flowmeter) ile ölçüldü. Nemin alınması için oksitleme işleminde kullanılan gazlar Resim 3.1'de gösterildiği gibi sıvı azot kabının üstünde tutturulmuş bir nem tutucudan (cam tüp) geçirildikten sonra oksidasyon fırınına gönderildi. N_2 gazı ortamdan 60 dk süreyle ~2 lt/dk hızında geçirildi. Bu sürenin sonucunda altının silisyum

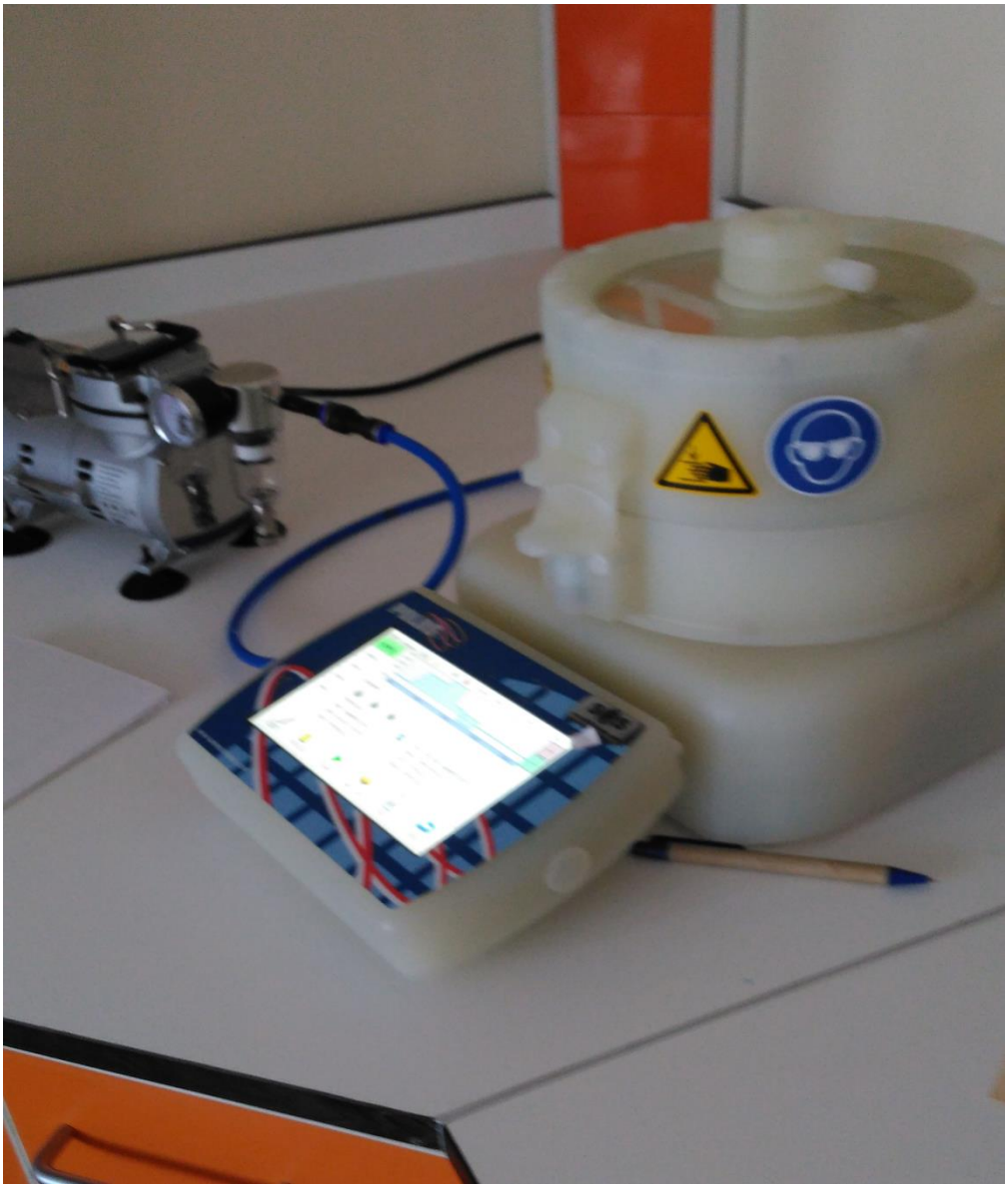
kristal içerisine çökmesi sağlandı ve böylece büyütülen altın tabaka omik kontak özelliğine kavuştu.

Bu çalışmada, PVP ara katmanı olan ve olmayan her iki MS yapısı, n-tipi silikon [n-si, (100)] alt-taş üzerinde 350 μm kalınlığında ve aynı koşullarda bir substrat olarak 1-10Ω.cm direncinde üretilmiştir. İlk önce, n-Si alt-taş metanol içine batırılmış ve daha sonra 18M Ω.cm dirençle de iyonize su içinde durulanmıştır. Daha sonra sıcak bir H_20, NH_40H ve H_20_2 (65:13:13 h/h) çözeltisi içinde kazınmıştır. Bundan sonra, n-Si altaş ultrasonik banyoda yaklaşık 10 dakikada de iyonize suda durulandı. İkinci olarak, n-Si altaş bir H_20: HF (24:1 h/h) çözeltisi içinde kazınmıştır. Bundan sonra de iyonize su ile durulandı ve kuru azot (N_2) gazı ile kurutuldu. Ultrasonik banyoda bu temizleme işleminden sonra, 1200 A kalınlıkta yüksek saflıkta Au (% 99.995), metal buharlaştırma sisteminde 10^{-6} Torr basınçta n-Si altaşın tamamen arka tarafına buharlaştırılmıştır. Daha düşük öz dirençli teması sürdürmek için, 500 ° C'de 5 dakika boyunca, Au kaplı n-Si altaş N_2 atmosferi altında sinterlendi. Sigma-Aldrich'ten PVP (Polivinilpirrolidon) (MW 40.000) temin edildi.

Omik temas yapıldıktan sonra, yüksek vakumlu metal buharlaştırma sisteminde n-Si altaş üzerinde 2 mm çapında yüksek saflıkta Au kontaklar oluşmuştur. Bu şekilde, birinci tip (Au/n-Si) MS yapısı için imalat işlemi tamamlanmıştır. İkinci tip MPS yapısının gerçekleştirilmesi için, PVP'nin ultra saf su içinde çözülmesiyle PVP çözeltisi hazırlandı. Çözeltinin hazırlanması, 9 gr ultra saf suya 1 gr PVP ilave edildi ve 5 dakika süreyle manyetik bir karıştırıcı ile karıştırıldı. Kaplama iki aşamada gerçekleştirildi. İlk aşamada, filmler 2000 rpm'de 30 saniye boyunca döndürüldü ve ikinci aşamada 30 saniye boyunca 4000 rpm ile tamamlandı. Böylece hazırlanan PVP çözeltisinin büyüme süreci, n-Si altaş üzerinde, spin kaplama tekniği (Polospro v3.16 yazılımında cihaz tipi Spin 150i versiyonu) kullanılarak, önceden belirlendi. Nihayet, 1200 Å kalınlıkta ve 2 mm çaplı dairesel kontaklar olarak Au rektifiye edici temaslar, aynı yüksek vakumlu metal buharlaştırma sisteminde, PVP tabakasının tepesinde bir metal gölge maskesi vasıtasıyla buharlaştırılmıştır. Böylece, ikinci tip MPS yapılarının imalatı tamamlanmıştır ([b]Alptekin et al. 2019).

3.1.3. Yalıtkan Polimer tabakanın oluşturulması (Döndürme kaplama yöntemi)

Döndürme kaplama (spin coating) yöntemi uzun yıllardır ince film tabakaları üretiminde yayığınca kullanılan yöntemdir. Yalıtkan polimer tabakanın oluşturulması için döndürme kaplama (spin coating) yöntemi kullanılmıştır. Döndürme kaplama yöntemi uygulanırken yüksek sıcaklıklara çıkılmak zorunda kalınmaması, hemen hemen her tipteki alttaş (n-Si) üzerine istenilen kalınlıkta yalıtkan tabakanın büyütülebilmesi gibi avantajları yüzünden sıkça tercih edilen bir büyütme yöntemidir (Demirezen et al. 2010, [a]Alptekin et al. 2019, [b]Alptekin et al. 2019). Çalışma prensibi olarak döndürme kaplama işlemi hazırlanan çözeltinin damlasının kaplanacak yüzeyin üzerine damlatılması ve daha sonra yüksek dönme hızlarında döndürülmesi prensibine dayanmaktadır. Film kalınlığı çözeltinin özelliklerine (viskozitesine, kuruma hızına, katı oranına ve yüzey gerilimleri) ile işlem şartlarına (devir, hızlandırma) bağlıdır. Döndürme yöntemi ile film kaplama yöntemi 4 aşamaya ayrılabilir. Birikim (damlatma), döndürme, döndürme sonu (durdurma) ve buharlaştırma. Aşağıda Resim 3.2'de döndürme kaplama cihazı verilmiştir.

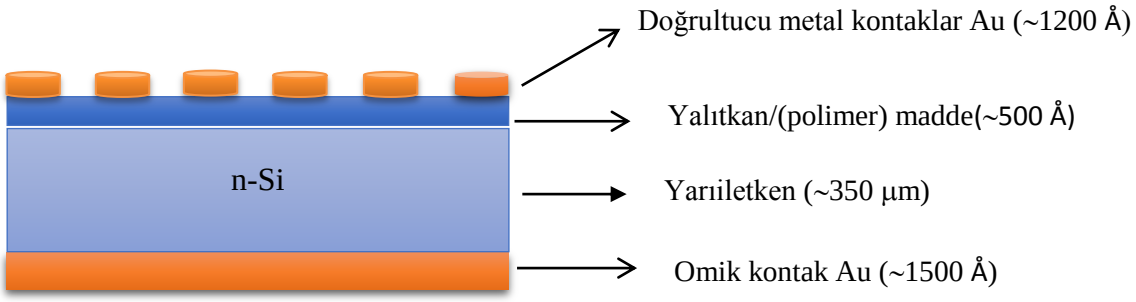


Resim 3.2 Döndürme kaplama cihazı (Çankırı Karatekin Üniversitesi Fizik Araştırma lab)

3.1.4. Doğrultucu kontağın oluşturulması

Üzerine PVP kaplanmış n-Si kristali, Şekil 3.1'de verilen bakır maske üzerine parlak yüzeyi aşağı gelecek şekilde yerleştirildikten sonra flaman üzerine yerleştirilen kimyasal olarak temizlenmiş 2 mm çapında ve 1 cm uzunluğunda Au tel 10^{-6} Torr vakumda buharlaştırılarak, kristalin parlak yüzeyine 2 mm çaplı ve 1200 Å kalınlığında Au doğrultucu kontaklar yine vakum sisteminde oluşturuldu.

Böylece Au/PVP/n-Si (MPS) yapıların fabrikasyon işlemi Şekil 3.2'da gösterildiği gibi tamamlanmış oldu.



Şekil 3.2 Au/PVP/n-Si(MPS) yapının şematik gösterimi

3.2. Deneysel Ölçüm Sistemi

3.2.1 Akım-voltaj ölçüm sistemi

Ölçüm süreci Gazi Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Katıhal Laboratuvarında yapılan ölçümlerle tamamlandı. Hazırlanan Au/PVP/n-Si (MPS) yapının akım-voltaj (I-V) ölçümleri için Keithley 2400 akım-gerilim ölçüm cihazı kullanıldı ve Resim 3.1"de verildi. Bu cihaz ile hem akım kaynaklı gerilim ölçümleri, hem de gerilim kaynaklı akım ölçümü yapılmaktadır. Cihaz ±1 μV" dan ±200 V" a gerilim ölçümü ve ±10 pA'' den ±1 A'e kadar akım ölçüm gücüne sahiptir. ± % 0,15 hassasiyetle ölçüm yapabilmektedir. Ölçümler Hawlett Packard bilgisayarına takılan bir IEEE-488 AC/DC çevirici kart yardımıyla kumanda edilerek gerçekleştirildi.



Resim 3.3 Keithley 2400 akım-gerilim kaynağı

3.2.2. Kapasitans-voltaj ve iletkenlik-voltaj ölçüm sistemi

Kapasitans-gerilim (C-V) ve iletkenlik- gerilim (G/ω-V) ölçümlerinde Hawlett Packard 4192A LF Empedans Analizörü (5kHz-13MHz) kullanıldı. Tüm bu ölçümler bilgisayara takılan bir IEEE-488 AC/DC çevirici kart yardımıyla kumanda edilerek gerçekleştirildi. Au/PVP/n-Si (MPS) yapının C-V ve G/ω -V ölçümleri –4 V ile +5 V aralığında 0,05 V artışlarla kapasitans-voltaj ve iletkenlik-voltaj ölçümleri belirli frekans aralığında gerçekleştirilmiştir. C-V ve G/ω -V ölçümlerinin yapıldığı cihazlar Resim 3.4'de gösterilmiştir.



Resim 3.4 Hewlett Packard 4192A LF Empedans Analizmetre

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Akım-Voltaj (I-V) Karakteristikleri

MS, MIS veya MPS tipi Schottky engel diyotlarda ve güneş pillerinde, eğer idealite faktörünün 1'den büyük ve diyot bir R_s değerine sahipse, doğru öngerilim altındaki ($V \geq 3kT/q$), akım ve voltaj ilişkisi aşağıdaki gibi ifade edilir (Sze et al. 2010, Nicollian et al. 1982).

$$I = I_o \exp\left(\frac{qV - IR_s}{nkT}\right)\left[1 - \exp\left(\frac{-q(V - IR_s)}{kT}\right)\right] \tag{4.1a}$$

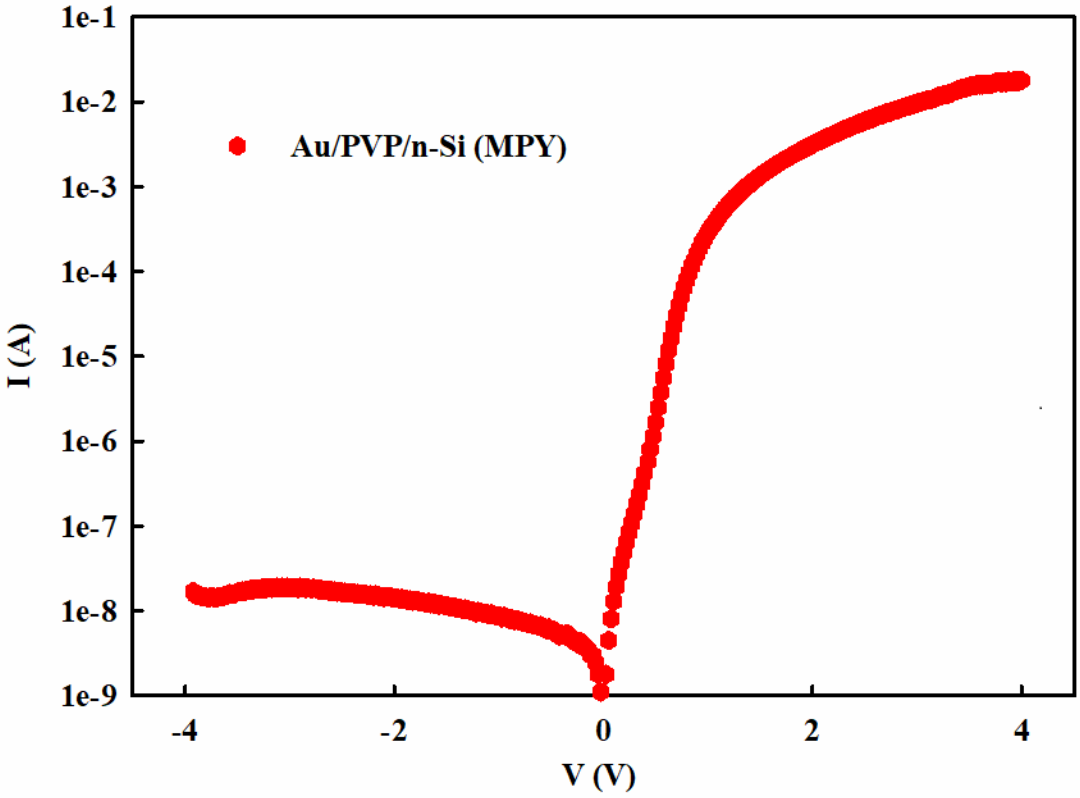
Burada Io ters beslem doyum akımı, V diyot üzerine uygulanan gerilim, IR_s ($=V_{Rs}$) ise diyotun seri direnci üzerine düşen gerilim, n diyotun idealite faktörü, T Kelvin cinsinden sıcaklık, q elekronik yük ve k ($=1.38x10^{-23}$J/K) Boltzmann sabitidir.

Şekil 4.1'de Au/(PVP)/n-Si (MPS) Schottky engel diyotu için oda sıcaklığında ters ve doğru beslem yarı logaritmik LnI-V grafiği verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi LnI-V eğrisi orta gerilim bölgesinde lineer bir davranış sergilerken daha ileri pozitif voltajlarda lineerlikten sapmıştır. Bu sapma genellikle seri direnç ara yüzey tabaka varlığına atfedilir. Çünkü diyot üzerine uygulanan voltaj; tüketim tabakası, seri direnç ve arayüzey tabaka tarafından bölüşülecektir. Ancak düşük ve orta gerilim bölgelerinde Rs etkisi ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Yani düşük ve orta gerilim bölgelerinde IR_s terimi diyota uygulanan gerilim yanında çok küçüktür ve dolayısıyla ihmal edilebilir. Ters beslem doyum akımı I_o aslında sıfır beslemde diyotun çektiği akım anlamına gelir ve aşağıdaki gibi ifade edilir (Reddy, Demirezen et al. 2010, [b]Alptekin et al. 2019, Matsuura et al. 1981).

$$I_o = AA^*T^2 \exp\left(\frac{-q\Phi_{Bo}}{kT}\right) \tag{4.1b}$$

Burada Φ_{Bo}, metal ile yarıiletken arasında oluşan sıfır beslem engel yüksekliği, A doğrultucu kontak/diyot alanı ve bu çalışmada hazırlanan diyot alanları $7{,}85x10^{-3}$ cm^2 dir. Burada diğer önemli bir terim olan A^* etkin Richardson sabiti olup ve teorik değeri

n-Si için 112 A/cm^{2}K^2 dir.(Sze et al. 2010, Maheshwari 2007). Rs değeri düşük ve orta gerilim bölgelerinde etkili olmadığı için burada hem Eş.4.1(b) ifadesi Eş. 4.1(a)'da yerine konulduğunda, Eş. 4.1 ifadesi aşağıdaki gibi yeniden düzenlenebilir:



Şekil.4.1 Au/PVP/n-Si(MPS) diyotun oda sıcaklığındaki yarı-logaritmik I-V karakteristikleri

$$I = \underbrace{AA^{*}T^{2}\exp(-q\Phi_{Bo}/kT)}_{I_s}\left[\exp(\frac{qV}{nkT})-1\right] \qquad (4.2)$$

Köşeli parantez içindeki 1 rakamı, özellikle orta ve yüksek sıcaklıklarda üstel ifade yanında ihmal edilebilir kadar küçüktür. TE teorisine göre n değeri ideal durumda 1 ve normalde ise yaklaşık 1 civarında olmalıdır ancak pratikte durum oldukça farklıdır ve n değeri özellikle düşük sıcaklıklarda 1'den oldukça fazla olur ve artan sıcaklıkla da üstel olarak azalır. Mevcut literatüre göre, idealite faktörü genelde kullanılan arayüzey tabakanın kalınlığı $d_i(=\delta)$ ve onun dielektrik sabiti (ε') ile yarıiletkenin dielektrik sabitine (ε_s), arayüzey durumlarına (N_{ss}) ve M/S arasında oluşan tüketim tabakasının genişliğine (W_D) bağlı olup aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Sze et al. 2010).

$$n(V) = \frac{qV}{kT.Ln(I/I_o)} = 1 + \frac{\delta}{\varepsilon_i}\left[\frac{\varepsilon_s}{W_D} + qN_{ss}(V)\right] \quad (4.3)$$

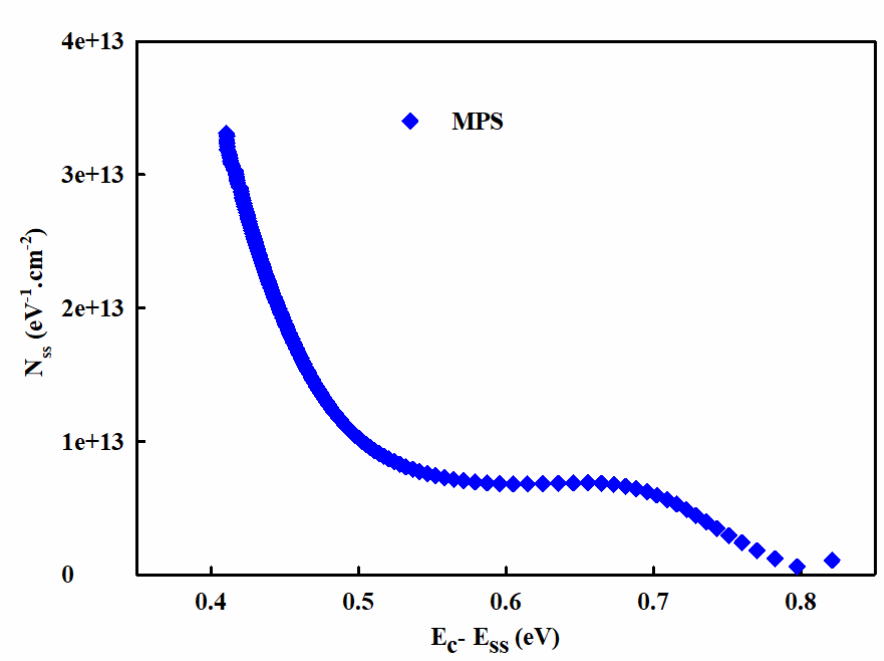
Engel yüksekliği ve idealite faktörünün voltaj bağımlılığı dikkate alınarak MPS yapı için, arayüzey durumların yoğunluğunun (N_{ss}) enerji bağlı dağılım profili aşağıdaki eşitliklerden faydalanarak oda sıcaklığı için elde edildi ve Şekil 4.2' de verildi.

$$I = I_0\left[\exp(\frac{qV}{nkT})\right] \quad (4.3a)$$

$$\Phi_e = \Phi_{Bo} + \alpha(V) = \Phi_{Bo} + \left(1 - \frac{1}{n(V)}\right)V \quad (4.3b)$$

$$E_c - E_{ss} = q(\Phi_e - V) \quad (4.3c)$$

$$N_{ss}(V) = \frac{1}{q}\left[\frac{\varepsilon_i}{d_i}(n(V) - 1) - \frac{\varepsilon_s}{W_D}\right] \quad (4.3d)$$

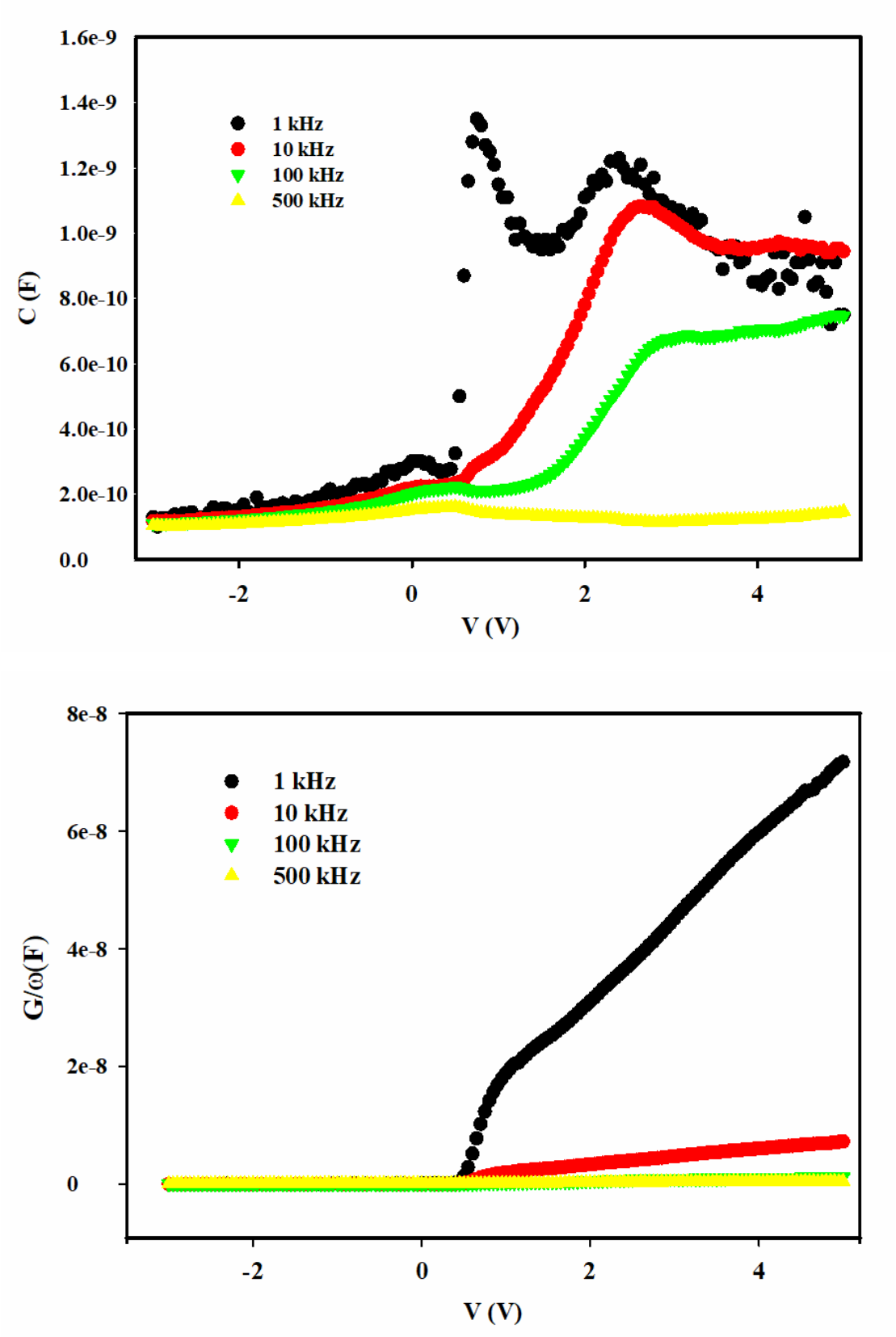


Şekil.4.2 Oda sıcaklığında N_{ss} – (E_c-E_{ss}) grafiği

Hazırlanan Au/PVP)/n-Si (MPS) tipi Schottky engel diyotunun N_{ss}-(E_c-E_{ss}) grafiği Şekil.4.2'de görüldüğü gibi, N_{ss} değeri yaklaşık olarak yasak enerji bandın ortasından E_c'nin alt seviyesine doğru üstel olarak artmaktadır. Elde edilen ortalama N_{ss} değerleri, yaklaşık olarak 10^{12} - 10^{13} $eV^{-1}.cm^{-2}$ mertebesinde olup bir yarıiletken aygıt için uygun değerlerdir.

4.2. Frekansa Bağlı Kapasite-Voltaj (C-V) Ve İletkenlik-Voltaj (G/ω -V) Karakteristikleri

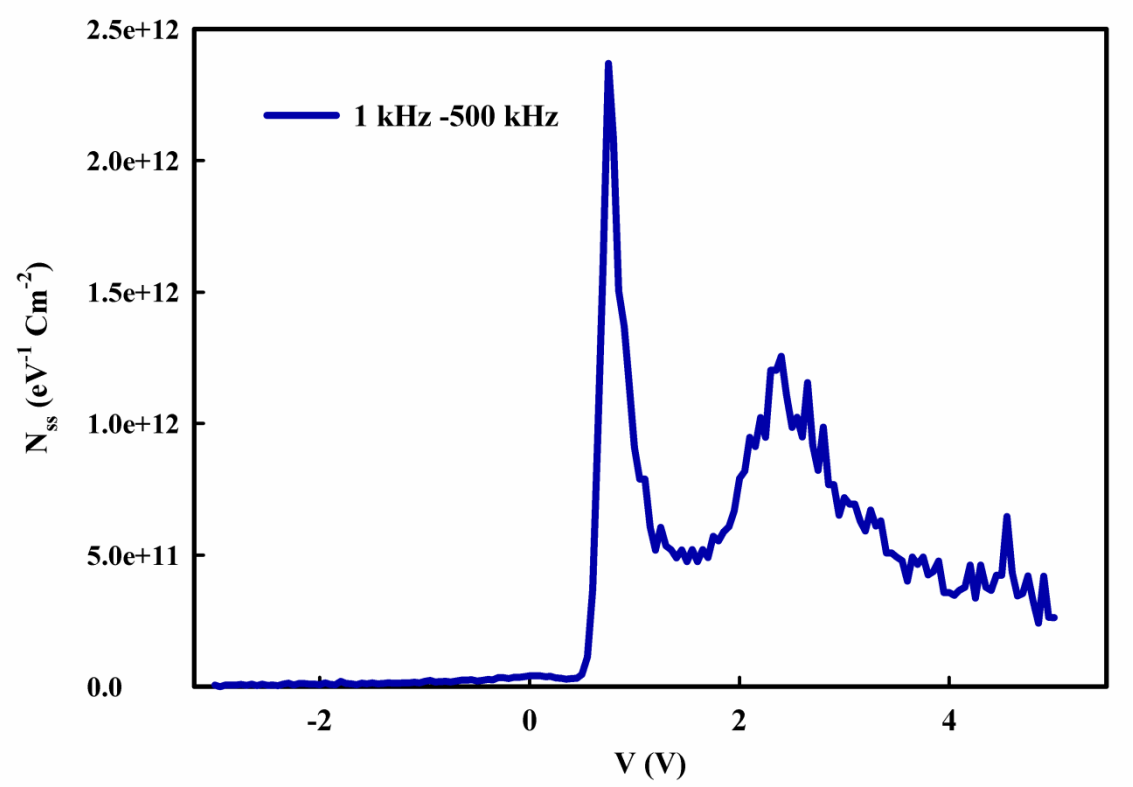
Doğru ve ters beslemde Au/PVP/n-Si (MPS) yapının C-V ve G/ω-V eğrileri oda sıcaklığında Şekil 4.3 de belirli frekans aralığında elde edildi. Şekil 4.3 eğrilerinden görüldüğü gibi uygulanan voltaj arttıkça artan sıcaklıkla birlikte genel olarak bir artış göstermektedir. C ve G/ω eğrilerinde yığılım, tersinim ve tükenim bölgeleri açıkça görülmektedir. Fakat özellikle yığılım ve tükenim bölgelerinde daha fazla bir değişim söz konusudur. Her iki grafikte de (C-V ve G/ω-V) yığılım bölgesinde bir pik davranışı vardır ve bu piklerin artan frekansla azaldığı görülmektedir. Yığılım bölgesindeki piklerin bu davranışı seri dirence katkı sağlamakta ve yığılım bölgesinde bükülmeye neden olmaktadır. Diğer taraftan diyot üzerine uygulanan voltaj tükenim tabakası, seri direnç ve ara yüzey tabakası tarafından paylaşılmakta, ayrıca Uygulanan voltaj ve frekans altında tükenim ve tersinim bölgesinde C ve G/ω değerlerindeki değişim yüzey durumlarına yerleşen yüzey yüklerine ya da tuzaklara katkı sağlamaktadır. Bir diyotun yeterince yüksek ters beslemdeki direnç değeri şönt direncine ve yeterince yüksek düz beslemdeki direnç değeri de seri dirence karşılık gelmektedir.



Şekil 4.3 Au/PVP n-Si (MPS) yapının oda sıcaklıklığında C-V ve G/ω-V grafiği.

Ayrıca düşük ve yüksek frekans değerlerinden denklem 4.4'ten elde edilen N_{ss} grafiği Şekil 4.4 de Au/ PVP/n-Si yapısı için arayüzey yoğunluk dağılım karakteristiği verilmiştir.

$$N_{ss} = \left(\frac{1}{qA}\right)\left[\frac{1}{C_{LF}} - \frac{1}{C_i}\right]^{-1} - \left[\frac{1}{C_{HF}} - \frac{1}{C_i}\right]^{-1} \tag{4.4}$$



Şekil 4.4 Au/ PVP/n-Si (MPS) yapısı için arayüzey yoğunluk dağılım karakteristiği

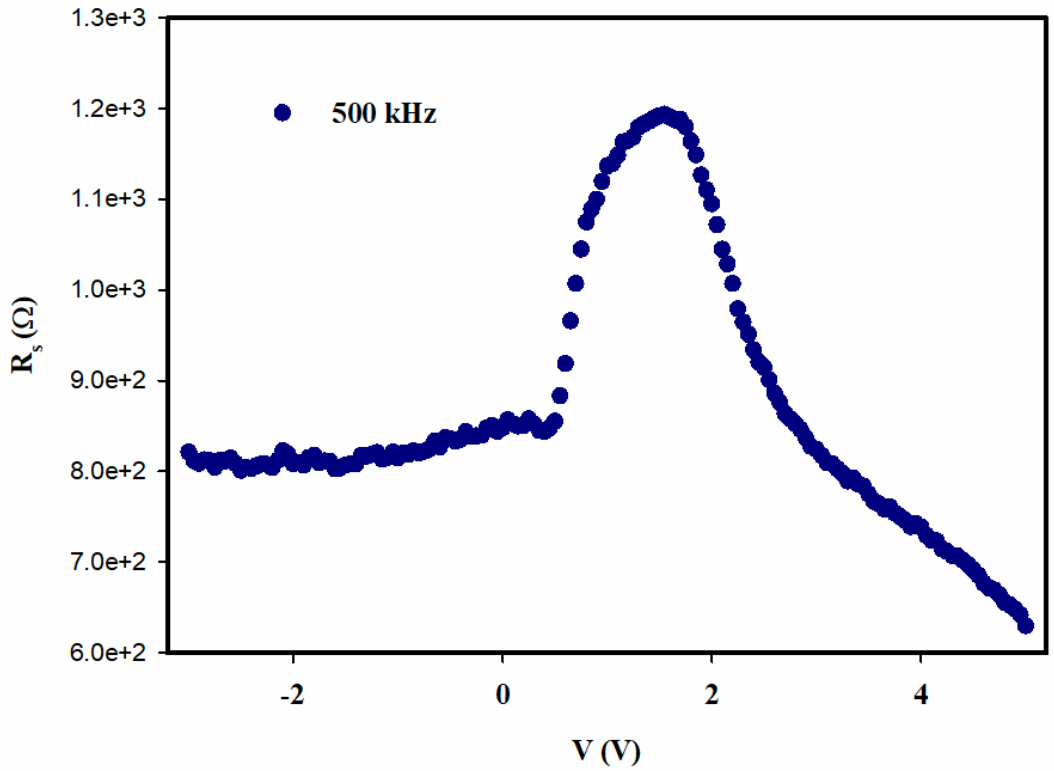
Bir MPS yapının seri direnç değerini elde edebilmek için literatürde birçok metot önerilmiştir.(Sze et al. 2010, Maheshwari 2007, Nicollian et al. 1982). Ancak bunlardan birçoğu oksit ya da ara yüzeysel yalıtkan tabakalı cihazlar üzerinde pratik olarak uygulanması açısından sınırlı düzeyde kalmaktadır. Pratiklik ve uygulama kolaylığı

nedeniyle, bu çalışmadaki hesaplamalarda R_s değerlerini elde ederken Nicollian ve Brews tarafından sunulan admittans metodu kullanılmıştır. Bu metoda göre, bir MIS veya MPS yapının gerçek R_s değeri kuvvetli yığılım bölgesindeki yeterli seviyedeki yüksek frekans değerlerinde ölçülen kapasitans (C_m) ve iletkenlik (G_m) değerlerinden yararlanarak bulunabilir (Sze et al. 2010).Öngerilim voltajına bağlı R_s değerleri ölçümleri alınan C ve G verileri aracılığıyla aşağıdaki eşitlik kullanarak elde edildi,

$$R_s = \frac{G_m}{G_m{}^2 + \left(\omega C_m\right)^2} \tag{4.5}$$

Burada C_m ve G_m herhangi bir öngerilim voltajı değerinde ölçülen C ve G'yi temsil etmektedir ω ise açısal frekanstır

MPS yapının öngerilim voltajına bağlı R_s değeri Eş. 4.5 kullanılarak hesaplandı ve 500 kHz için elde edilen R_s değeri Şekil 4.5'te verildi.

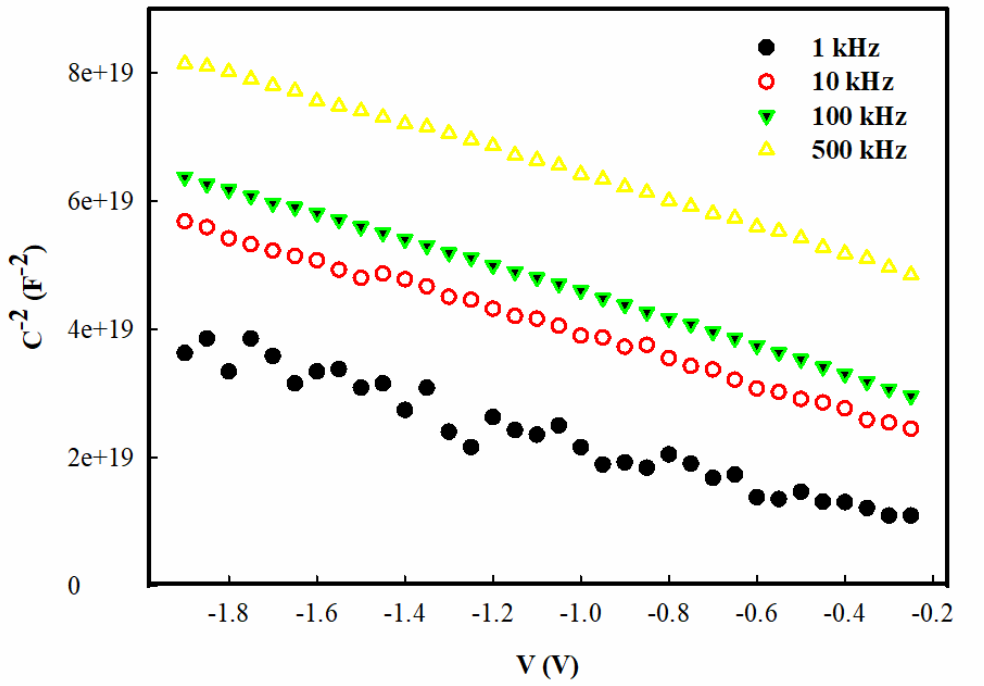


Şekil 4.5 500 kHz'de Au/PVP/n-Si (MPS) yapının R_s-V eğrisi.

R_s'nin sıcaklığa bağlı değişimi taşıyıcı yüklerin donma davranışının olmadığı sıcaklık aralığındaki yarıiletkenler için beklenen bir durumdur. R_s değerleri artan sıcaklıkla birlikte azalma eğilimindedir ve özellikle yüksek ön gerilim voltajında neredeyse uygulanan voltajdan bağımsızdır. R_s ile C ve G'deki bu davranışın diğer bir nedeni de sıcaklık etkisi altında yüzey atomlarının yeniden yapılanma ve sıralanması olabilir. Ters ön gerilimde ölçülen kapasitans değerleri kullanılarak Au/PVP/n-Si (MPS) yapının oda sıcaklık aralığında C^{-2}–V eğrileri elde edildi. Şekil 4.6'da görülebileceği gibi C^{-2}–V eğrileri geniş bir ön-gerilim voltajı aralığında bir doğru çizgi vermektedir. Şekil 4.6 Au/PVP/n-Si (MPS) Schottky diyot için C^{-2}-V grafikleri verilmiştir. Bu durum bir açıdan admitans ölçümlerinin yeterli seviyede yüksek frekansta yapıldığının kanıtıdır. Bir MPS yapının tüketim tabakası kapasitansı,

$$C^{-2} = \frac{2(V_R + V_o)}{q\varepsilon_s N_D A^2} \tag{4.6}$$

şeklinde ifade edilir (Sze et al. 2010, Maheshwari 2007, Nicollian et al. 1982). Burada V_R ters öngerilim voltajı, N_D katkı yoğunluğu, ε_s yarıiletkenin dielektrik sabiti ve V_o ise sıfır ön gerilimdeki voltajdır ve her frekans değeri için C^{-2}–V eğrisinin voltaj eksenini kestiği noktadaki voltaj değerine eşittir.



Şekil 4.6 Au/PVP/n-Si (MPS) Schottky diyot için C^{-2}-V garfikleri.

C^{-2}–V eğrileri kullanılarak difüzyon potansiyeli (V_D.), Fermi Enerjisi (E_F) ve engel yüksekliği (Φ_B) gibi temel elektriksel parametreler elde edildi. Eş. 4.6 kullanılarak V_o değeri, ve bu değerler Eş. 4.7'de kullanılarak V_D değeri hesaplandı.

$$V_D = V_o + \frac{kT}{q} \tag{4.7}$$

Burada k ve T sırasıyla Boltzmann sabiti ve Kelvin cinsinden sıcaklıktır. Fermi enerji seviyesi (E_F) değerleri ise Eş. 4.8'de değerler yerine konularak bulunmuştur.

$$E_F = \frac{kT}{q} Ln(\frac{N_C}{N_D}) \tag{4.8}$$

Burada N_c iletkenlik bandının efektif durum yoğunluğudur ve aşağıdaki eşitlik ile bulunur, m_o elektronun serbest kütlesidir ve m_e^* ise elektronun etkin kütlesidir.

$$N_C = 4.82x10^{15} T^{3/2} (m_e^* / m_o)^{3/2} \tag{4.9}$$

Her bir sıcaklık değerine karşılık gelen engel yüksekliği (Φ_B) değerleri ise Eş. 4.7 ve Eş.4.8 kullanılarak elde edildi.

$$\Phi_B = (V_o + \frac{kT}{q}) + \frac{kT}{q} Ln\left(\frac{Nc}{ND}\right) = V_D + E_F \quad (4.10)$$

C^{-2}–V eğrilerinden yola çıkarak bulunan her bir sıcaklık değerine karşılık gelen V_o, N_D, E_F, Φ_B, değerleri Çizelge 4.1'de verildi. Çizelge 4.1'den de görülebileceği gibi elde edilen N_D değerlerinin artan frekansla birlikte azalırken V_o, Φ_B, W_D ve E_F değerleri frekansın artmasıyla birlikte artış göstermektedir.

(kHz)	**V_o (eV)**	**N_D (cm^{-3})**	**E_F (eV)**	**W_D (cm)**	**Φ_B(C-V) (eV)**
1	0.358	$1.58x10^{15}$	0.241	$5.67x10^{-5}$	0.624
10	0.404	$1.53\ x10^{15}$	0.242	$5.87x10^{-5}$	0.670
100	0.465	$1.29\ x10^{15}$	0.246	$6.86x10^{-5}$	0.736
500	0.495	$1.20\ x10^{15}$	0.248	$7.34\ x10^{-5}$	0.768

Çizelge 4.1 Au/(PVP)/n-Si Schottky diyodun farklı frekanslar için oda sıcaklığındaki bulunan Vo, N_D, E_F, W_d ve (Φ_B (*C-V*) değerleri.

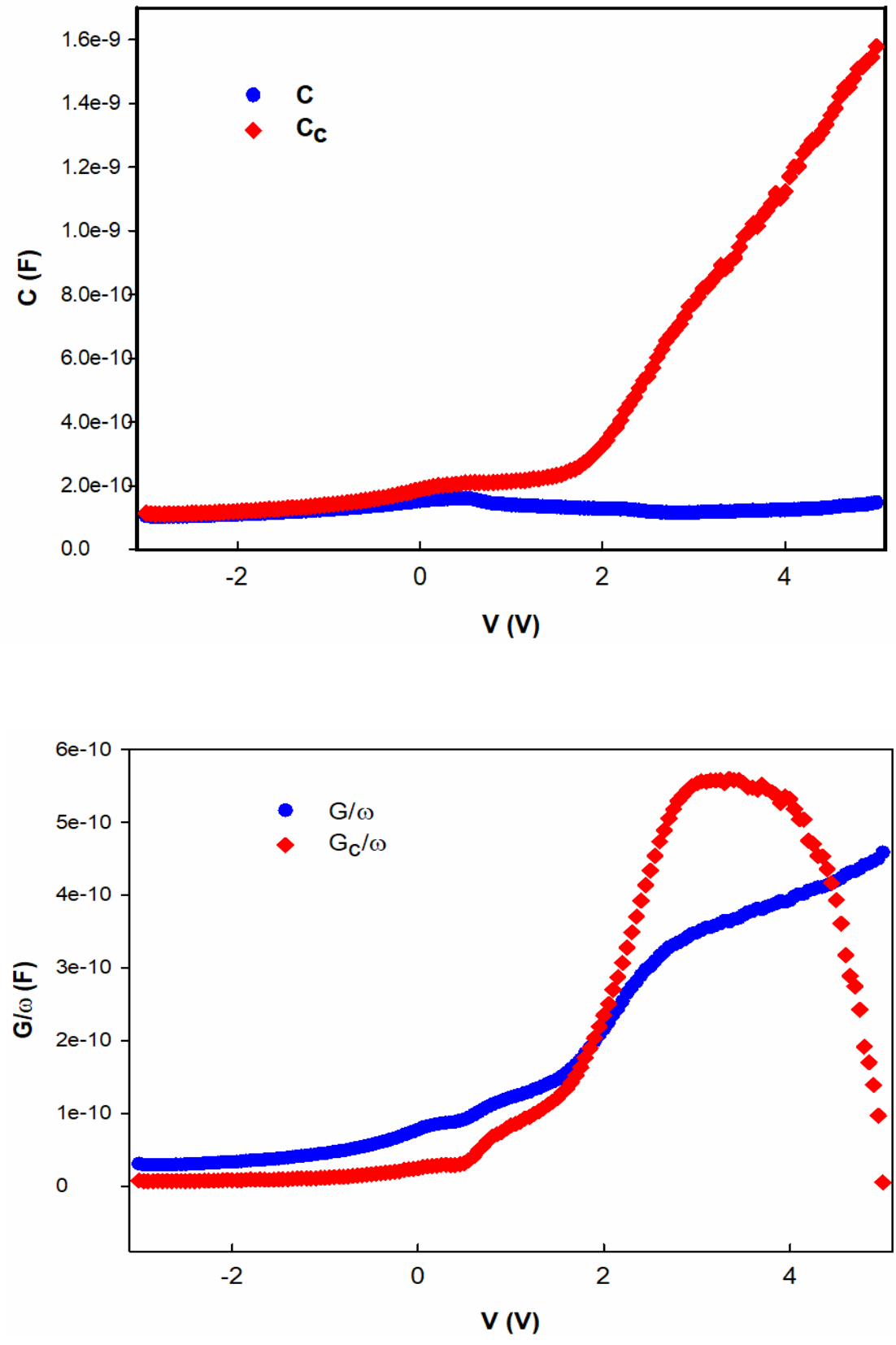
Şekil 4.7'de ters ve ileri gerilimli C-V ve G/-V karakteristikleri frekansa ve voltaja bağlıdır. Yapının seri direncinin, kapasitans ve kondüktans değerleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla düzeltilmiş C_c ve G_c/ω karakteristikleri elde edildi. C_c ve G_c/ω karakteristikleri Şekil 4.7'de verilmiştir. C ve G/ω eğrilerinin düzeltilmesi Denklem (4.11), (4.12) ve (4.13) kullanılarak yapılabilmektedir (Sze et al. 2010).

$$C_c = \frac{\lfloor G_m^2+\omega^2 C_m^2 \rfloor C_m}{a^2+\omega^2 C_m^2} \quad (4.11)$$

$$G_c = \frac{\lfloor G_m^2+\omega^2 C_m^2 \rfloor a}{a^2+\omega^2 C_m^2} \quad (4.12)$$

Burada

$$a = G_m - (G_m^2 + \omega^2 C_m^2) R_s \quad (4.13)$$



Şekil 4.7 Au/PVP/n-Si yapısının düzeltilmiş C_c ve G_c/ω karakteristiklerinin gerilime bağlı grafikleri.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması elektriksel karakteristikler üzerine PVP arayüzey tabakasının etkilerinin incelenmesi ve araştırılması ile ilgilidir. Araştırma üç kısma ayrılabilir: (1) Au/ PVP/n-Si (MPS) yapının hazırlaması. (2) Oda sıcaklığında Au/PVP/n-Si (MPS) yapılarının farklı frekanslarda temel elektrik parametrelerinin C-V ve G/ω-V ölçümlerinden belirlenmesi. (3) Au/PVP/n-Si(MPS) yapısının oda sıcaklığında ve voltaj (-3 V ile 5 V) aralıklarında temel elektrik parametrelerinin I-V ölçümlerinden belirlenmesidir. Bunun amaçla öncelikle Au/PVP/n-Si(MPS) yapıları üretilmiştir. Daha sonra bu yapıların temel elektrik parametreleri, oda sıcaklığındaki doğru ve ters beslem I-V, C-V ve G/ω-V ölçümlerinden faydalanılarak elde edildi. Elde edilen deneysel sonuçlar, bu parametrelerin frekans ve voltaja oldukça bağlı olduğunu gösterdi. Hem C hem de G/ω değerleri frekansın artmasıyla azalmıştır. Bu sonuç, arayüzey durumlarının yüksek frekanslarda ac sinyalini yeterince takip edememesinden kaynaklanmaktadır. Ters beslem C^{-2}-V karakteristiğinden; V_D, E_F, N_D, W_D ve engel Φ_B(C-V) gibi temel elektriksel parametreler frekansa bağlı elde edildi. Ölçülen I-V verilerinden elde edilen engel yüksekliği (Φ_B(I-V) =Φ_{Bo}) değeri Φ_B(C-V) değerinden düşük elde edildi. Bu sonuç ise ölçümün doğasına ve engelin voltaja bağlı değişiminden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, Φ_B(C-V) değerinin artan frekansla azalmakta olduğu gözlendi ve bu sonuç da düşük frekanslarda arayüzey durumlarının daha rahatlıkla ac sinyalini takip edebilmesinden kaynaklanmaktadır. Au/PVP/n-Si(MPS) yapılarda R_s değerleri Nicollian-Brews metotları kullanılarak voltaja bağlı dağılım grafiği elde edildi.

Engel yüksekliği ve idealite faktörünün voltaj bağılı olduğu dikkate alınarak hazırlanan MPS yapı için, N_{ss} değerlerinin enerjiye (E_c-E_{ss}) bağlı dağılım profili elde edildi ve elde yaklaşık $10^{13}eV^{-1}.cm^{-2}$ değerleri bir MPS yapı için uygun değerlerdir. N_{ss} değerlerinin voltaja bağlı dağılım profili de düşük-yüksek (1 kHz-500 kHz) frekans C-V ölçümlerinden elde edildi ve bunlarda yaklaşık10^{12} mertebesinde bulundu. Bu fark, I-V ölçümlerinden R_s etkisinin burada ihmal edilmemesinden kaynaklanmaktadır. Elde edilen bu deneysel sonuçlar N_{ss}, R_s ve arayüzey tabakasının MPS yapılarının elektriksel özellikleri üzerinde çok etkili olduğunu göstermektedir. N_{ss} değerleri ve polarizasyon özellikle tüketim bölgesinde baskınken R_s ve arayüzey tabakasının ise özellikle birikim

bölgesinde baskın olduğu görüldü. Au/PVP/n-Si yapı için, doğru beslem Ln(I)-V grafiğinin lineer kısmının kesişme noktası (V=0' da) ve eğiminden faydalanılarak I_o, n, Φ_{B0} değerleri ve yeterince ileri pozitif ve negatif voltajlardan ise R_s ile R_{sh} değerli Ohm yasasından faydalanılarak hesaplandı. İdealite faktörünün idealden büyük çıkması (n>1), arayüzey tabakasının, engel homojensizliğine ve arayüzey durumlarının varlığına atfedildi. Sonuç olarak, MPS yapı için elde edilen tüm bu deneysel sonuçların mevcut literatür ile oldukça uyumlu olduğu gözlendi. Ancak hesaplamalarda özelikle Rs, N_{ss} ve arayüzey tabakanın varlığı mutlaka dikkate alınmalıdır. Bu deneysel ölçümlerden elde edilen diğer bir önemli sonuç ise, PVP polimer arayüzey tabakanın geleneksel yalıtkan/oksit tabaka yerine başarıyla uygulanabileceğini göstermiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında, bundan sonra bu ve benzeri konularda yapılacak çalışmalar için aşağıdaki önerilerin dikkate alınmasında yarar vardır:

1. Çalışılacak voltaj, frekans ve sıcaklık aralığının geniş tutulması elde edilen sonuçların doğruluğunu ve güvenirliğini artırır.
2. PVP veya benzeri polimerlerin farklı oranlarda katkılanarak maksimum performansın sağlandığı oran tespit edilmelidir.
3. Hazırlanan MPS yapılar önce MS yapılarla kıyaslanıp performansı artırıp-artırmadığı test edilmelidir.
4. Ölçümlerin doğruluğu ve tekrarlanabilirliğinden emin olunmalı ya da mutlaka test edilmelidir.
5. Arayüzey malzemesi seçiminde yalıtkan özellik gösteren polimerlerin yerine, yarıiletken özellik sergileyebilen malzemelerin tercih edilmesine yönelik çalışmalar cihaz çeşitliliğinin artması ve literatüre katkı sağlaması açısından önemlidir.
6. Üretilen MPS yapıların hazırlanmasında deneysel ortamların ve şartların iyileştirilmesi istenilen sonuca ulaşılabilmesi açısından önem arz etmektedir. Düşük basınçlı (yüksek vakum), kimyasal safsızlık ve ortam kirliliklerinin minimum olduğu bir deney ortamı sağlıklı bir cihaz üretimine imkân sağlayacaktır. Ortamın tüm dış etkilerden izole edilmiş olması ölçümün doğruluğunu artıracaktır. Bu yüzden hem üretim sürecinde hem de ölçüm sürecinde deneysel ortam büyük öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

Alialy S, Altindal Ş, Tanrikulu E. E, and Yildiz D. E, 2014 "Analysis of temperature dependent current-conduction mechanisms in Au/TiO_2/n-4H-SiC (metal/insulator/semiconductor) type Schottky barrier diodes," J. Appl. Phys.,vol. 116, no. 8, pp. 0–9.

[a]Alptekin S, Tataroğlu A, Altındal Ş, 2019 "Dielectric, modulus and conductivity studies of Au/PVP/n-Si (MPS) structure in the wide range of frequency and voltage at room temperature"Journal of Materials Science: Materials in Electronics, Volume 30 pp 6853–6859.

[b]Alptekin S, Altındal Ş, 2019 "A comparative study on current/capacitance: voltage characteristics of Au/n-Si (MS) structures with and without PVP interlayer "Journal of Materials Science: Materials in Electronics, Volume 30 pp 6491–6499.

Altındal Yerişkin S, Ünal H İ, and Sarı B, 2011 "Electrical and dielectric characteristics of Al/polyindole Schottky barrier diodes. II. Frequency dependence," J. Appl. Polym. Sci.,vol. 120, pp. 390–396.

Baraz et al., 2017 "Electric and Dielectric Properties of Au/ZnS-PVA/n-Si (MPS) Structures in the Frequency Range of 10–200 kHz," J. Electron. Mater.,vol. 46, no. 7, pp. 4276–4286.

Baraz N, 2018 "Al/(ZnS-PVA)/ p-Si (MPS)Yapılarının hazırlanması ve Elektriksel ile Dielektrik Özelliklerinin Geniş Frekens ve Sıcaklık aralığında İncelenmesi," Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.

Baraz N, Yücedağ İ, Azizian-Kalandaragh Y, and Altındal Ş, 2017 "Determining electrical and dielectric parameters of dependence as function of frequencies in Al/ZnS-PVA/p-Si (MPS) structures," J. Mater. Sci. Mater. Electron.,vol. 28, no. 2, pp. 1315–1321.

Card H C, Rhoderick E H, 1971 “Studies of tunnel MOS diodes I. Interface effects in silicon Schottky diodes,” J. Phys. D. Appl. Phys.,vol. 4, no. 10, pp. 1589–1601.

Colince J.-P and. Colince C. A, 2006 ‘Physics of Semiconductor devices.New York, USA.

Crowelland S, Sze M, 1966 “Current transport in metal-semiconductor barriers,” Solid. State. Electron.,vol. 9, pp. 1035–1048

Demirezenand S, Altındal Ş, 2010. “On the temperature dependent profile of interface states and series resistance characteristics in (Ni/Au)/ $Al_{0.22}$ $Ga_{0.78}$ N/AlN/GaN hetero structures,” Phys. B Condens. Matter, vol. 405, no. 4, pp. 1130–1138.

Donald A. N. 2011 Semiconductor Physicsand Devices: Basic Principles, 4th ed. Univercity of New Mexico, United States: McGraw-Hill.

Dökme İ, Altindal Ş, Tunç T, and Uslu I, 2010 “Temperature dependent electrical and dielectric properties of Au/polyvinyl alcohol (Ni, Zn-doped)/n-Si Schottkydiodes,” Microelectron. Reliab.,vol. 50, no. 1, pp. 39–44.

Ersöz Demir G, Yücedağ İ, Azizian-Kalandaragh Y, and Altındal Ş, 2018 “Temperature and Interfacial Layer Effects on the Electrical and Dielectric Properties of Al/(CdS-PVA)/p-Si (MPS) Structures,” J. Electron. Mater.,vol. 47, no. 11, pp. 6600–6606.

Ersöz G, Yücedağ I, Azizian-Kalandaragh Y, Orak I, and. Altindal Ş, 2016 “Investigation of Electrical Characteristics in Al/CdS-PVA/p-Si (MPS) Structures Using Impedance Spectroscopy Method,” IEEE Trans. Electron Devices, vol. 63, no. 7, pp. 2948–2955.

Ersöz G, 2015 “Organik Arayüzeyli Schottky Diyotların Hazırlanması, Elektriksel ve Dielektrik Özelliklerinin Geniş Bir Frekans Aralığında İncelenmesi,” Düzce Üniversitesi.

Gökçen M and. Tunç T, 2013 “Enhancement of Dielectric Characteristics of Polyvinyl Alcohol (PVA) Interfacial Layer in Au/PVA/n-Si Structures by Bi_2O_3 Disperse,” Int. J. Appl. Ceram. Technol.,vol. 10, pp. E64–E69.

Gunaydin A.. Ersöz Demir G, Yücedağ İ, and. Çoşut B, 2018 “The Preparation of Transparent Organic Field Effect Transistor Using a Novel EDOT Functional Styrene Copolymer Insulator With a PEDOT : PSS Gate Electrode,” Macromol. Res.,vol. 26, no. 2, pp. 164–172.

Gümüş A, Ersöz G, Yücedağ İ, Bayrakdar S, and Altindal Ş, 2015 “Comparative study of the temperature-dependent dielectric properties of Au/PPy/n-Si (MPS)-type chottky barrier diodes,” J. Korean Phys. Soc.,vol. 67, no. 5, pp. 889–895.

Kako, 1996 “Photoluminescence Intensity,” vol. 87, pp. 87–92.

Kaufmann I.R, Pick A. C, Pereira M. B and Boudinov H I, 2018 “Characterization of a SiC MIS Schottky diode as RBS particle detector,” J. Instrum.,vol. 13, no. 2.

Kaya A, 2013 “Metal-Polimer-Yarıiletken (MPS) Yapılarının Elektrik ve Dielektrik Özelliklerinin Geniş Frekens aralığında İncelenmesi,” Gazi Üniversitesi.

Li Y, 1960 Organic Optoelectronic Materials. USA, New York: Springer.

Maheshwari P, 2007, Electronic Components & Processes. New Age International Publishers: New Delhi, India,.

Matsuura H, Nishino S, and Matsunami H, 1981 “Surface Band Bending Effects on Photoluminescence Intensity in n-InP Schottky and MIS Diodes Fundamental Properties of MIS Solar Cells Using Mg-p Si System,” Japanese J. Appl. Phys. Koushi Ando al Jpn. J. Appl. Phys, vol. 20.

Mott N. F, 1938 “Note on the contact between a metal and an insulator or semi-conductor,” Math. Proc. Cambridge Philos. Soc.,vol. 34, no. 04, p. 568.

Mönch W, 1990 “On the Physics of Metal-Semiconductor Interfaces,” Reports Prog. Phys.,vol. 53, pp. 221–278.

Nicollianand H, Brews J. R, 1982 .MOS (Metal Oxide Semiconductor) Physics and Technology. New York, USA: Wiley.

Pickard G. W, “Means forreceiving intelligence communicated by electric waves,” 836531.

Qasrawi A F, 2006 “Fabrication and characterization of TO/GaSe/(Ag, Au) Schottky diodes,” Semicond. Sci. Technol.,vol. 21, no. 6, pp. 794–798.

Reddy D. S.,Reddy M. B., Reddy N. N. K., and Reddy V. R., 2011 “Schottky Barrier Parameters of Pd/Ti Contacts on N-Type InP Revealed from I-V-T And C-V-T Measurements,” J. Mod. Phys.,vol. 02, no. 03, pp. 113–123,

Rhoderickand H, Williams R. H, 1988 “Metal-Semiconductor Contacts,” pp. 1–252.

Sahay P P and. Srivastava R S, 1990 “Characterization of interface states at Ni/n- Si Schottky barriers from I – V characteristics,” Cryst. Res. Technol.,vol. 25, no. 12, pp. 1461–1467.

Schottky W, 1938 “Halbleitertheorie der Sperrschicht,” Naturwissenschaften, vol. 26, pp. 843–870.

Sharma L, 1984 “Physics of Schottky Barrier Junctions,” Metal-Semiconductor Contacts Schottky Barrier Junctions and Their applications. New York, USA: Springer.

Sharmaand S. Tripathi K, 2016 “Frequency and voltage dependence of admittance characteristics of Al/Al<inf>2</inf>O<inf>3</inf>/PVA:n-ZnSe Schottky barrier diodes,” Mater. Sci. Semicond. Process.,vol. 41, pp. 155–161.

Sze M and. Ng KK, 2006 Physics of Semiconductor Devices,3 rd ed. California, USA.

Tecimer H, Türüt A, Uslu H, Altindal Ş and. Uslu I, 2013 “Temperature dependent current-transport mechanism in Au/(Zn-doped)PVA/n- GaAs Schottky barrier diodes (SBDs),” Sensors Actuators, A Phys.,vol. 199, pp. 194–20.

Tunç T, Uslu İ, and Dökme İ B, 2010 “International Journal of Polymeric Frequency and Temperature Dependence of Dielectric Properties of Au / Polyvinyl Alcohol (Co, Ni-Doped)/ n-Si Schottky Diodes,” no. February 2012, pp. 37–41.

Ukah B. et al, 2011 “Low-operating voltage and stable organic field-effect transistors with poly (methylmethacrylate) gate dielectric solution deposited from a high dipole moment solvent Low-operating voltage and stable organic field-effect transistors with poly methyl m,” vol. 99, no. 24, p. 243302.

Uslu H, 2010 “Au/(Co, Zn-Katkılı) Polivinil Alkol/n-Si schottky engel diyotlarının hazırlanması ve elektriksel özelliklerinin aydınlatma şiddetine bağlı incelenmesi,” Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Turkiye.

Wernerand H, Güttler H. H, 1991 “Barrier inhomogeneities at Schottkycontacts,” J. Appl. Phys.,vol. 69, no. 3, pp. 1522–1533.

Yücedağ İ, 2007 “Metal-Yalıtkan-Yarıiletken (MIS) Yapılarda Elektrik ve Dielektrik Özelliklerinin Sıcaklık ve Frekansa Bağlı İncelenmesi,” Gazi Üniversitesi.

Yücedağ İ, Kaya A, Altindal Ş, and Uslu İ, 2014 “Electrical and dielectric properties and intersection behavior of G/ω-V plotsfor Al/Co-PVA/p-Si (MPS) structures at temperatures below roomt emperature,” J. KoreanPhys. Soc.,vol. 65, no. 12, pp. 2082–2089.

Yücedağ İ,. Kaya A,. Tecimer H, and Altindal Ş, 2014 “Temperature and voltage dependences of dielectric properties and ecelectrical conductivity in Au/PVC+TCNQ/p-Si structures,” Mater. Sci. Semicond. Process.,vol. 28, pp. 37–42.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Aycan GÜMÜŞ

Doğum Yeri :Hatay

Doğum Tarihi :30.12.1992

Medeni Hali :Bekar

Yabancı Dili :İngilizce

Adres : Tavla mah. Aydınlar cad. no:32 Defne/HATAY

Tel :05393728288

E-posta :aycangumus.g@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise: Nimet Fahri Öksüz Lisesi 2010

Yüksek Lisans: Cumhuriyet Üniversitesi 2014

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

1-BEKEM Etüt Merkezi (kurum müdürlüğü) 2015-2016

2-BİRİM Kişisel Gelişim Kursu (kurum müdürlüğü) 2016-2018

3-Özel Hatay Güneş Koleji (Fen Bilgisi Öğretmenliği) 2018-

Yayınları:

A. Gümüş, S Alptekin " The Fabrication Of Au/n-Si (MS) Structures With A Thin Organic Layer And Investigation Teir Electrical Parameters As Function Frequency And Voltage**" 6Th International Multidisciplinary StudiesCongressGaziantep, 2019. (Poster Sunumu)**

EKLER

ÇANKIRI KARATEKİN UNIVERSITY

Multicongress 2019 Gaziantep Hasan Kalyoncu University

THE FABRICATION OF Au/n-S (MS) STRUCTURES WITH A THIN ORGANIC LAYER AND INVESTIGATION THEIR ELECTRICAL PARAMETERS AS FUNCTION FREQUENCY AND VOLTAGE

Aycan GÜMÜŞ, Assoc.Prof..Dr.Sebahaddin ALPTEKİN

Depratment of Physics, Faculty of Sciences, Çankırı Karatekin University, Çankırı,Turkey

Abstract

Main electrical parameters of the fabricated Au/PVP/n-S (MPS) structure have been investigated by using current-voltage (I-V) and impedance-voltage (Z-V) measurements at room temperature. The values of diffusion potential (V_D), doping donor atoms (N_D), fermi energy level (E_F), and barrier height Φ_B(C-V) were extracted from the linear parts of reverse bias C^{-2} vs V plots for 1, 10, 100, and 500 kHz. All these parameters were found strong function of frequency. The value of Φ_B(C-V) increases with increasing frequency. The higher value of C and G/w at low frequencies was attributed the existence of surface states (N_{ss}) and their relaxation times. This is because of the N_{ss} and dipoles have enough time to follow external ac signal and can be turned around at low frequencies. The values of ideality factor and zero-bias barrier height (Φ_{Bo}) were also extracted from the forward bias semi-logarithmic I-V plot. Experimental results are indicated that the prepared PVP layer can be successfully instead of traditional insulator or oxide layer.

Introduction

Nowadays, organic and polymer materials have an important place in electronic and optical applications. The polymer layered materials have significant advantages such as lower molecular weight, ease of production, and lower cost compared to organic materials. Therefore, it is used as an interface between metal and semiconductor (M/S)structures with an intermediate layer such as oxides or polymers (MOS or MPS) have attracted attention in the optics and electronics applications due to their interesting properties such as very fast switching and very low forward-voltage drop [1-6]. Composition based on organic and inorganic structures have been studied as new composites to use in electronic and optoelectronic devices for example hybrid films of polymers and semiconductor nanostructures in Schottky structures [4]. Among many polymers, PVP has many advantages over conventional insulating layers such as low price material, low temperature production, low molecular weight, stability and simple insulation technique [4,5]. The reliability and efficiency of the MPS structure depends on various parameters such as frequency, temperature, transmission mechanism and the formation of barrier height (Φ_B) in the MS interface, taking into account the effects of the series resistance (Rs), interface layer, surface states. The barrier inhomogeneity of the layer and structure in the MS interface.

Computational method

Au/PVP/n-Si (MPS) stucture were grown on the n-Si wafer of 350 µm thick and 1-10Ω.cm, (100) orientation. In the first step, the wafer was cleaned with various solutions (in acid-deionized solutions) in the ultrasonic bath and dried with dry nitrogen. In the second step, it was grown to an unpolished back surface at 10^{-6} Torr with purity of Au (99.995%) in 1200 Å thickness. In order to provide a lower resistance ohmic contact, it was baked at 500 °C for 5 minutes. Finally, the prepared Polyvinylpyrrolidone (PVP) supplied from the Sigma-Aldrich was deposited on the frond of wafer by spin-coating technique which is Au rectifier contact as the 1200 thick thickness and 1mm diameter circular. Input spectroscopy measurements were made with HP 4192A LF impedance analyzer at room temperature.These measurements were done by using an IEEE-488 ac-dc converter card.

Results and Discussion

Main electrical parameters of the fabricated Au/PVP/n-Si(MPS) structure have been investigated by using current-voltage (I-V) and can be given at (Fig.1).The forward and reverse bias C-V and G-V measurement of the structure were performed at a frequency range of 1, 10, 100 and 500 kHz and applied voltage range of (-3V) –5V at room temperature (Fig2 and Fig3). As can be seen C-V plots (Fig. 5) which show two peaks in depletion and accumulation region at low frequencies but at high frequencies the first peak. The observed two peaks in the forward bias C-V plots is the result a particular density distribution of the surface states. The voltage-dependent profile of Rs is calculated from equation developed by Nicollian-Brews for all frequency values[7]. The real value of Rs is corresponding to the strong accumulation regions at 500 kHz frequence [2,3]. As shown in Fig. 4, the value of R_s is almost constant at the strong accumulation region at high frequencies which are corresponding the real value of the fabricated of (MPS) type structure. The reverse bias C^{-2}-V plots (Fig. 5) have a good linear behavior at selected frequency values. Thus, the main electrical parameters of the Au/n-Si/PVP/Au structure such as the N_D, Fermi levels (E_F), maximum electric field (E_m), depletion layer width (W_d), and $\Phi_{B(C-V)}$ can be extract from the C^{-2}-V plot for each frequency. The value of N_D was calculated from the slope of linear sections in these plots for each frequency and this allowed us to calculation of E_F value for the structures.

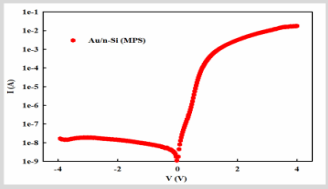


Fig.1 The Current-voltage (I-V) plot of Au/ PVP/ n-Si (MPS) Structure

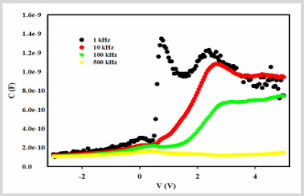


Fig. 2. The frequency dependent C-V plots of the Au/n-Si/PVP/Au structure.

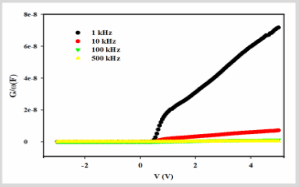


Fig. 3. The frequency dependent G/w-V plots of the Au/n-Si/PVP/Au structure.

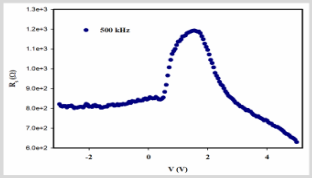


Fig. 4. The frequency dependent R_S-V plots of Au/n-Si/PVP/Au structure.

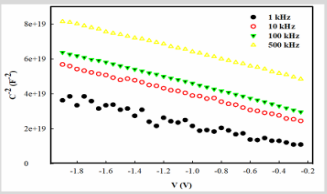


Fig.5. The frequency dependent C^{-2}-V plots of Au/n-Si/ PVP/Au structure

Conclusions

In this study, the prepared PVP solution was deposited on the Silicon wafers by using spin-coating method for fabrication of Au/n-Si/(PVP)/Au(MPS) type structure. The effect of the frequency on the basic electrical parameters of the produced metal-polymer-semiconductor (MPS) structure using current-voltage (I-V) capacitance-voltage (C-V) and conductivity-voltage (G/ω-V) methods was investigated frequencies 1,10,10 and 500 kHz and at room temperature. The higher value of C and G/ω at low frequencies was attributed the existence of surface states (Nss) and their relaxation times. The C-V plots have two maximum values in the depletion and accumulation regions due to the existence of the N_{ss} and R_s, respectively. In addition, the values of Φ_B and W_d were got from the reverse bias C^{-2} –V plots.

References

[1] N. Baraz, İ. Yücedağ, Y. Azizian-Kalandaragh, G. Ersöz, İ. Orak, Ş. Altındal, B. Akbari, H. Akbari, J. Electron. Mater. 46 (2017) 4276–4286
structures with and without PVP interlayer
[2] S Alptekin, Ş Altındal. Journal of Materials Science: Materials in Electronics (2019), 1-9
[3]S Alptekin, A Tataroğlu and Ş Altındal. Journal of Materials Science: Materials in Electronics (2019), 1-7
[4]V. Rajagopal Reddy, Indian J. Phys. 89 (2015) 463–469.
[5] S.M. Sze, K.K. Ng, Semiconductor Devices: Physics and Technology, 2006.
[6] B.L. Sharma, Metal-semiconductor Schottky barrier junction and their applications,One edition, Plenum Press, New York, 1984.
[7] E.H. Nicollian, MOS (metal oxide semiconductor) physics and technology, Wily-Interscience, 2002.