

Organik Arayüzey Tabakalı Al/CuPc /p-InP Kontaktların Fabrikasyonu Ve Elektriksel Parametrelerinin İncelenmesi

F. Aslan¹, Ö. Güllü^{1*}, Y. S. Ocak², Ş. Rüzgar^{1,3}, A. Tombak¹, C. Özaydın⁴, O.Pakma¹,
İ. Arsel¹

¹Batman Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Batman.

²Dicle Üniversitesi, Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Diyarbakır.

³Anadolu Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Eskişehir.

⁴Batman Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Batman.

* omergullu@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmada termal buharlaştırma metodu kullanılarak bakır fitalosiyenin (CuPc) p-InP kristali üzerine kaplandı. Yine termal buharlaştırma sistemi kullanılarak oluşan ince organik film üzerine vakum ortamında alüminyum metali kaplandı ve Al/CuPc/p-InP diyot yapısı oluşturuldu. Al/CuPc/p-InP diyotunun oda sıcaklığında, karanlık ve aydınlık ortamda akım-gerilim ($I-V$) ölçümleri alındı. $I-V$ grafiğinden bu yapının doğrultucu özellik gösterdiği görüldü. Aydınlık ortamda yapılan ölçümler 100 mW/cm^2 ışık şiddeti altında yapıldı ve bu ölçümler doğrultusunda diyotun fotodiyot özellik gösterdiği görüldü. Ayrıca farklı yöntemlerle Al/CuPc/p-InP Schottky diyotunun karakteristik parametreleri (idealite faktörü (n), engel yüksekliği (Φ_b) ve seri direnç (R_s)) hesaplandı.

Anahtar Kelimeler: Schottky Diyot, Bakır Fitalosiyenin, İdealite Faktörü, Engel Yüksekliği

Fabrication and Investigation of Electrical Parameters of Al/CuPc /p-InP Contacts with Organic Interlayer

ABSTRACT

In this study, copper phthalocyanine (CuPc) was coated on p-InP crystal by using thermal evaporation method. The Al/CuPc/p-InP diode was fabricated by evaporating aluminum metal on the organic thin film in vacuum atmosphere. The current-voltage ($I-V$) measurement was carried out for Al/CuPc/p-InP diode at room temperature, in the dark and under illumination. By using $I-V$ measurements, it has been seen that diode structure shows rectifying property. It has been used a light source of 100 mW/cm^2 intensity and found that the diode has photodiode properties. Furthermore, the electrical parameters (ideality factor (n), barrier height (Φ_b) and series resistance (R_s)) of the Al/CuPc/p-InP Schottky diode were calculated by different methods.

Keywords: Schottky Diodes, Copper Phthalocyanine, Ideality Factor, Barrier Height

1. GİRİŞ

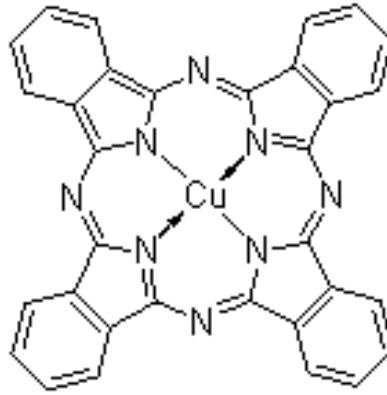
Çeşitli yarıiletken elemanlarından üretilen metal-yarıiletken (MS) yapıların araştırılmasıyla ilgili çalışmalar uzun süredir devam etmektedir. Bazı araştırmalar, yeni yarıiletken malzemelerin hazırlanması yönünde yapılırken, bazı araştırmalar da, bu yarıiletkenlerin elektronik özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerden faydalanılarak yeni metal-yarıiletken devre elemanları geliştirmesini amaçlamaktadır. Bu devre elemanları kullanılarak, lazer yazıcılar, fotokopi makineleri, gaz sensörleri, optik bilgi sistemleri (CD-ROM, DVD), güneş pilleri, LED uygulamaları ve nükleer santrallerde kontrol sistemleri gibi pek çok teknolojik aygıtlar geliştirilmiştir [1,2].

Schottky diyotların elektriksel özellikleri çoğunlukla onların ara yüzey özellikleri ile belirlenir. Özel üretilmedikleri müddetçe metal-yarıiletken ara yüzeyinde oksit tabaka oluşur. Bu tabaka Schottky kontakları metal-yalıtkan-yarıiletken (MIS) yapıya çevirir ve diyot karakteristiğine kuvvetli etkisi vardır [3].

Son zamanlarda, organik yarıiletkenler kullanılarak Schottky diyotların üretimi ve karakterizasyonu önemli derecede ilgi görmektedir. Organik yarıiletkenler, elektronik malzemelerde aktif bileşenler olarak kullanılabilir ve bu malzemeler, kolay üretilebilirliği, düşük maliyet ve geniş alan malzeme karakterizasyonundan dolayı farklı avantajlara sahiptirler. Schottky diyotunun performansı, bir metal-organik yarıiletken ekleminin elektriksel ve elektronik karakteristiklerine bağlıdır. Sonuçta, metal ve organik yarıiletkenler arasındaki ara yüzey elektronik özelliklerinin anlaşılması, malzeme uygulamaları için önemlidir. Çoğu organik yarıiletken malzemeler, p-tipi elektriksel iletkenliğe sahiptirler. Metal yarıiletken eklemlerin ara yüzey özellikleri, malzemenin verimliliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir [4].

Fitalosiyanimler organik malzeme sınıfına girmektedir. Fitalosiyanimlerin birçoğunun rengi kimyasal ve kristal yapısına göre çeşitlilik gösterir. Örneğin Bakır fitalosiyaniminin rengi, yüzeydeki süstitüye klor atomlarının sayısının artmasıyla maviden yeşile kayar [5]. Monastral Blue (Manastır Mavisi) ticari adıyla bakır fitalosiyanim ilk kez 1935 yılında endüstriyel olarak üretilmeye başlanmıştır [6]. Mükemmel mavi ve yeşil boyar maddeler olarak fitalosiyanimler tekstil dışında dolmakalem mürekkeplerinde, plastik ve metal yüzeylerinin renklendirilmesinde, fotokopi makinelerinde fotoiletken eleman,

tıpta, kanserin fotodinamik terapisi ve diğer tıbbi uygulamalar, laser boya ları, kükürtlü gaz atıkların ı kontrol etmede, doymuş hidrokarbonları düşük sıcaklıkta yükseltgemed e ve benzinin oktan sayısını artırmada katalizör olarak uygulamaları vardır. Ayrıca elektrokromik görüntü cihazlarında, bilgisayar optik okunan-yazılan diskler ve ilgili veri depolama sistemlerinde, sıvı kristal renkli ekran uygulamalarında ve fotovoltaik hücre elemanları gibi birçok kullanım alanı mevcuttur. Bugün endüstrinin gittikçe artan ihtiyaçlarını karşılamak üzere mavi ve yeşil boya r madde olarak yılda binlerce ton fitalosiyenin üretilmektedir [7].



Şekil 1. Bakır fitalosiyenin'in kimyasal bileşik yapısı

Bu çalışmanın amacı, π -bağları açısından zengin ve güneş ışığına karşı duyarlı olan ve Şekil 1'de yapısı gösterilen bakır fitalosiyenin (CuPc) organik bileşimini kullanarak Al/CuPc/p-InP Schottky diyotunu oluşturmak ve oluşturulan Al/CuPc/p-InP diyotunun karakteristik parametrelerini oda sıcaklığında, karanlık ve aydınlık ortamda belirlemektir. Ayrıca Al/p-InP referans yapı ile kıyaslaması yapılacaktır. Bununla beraber bu çalışmada Norde ve Cheung fonksiyonları yardımıyla Al/CuPc/p-InP Schottky diyotunun karakteristik parametreleri (idealite faktörü (n), engel yüksekliği (Φ_b) ve seri direnç (R_s)) hesaplanacaktır.

2. DENEYSEL İŞLEMLER

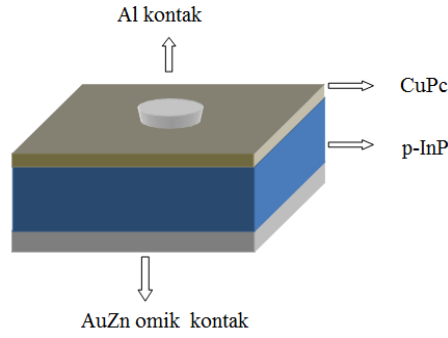
Bu çalışmada (1 0 0) doğrultusunda büyütülmüş $1-5 \times 10^{-17} \text{ cm}^{-3}$ taşıyıcı yük yoğunluğuna sahip p tipi InP kristali kullanılmıştır. Diyot yapımında güvenilir sonuç alabilmek için, kristalin organik ve mekanik kirlerden arındırılması son derece büyük önem taşır. Kristali kimyasal olarak temizlemek için aşağıdaki işlemler uygulanmıştır:

- a) Trikloretilende ultrasonik olarak 5 dakika kaynatıldı.
- b) Asetonda ultrasonik olarak 10 dakika yıkandı.
- c) Metanolda ultrasonik olarak 10 dakika yıkandı.
- d) $\text{H}_2\text{SO}_4: \text{H}_2\text{O}_2: \text{H}_2\text{O}$ (3:1:1) solüsyonunda 60 saniye bekletildi.
- e) HF % 49: H_2O (1:1) solüsyonunda 60 saniye bekletildi.

Tüm aşamalardan sonra numune deiyonize suyla durulandı ve azot (N_2) gazı ile kurutuldu.

Daha sonra, kristalin mat yüzeyine Au:Zn (%90-%10) alaşımından omik kontak yapıldı. Bunun için ısıtıcı pota önce % 10 seyreltik HCl çözeltisi ile sonrasında deiyonize su ile iyice yıkandı ve temizlenip azot gazı ile kurutuldu. Daha sonra vakum buharlaştırma cihazına yerleştirilerek yakıldı. Kimyasal olarak temizlenen ve omik kontak yapımı için kullanılacak olan Au:Zn alaşımı ısıtıcının üzerine bırakıldıktan sonra yarıiletken numune, vakum cihazındaki yerine mat yüzeyi yukarıda kalacak şekilde yerleştirildi. Yarıiletken numune 5×10^{-6} torr basınçta vakuma alınarak mat yüzeyine metal alaşım buharlaştırıldı. Vakum ortamından alınan yarıiletken numune azot ortamında 425°C ' de 3 dakika tavlansın omik kontak yapımı tamamlanmış oldu.

Omik kontaktların oluşturulmasından sonra yarıiletken iki parçaya ayrıldı. Muhtemel oksitlenmeye karşı bu iki parça, önce seyreltik HF: H_2O (1:10) çözeltisi ile numunenin parlak olan ön tarafı temizlendi. 18 M Ω dirençli deionize suda yıkandı ve azot ortamında kurutuldu. Organik film oluşturmak için temizlenen numune parlak yüzeyi üstte kalacak şekilde vakum cihazındaki yerine yerleştirildi. Yarıiletken numune 10^{-6} torr basınçta vakuma alınarak parlak yüzeyine bakır fitalosiyanın (CuPc) maddesi buharlaştırıldı. Elde edilen organik CuPc/p-InP yapı doğrultucu kontak oluşturmak için tekrardan vakum cihazına yerleştirildi. Diyotumuzun bakır fitalosiyanın (CuPc) maddesinin kaplı olduğu yüzeyin üzerine 10^{-6} torr basınç altında alüminyum (Al) metali buharlaştırılarak Al/CuPc/p-InP/AuZn yapısı elde edildi.



Şekil 2. Al/CuPc/p-InP/AuZn diyotunun şematik gösterimi

Diyotun akım-gerilim (I - V) ölçümleri, Keithley 2400 cihazı ile yapıldı. Aydınlık ortamında yapılan ölçümlerde güneş simülatörü kullanıldı.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Schottky Diyotlarda Akım-Gerilim Ölçümlerinin analizi

Belirli bir V potansiyeli altında tutulan bir diyottan geçen akım,

$$I = I_0 \exp\left(\left(\frac{eV}{nkT}\right) - 1\right) \quad (1)$$

ifadesi ile verilmektedir [8]. Bu ifadede $eV \gg nkT$ olması durumunda 1 terimi, üstel terim yanında ihmal edilebilir. Denklemin yeni hali,

$$I = I_0 \exp\left(\left(\frac{eV}{nkT}\right)\right) \quad (2)$$

şeklindedir. (2) ifadesinin her iki tarafının tabii logaritması alınıp, sonra da V 'ye göre türevi alınırsa idealite faktörü için,

$$n = \frac{e}{kT} \frac{dV}{d \ln(I)} \quad (3)$$

ifadesi elde edilir. Burada e elektron yükü ($1,6 \times 10^{-19}$ C), k Boltzmann sabiti ($8,625 \times 10^{-5}$ eV/K) ve T sıcaklıktır. $\ln I$ - V grafiği çizildiğinde, grafiğin düz beslem tarafındaki lineer

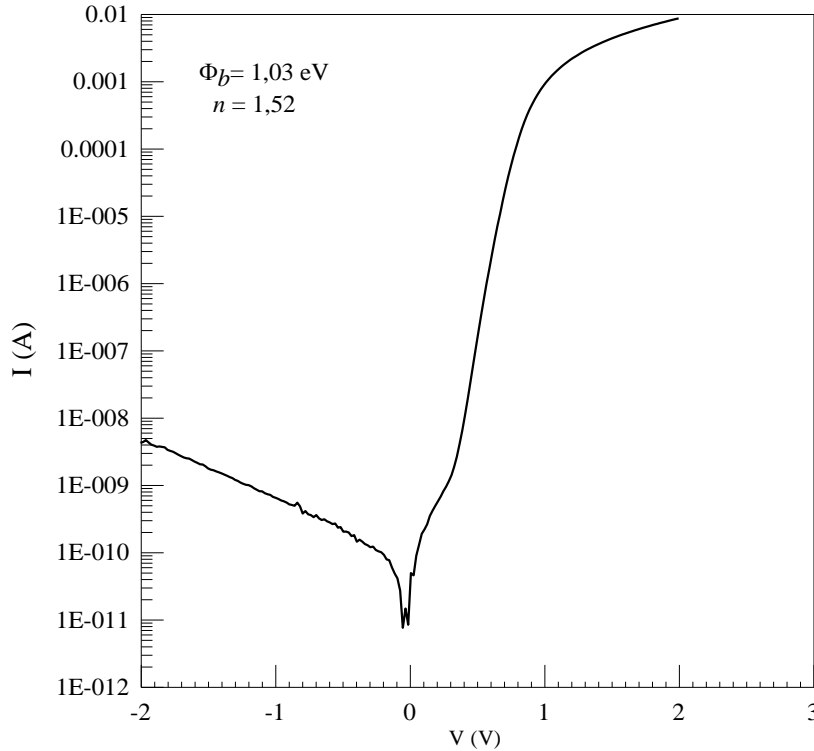
kısmına bir doğru fit edilerek bu doğrunun eğiminden $dV/d(\ln I)$ elde edilir. Bu değerle birlikte yukarıdaki sabitler de (3) ifadesinde yerine yazılarak idealite faktörü değerleri diyotlar için hesaplanabilir. Fit edilen doğrunun $V=0$ 'da düşey eksenini kestiği noktadan I_0 ters beslem doyma akımı elde edilir. Denklem (2)'deki I_0 doyma akımı,

$$I_0 = AA^*T^2 \exp\left(-\frac{e\Phi_b}{kT}\right) \quad (4)$$

şeklinde ifade edilebilir. Bu eşitliğin her iki tarafının tabii logaritması alınıp Φ_b 'ye göre çözümlerse denklem (5) ile verilen engel yüksekliği

$$\Phi_b = \frac{kT}{e} \ln\left(\frac{AA^*T^2}{I_0}\right) \quad (5)$$

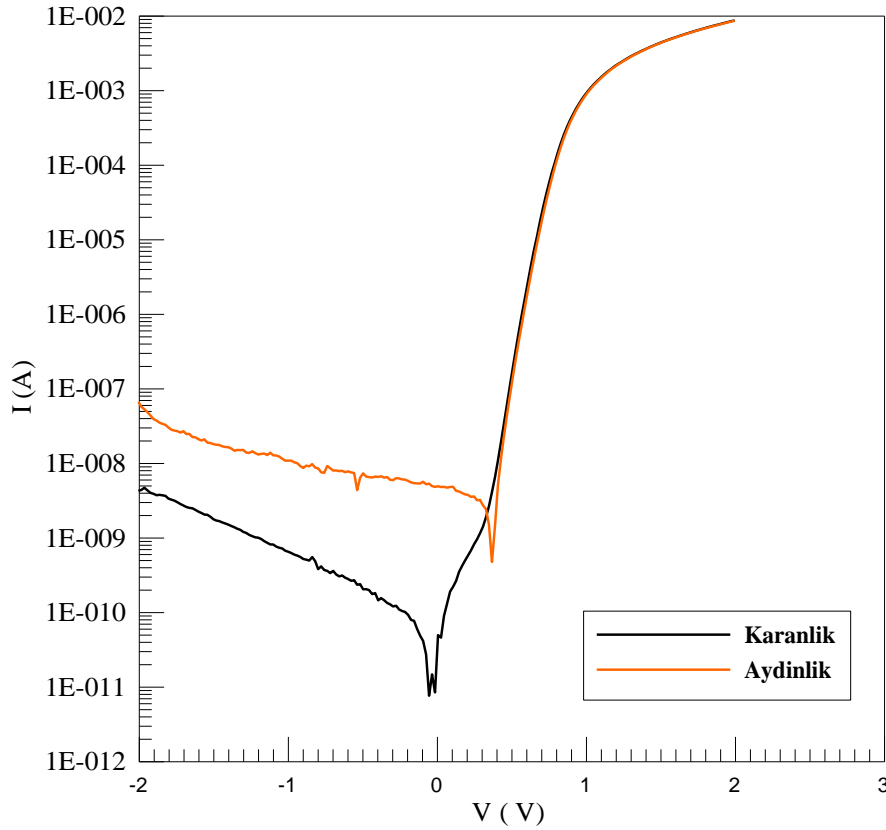
İfadesi elde edilir. Burada A ; diyotun alanı ($A=1,767 \text{ cm}^2$), A^* Richardson sabiti (p-InP için $A^*=60 \text{ A/K}^2\text{cm}^2$), k Boltzman sabiti ($k=8,625 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$), T Kelvin cinsinden numunenin sıcaklığıdır. Doyma akım yoğunluğu ve Schottky engel yüksekliği sırasıyla denklem (4) ve (5) eşitlikleri ile hesaplanabilir. Yapılan hesaplamalar sonucunda diyotumuzun engel yüksekliği 1,03 eV, idealite faktörü 1,52 olarak bulundu.



Şekil 3. Al/CuPc/p-InP/Au-Zn diyotunun karanlık ortamda $I-V$ grafiği

3.2. Diyotların Fotoelektriksel Özelliklerinin İncelenmesi

Al/CuPc/p-InP/AuZn diyotunun aydınlık ortamdaki $I-V$ ölçümleri AM1,5 global filtreye sahip güneş simülatörü altında $-0,5$ V' da 100 mW/cm^2 ışık kullanılarak gerçekleştirildi. Bu ölçümler doğrultusunda diyotun fotodiyot özellik gösterdiği görüldü. Diyotumuzun açık devre voltajı $V_{oc}=0,37$ V ve kısa devre akımı $I_{sc}= 0,018$ μA olarak hesaplanmıştır. Şekil 4 bu ölçümlere ait karanlık ve aydınlık ortam kıyaslamalı $I-V$ grafiğini göstermektedir.



Şekil 4. Al/CuPc/p-InP/Au-Zn diyotunun karanlık ve aydınlık ortamda $lnI-V$ grafiği

3.3. Norde Fonksiyonu Yardımıyla Engel Yüksekliği ve Seri Direnç Değerlerinin Bulunması

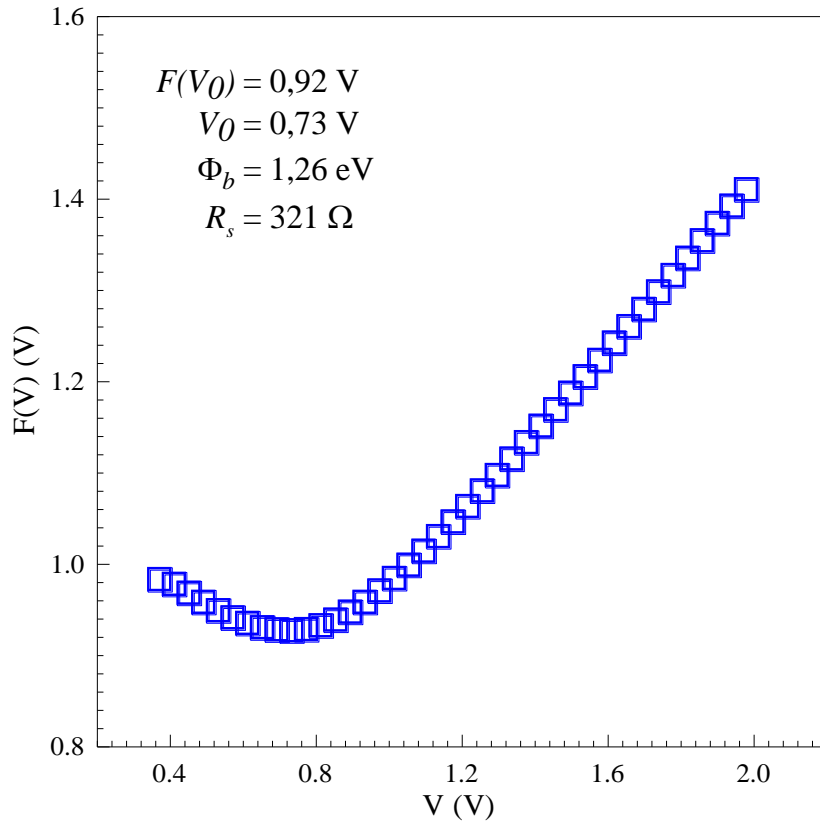
Norde fonksiyonu şöyle yazılabilir,

$$F(V) = \frac{V}{\gamma} - \frac{1}{\beta} \left(\frac{I(V)}{AA^*T^2} \right) \quad (6)$$

Burada γ ifadesi n değerinden büyük olan ilk tam sayıdır. $I(V)$ değeri, $I-V$ grafiğinden elde edilen akım değeridir. Bu çalışmada idealite faktörü 1,52 olduğundan, γ değeri 2 olarak alınır. Norde metodunda engel yüksekliği ifadesi

$$\Phi_b = F(V_0) + \frac{V_0}{\gamma} - \frac{kT}{e} \quad (7)$$

olarak verilir. Burada $F(V_0)$ ifadesi $F-V$ grafiğinin minimum $F(V)$ değeridir. Yapılan hesaplamalarda bu değer 0,92 V olarak bulundu. V_0 ise bu değere karşılık gelen gerilim değeridir ve 0,73 V olarak hesaplandı. Bu değerler yardımı ile Φ_b engel yüksekliği ifadesi 1,26 eV olarak bulundu. Norde metodu ile seri direnç değeri de 321 Ω olarak hesaplandı.



Şekil 5. Al/CuPc/p-InP/Au-Zn diyotuna ait $F(V)$ - V grafiği

3.4. Cheung Fonksiyonları ile Schottky Diyot Karakteristiklerinin Belirlenmesi

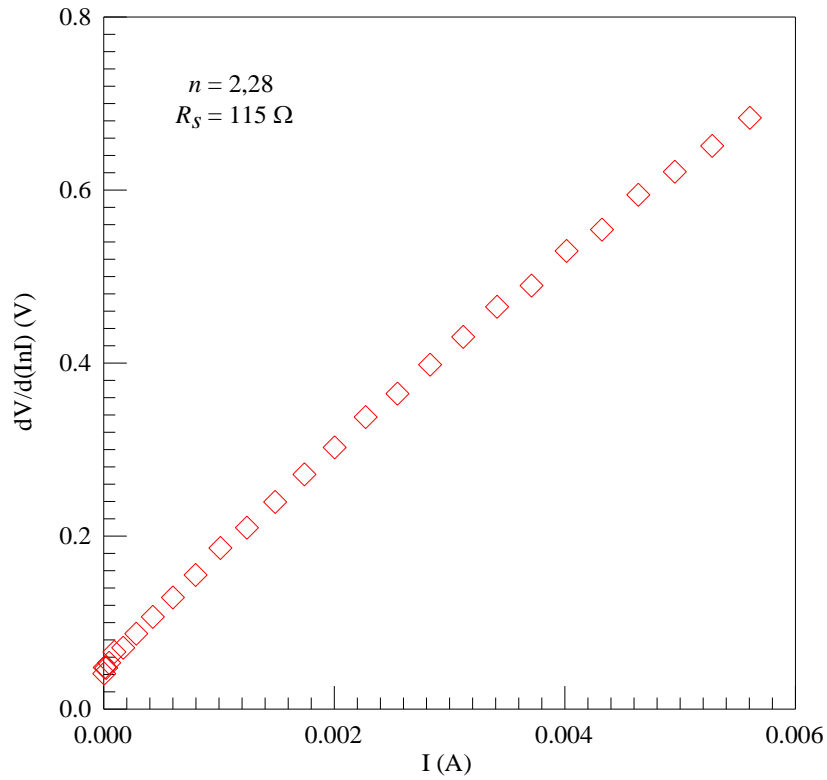
Cheung fonksiyonları,

$$\frac{dV}{d(\ln I)} = \frac{nkT}{e} + I \cdot R_s \quad (8)$$

ve

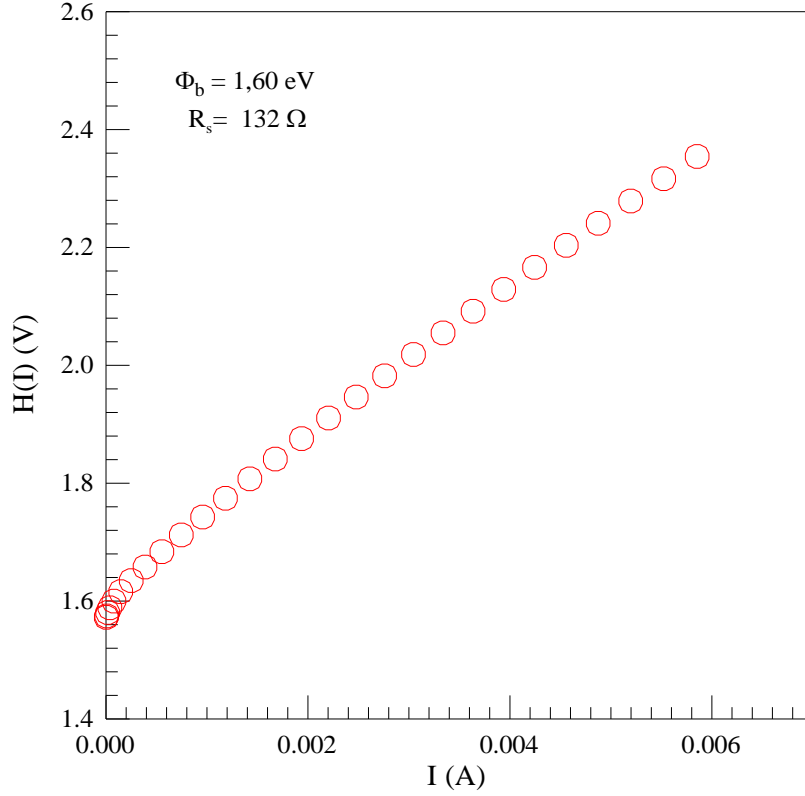
$$H(I) = n\phi_{bn} + I \cdot R_s \quad (9)$$

kullanılarak seri direnç, idealite faktörü ve engel yüksekliği yeniden elde edildi. Cheung fonksiyonlarına ait $\frac{dV}{d(\ln I)} - I$ grafiği şekil 6'da görülmektedir. $\frac{dV}{d(\ln I)} - I$ grafiğinde; $I=0$ düşey ekseni kestiği noktadan idealite faktörü, eğiminden de seri direnç değeri bulundu. Bu yöntem ile numunenin idealite faktörü 2,28 ve seri direnç değeri ise 115Ω olarak bulundu.



Şekil 6. Al/CuPc/p-InP/Au-Zn diyotuna ait $dV/d(\ln I) - I$ grafiği

Şekil 7’de verilen $H(I)-I$ grafiğinde ise doğrunun $I=0$ düşey eksenini kestiği noktadan engel yüksekliği ($n\Phi_{bn}$) elde edilir. Bura da n değeri denklem (3)’ten bulduğumuz $n=1,52$ olan değerdir. Bulduğumuz Φ_b değeri 1,60 eV dir. Bu grafikte doğrunun eğimi ise bize yine seri direnç değerini verecektir. Bulduğumuz R_s değeri ise 132Ω dur.



Şekil 7. Al/CuPc/p-InP/Au-Zn diyotuna ait $H(I) - I$ grafiği

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Al/CuPc/p-InP/Au-Zn diyotuna ait engel yüksekliği, idealite faktörü gibi parametreleri termiyonik emisyon teorisi göz önünde bulundurularak ve diyotun doğru beslem $\ln I-V$ grafiğinin doğrusal kısmından faydalanarak engel yüksekliği ve idealite faktörü sırasıyla 1,03 eV, olarak 1,52 olarak bulundu. İdealite faktörü, bir diyotun ideale ne kadar yakın olduğunu gösterir. İdealite faktörü 1 değerine yaklaştıkça diyotun o derece ideallığe yaklaştığı ve idealite faktörü 1’den uzaklaştıkça diyotun da ideallikten uzaklaştığı şeklinde yorumlanabilir. Diyotumuzun idealite faktörünün 1 den büyük çıkması kullandığımız ara tabakanın varlığına, ara yüzey durumlarına ve seri direnç etkisine

dayandırılabilir. Geçenlerde Güllü ve Türüt, Al/quercetin/p-InP yapısını üretti ve diyot parametrelerini idealite faktörünü 3,20 engel yüksekliğini de 0,86 eV olarak rapor ettiler. Ayrıca Al/p-InP referans diyot yapısının engel yüksekliği değerini de 0,80eV olarak bildirdiler. Engel yüksekliğindeki değişimin sebebini organik ara tabakanın, inorganik yarıiletkenin uzay yükü bölgesini etkileyerek etkin engel yüksekliğini değiştirmesine atfettiler [9-12]. Ejderha ve arkadaşları Ni/p-InP Schottky diyotlarının 300 K'de idealite faktörünü 1,27, 400 K'de ise 1,13 olarak ölçülmüştür. İdealite faktörünün 1'den büyük olması metal-yarıiletken ara yüzeyinde oksit tabakanın varlığını göstermiştir. [13].

Kumta ve arkadaşları, idealite faktörünün birden büyük olmasını diyotların doğrultucu kontak tarafında metal ile yarıiletken arasında az da olsa bir yalıtkan (oksit yani kimyasal bir kirlilik) tabakanın olduğunu gösterir [14]. Chattopadhyay, idealite faktörlerinin birden büyük olmaları; omik kontak direncinin büyüklüğü, arayüzey hallerinin yoğunluğu ve nötral bölgenin seri direncin büyüklüğü gibi faktörlerle doğru orantılıdır[15]. Seri dirençten dolayı Al/CuPc/p-InP/AuZn diyotunun $\ln I-V$ grafiği yüksek voltajlarda lineerlikten sapmaktadır. $\ln I-V$ grafiğinin doğrusal olmayan kısmından faydalanılarak Norde metodu ile $F(V)-V$ ve Cheung metodu ile de $d(V)/d(\ln I)-I$ ve $H(I)-I$ Cheung fonksiyonları grafikleri çizildi. Norde metodu yardımıyla seri direnç değeri 321 Ω ve engel yüksekliği 1,26 eV olarak hesaplandı. Cheung metodu ile $d(V)/d(\ln I)-I$ grafiği yardımıyla seri direnç değeri 115 Ω ve idealite faktörü 2,28, $H(I)-I$ grafiği yardımıyla da seri direnç değeri 132 Ω ve engel yüksekliği 1,60 eV olarak hesaplandı. Cheung metodu ile hesaplanan idealite faktörünün $\ln I-V$ grafiğinden hesaplanan idealite faktöründen büyük çıkması seri direncin ve ara yüzey durumlarının etkisine bağlanabilir. Ayrıca Norde metodu ile hesaplanan seri direncin Cheung metodu ile hesaplanan seri dirençten büyük olması, Norde fonksiyonlarının tüm doğru beslem değerleri üzerinde hesaplanırken, Cheung fonksiyonlarında sadece seri direnç bölgesinin hesaba katılmasıyla açıklanabilir [16].

Üretilen Al/CuPc/p-InP/AuZn diyotun fotovoltaik parametreleri 100 mW/cm² ışık şiddeti altında ve AM 1,5 filtreye sahip güneş similatörü kullanılarak açık devre voltajı $V_{oc}=0,37$ V ve kısa devre akımı $I_{sc}= 0,018 \mu A$ olarak hesaplanmıştır. Şekil 4, $I-V$ grafiğinde görüldüğü gibi ters beslemde aydınlanma altındaki akım karanlıktaki akıma göre daha yüksektir. Dolayısıyla hazırlanmış olduğumuz Al/CuPc/p-InP/AuZn diyotu ışığa karşı duyarlılık göstermektedir.

5. TEŞEKKÜR

Bu makale, Filiz ASLAN'ın Doç. Dr. Ömer GÜLLÜ danışmanlığında 25/06/2013 tarihinde Batman-Bingöl Üniversitesi Fen-Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilen “ **Metal / CuPc / İnorganik Yarıiletken Kontakların Fabrikasyonu ve Elektriksel Özelliklerinin İncelenmesi**” konulu çalışmadan üretilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- [1] **El-Nahass, M.M., Abd-El-Rahman, K.F., Farag, A.A.M. and Darwish, A.A.A.,** 2005. Photovoltaic properties of NiPc/p-Si (organic/inorganic) Heterojunctions, *Organic Electronics*, **6**, 129-136.
- [2] **El-Nahass, M. M., Zeyada, H.M., Aziz, M.S. and El-Ghamaz, N.A.,** 2005. Carrier transport mechanisms and photovoltaic properties of Au/p-ZnPc/p-Si solar cell, *Solid-State Electronics*, **49**, 1314-1319.
- [3] **Rhoderick E.H. and Williams R.H.,** 1988. *Metal-Semiconductor Contacts*, Clarendon Pres, Second Edition, Oxford.
- [4] **Yakuphanoglu, F.,** 2007. Electrical Characterization and Interface State Density Properties of the ITO/C₇₀/Au Schottky Diode, *J. Phys. Chem. C*, **111**, 1505-1507.
- [5] **Ozan, N.,** 1999. 2, 4, 6-Tris[Amino-Hekzakis(Hekziltio) fitalosiyenin] – S-Triazin Sentesi ve Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6] **Cronshaw, C. J. T.,** 1942. *Les Phthalocyanines.*, Endeavour, **1**, 79-83.
- [7] **Bekaroğlu, Ö.,** 1996. Phthalocyanines Containing Macrocyces, *Appl. Organometalic Chem.*, **10**, 605–622.
- [8] **Ziel, A. V.,** 1968, *Solid State Physical Electronics*, (Prentice-Hall New-Jersey), p.243.
- [9] **Güllü, Ö., Türüt, A.,** 2008. Photovoltaic and electronic properties of quercetin/p-InP solar cells, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, **92**, 1205– 1210
- [10] **T. Kampen, A. Schuller, D.R.T. Zahn, B. Biel, J. Ortega, R. Perez, F. Flores,** 2004. Schottky contacts on passivated GaAs (100) surfaces: barrier height and reactivity, *Appl.Surf. Sci.*, **234**, 341.

- [11] **D.R.T. Zahn, T.U. Kampen, H. Mendez**, 2003. Transport gap of organic semiconductors in organic modified Schottky contacts, *Appl. Surf. Sci.* , **212–213**, 423.
- [12] **A.R.V. Roberts, D.A. Evans**, 2005. Modification of GaAs Schottky diodes by thin organic interlayers, *Appl. Phys. Lett.* , **86**, 072105.
- [13] **Ejderha, K., Yıldırım, N., Türüt, A. and Abay, B.**, 2010. Influence of interface states on the temperature dependence and current-voltage characteristics of Ni/p-InP Schottky diodes, *Superlattices and Microstructures*, **47**, 241-252.
- [14] **Kumta, A., Rusli, E., Tin, C.C. and Ahn J.**, 2006. Design of field-plate terminated 4H-SiC Schottky diodes using high-*k* dielectrics. *Microelectronic reliability*, **46**, 1295-1302.
- [15] **Daw, K. and Chattopadhyay, P.**, 1991. Control of Barrier Height of MIS Tunnel Diodes Using Deep Level Impurities, *Solid-State Electron*, **34**, 367-371.
- [16] **Ocak, Y.S.**, 2010. Organik-İnorganik Hibrit Yapıların Elektriksel ve Fotoelektriksel Karakterizasyonu, Doktora Tezi, D. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.