

## Ag/n-GaAs(100) Schottky Kontaktların I-V ve C-V Karakteristikleri

Ö. Faruk YÜKSEL<sup>1</sup>, Tuğba DÜNDAR DURAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>S.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü 42075 Kampüs/KONYA

<sup>2</sup>Özel Diltaş Lisesi Meram/KONYA

**Özet:** Bu çalışmada, Ag/n-GaAs yapının, farklı sıcaklık değerlerinde doğru ve ters beslem akım gerilim ölçümleri alınmıştır. Bu ölçümlerden faydalanarak yapının idealite faktörü, doyma akımı, Richardson sabiti ve engel yüksekliği hesaplanmıştır. Ag/GaAs yapının sığa gerilim ölçümlerinden faydalanarak engel potansiyel değeri hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Schottky Kontak, Ag/GaAs, GaAs

### I-V and C-V Characterisation of Ag/n-GaAs(100) Schottky Contacts

**Abstract:** In this work, current-voltage characteristics of Ag/GaAs structure are performed under forward and reverse bias for different temperatures. The ideality factor, saturation current, Richardson constant and barrier height are calculated using these measurements. In addition, barrier potential value are determined from capacitance-voltage measurements.

**Key Words:** Schottky Contact, Ag/GaAs, GaAs

#### Giriş

Metal-yarıiletken doğrultucu sistemler üzerindeki ilk sistematik araştırma Braun tarafından yapılmıştır. Braun, 1874'de toplam direncin uygulanan gerilim polaritesine ve ayrıntılı yüzey durumlarına bağımlı olduğunu kaydetmiştir [1]. Değişik biçimlerdeki nokta-kontak doğrultucuların pratik uygulamaları 1904 yılının başlarında yapılmıştır [2]. 1931 yılında Wilson, katıların band teorisine dayalı olarak yarıiletkenlerin akım iletim teorisini formüle etti [3]. Bu teori, daha sonra, metal-yarıiletken kontaklara uygulandı. 1938'de Schottky, metal yarıiletken yapıdaki potansiyel engelin, kimyasal bir tabaka olmayıp, sadece yarıiletken içerisindeki kararlı uzay yüklerinden kaynaklandığını ileri sürdü [4]. Bu düşünceden doğan model Schottky engeli olarak bilinir. 1938'de Mott, Mott engeli olarak bilinen, yarıiletken kontaklar için uygun bir teorik model geliştirdi [5]. 1957 yılında Henisch tarafından, doğrultucu metal-yarıiletken kontakların temel teorisi ve tarihi gelişimi, "Doğrultucu Yarıiletken Kontaklar" adlı bir kitapta toplandı [6].

Doğru akım ve mikrodalga uygulamalarındaki öneminden ve diğer temel fiziksel parametrelerin analizinde araç olarak kullanılmasından dolayı, metal yarıiletken kontaklar üzerinde yoğun şekilde çalışma yapılmıştır. Son zamanlarda, modern transistor teknolojisi ve

<sup>1</sup> E-mail: fyuksel@selcuk.edu.tr

düzeltilmiş vakum teknolojisi yardımı ile çoğaltılabilen, ideale yakın metal-yarıiletken kontaklar üretilmiştir [7].

Yarıiletken güneş pillerinin belirli bir sınıfını metal-yarıiletken kontaklı piller oluşturmaktadır. Bu güneş pillerini daha da geliştirebilmek için benzer temel yapı olan metal-yarıiletken diyotların akım iletim ve kapasitif özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

GaAs III-V grubu yarıiletkeni olup, diyod, transistör ve güneş pilleri gibi yarıiletken aygıtların yapımında önemli bir malzeme olarak göze çarpmaktadır [7]. Özellikle GaAs tabanlı olarak yapılan aygıtların yüksek hızlı, düşük güç tüketimli aygıtlar olduğu tespit edilmiştir [8].

Dolayısıyla farklı GaAs metal-yarıiletken (genellikle Au/GaAs) yapılar üzerinde yoğun çalışmalar yapılmıştır [9,10]. Bu çalışmada Ag/n-GaAs yapının I-V ve C-V karakteristikleri incelenecektir.

### Deneysel Yöntem

Bu çalışmada, öz direnci  $9,5 \times 10^{-3} \Omega\text{m}$ , mobilitesi  $3625 \text{ V}_s/\text{cm}^2$ , taşıyıcı yoğunluğu  $1,9 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ , kalınlığı  $500 \pm 25 \mu\text{m}$  olan (100) doğrultulu, iki yüzeyi temizlenmiş ve parlatılmış n-GaAs (GaAs:Te) kristali (Wafer World Inc.) kullanıldı. n-GaAs yüzeyine gümüş iletken pasta ile Schottky kontak yapıldı.

Hazırlanan numune üzerinde akım-gerilim (I-V) ölçümleri, farklı üç sıcaklık için, GW DC güç kaynağı ve Keithley 199 System DMM/Scanner kullanılarak yapıldı. Sığa ölçümlerinde ise GW LCR-815 LCR metresi kullanıldı.

### Sonuçlar ve Tartışma

Schottky engelli diyodun doğru beslem akım ifadesi

$$I = I_s \left[ \exp\left(\frac{qV}{nkT}\right) - 1 \right] \quad (1)$$

şeklinde verilir [11]. Burada,

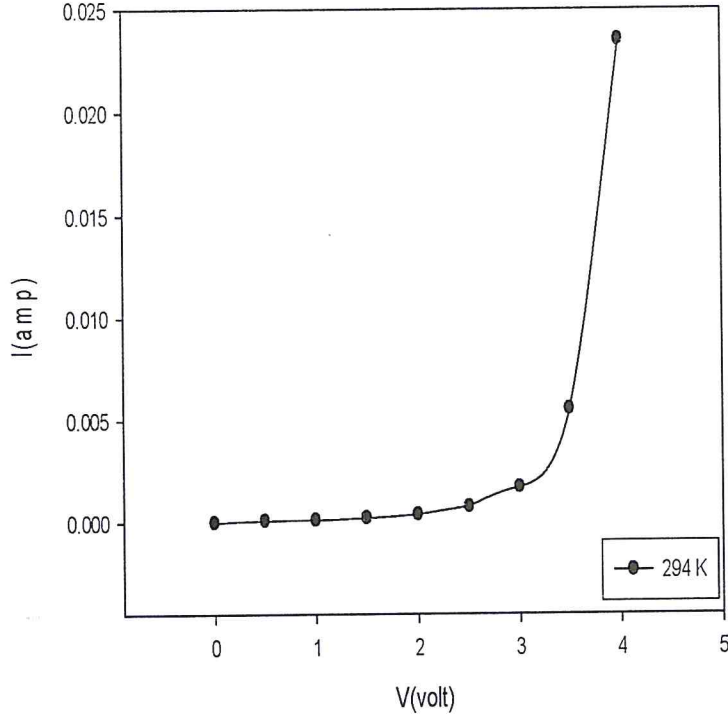
$$I_s = A^{**} T^2 \exp\left(-\frac{q\phi_{Bo}}{kT}\right) \quad (2)$$

doyma akımı,  $\phi_{Bo}$ , sıfır beslem etkin engel yüksekliği, q elektronun yükü,  $A^{**}$  etkin Richardson sabiti, k Boltzman sabiti, T mutlak sıcaklık ve n idealite faktörü olup

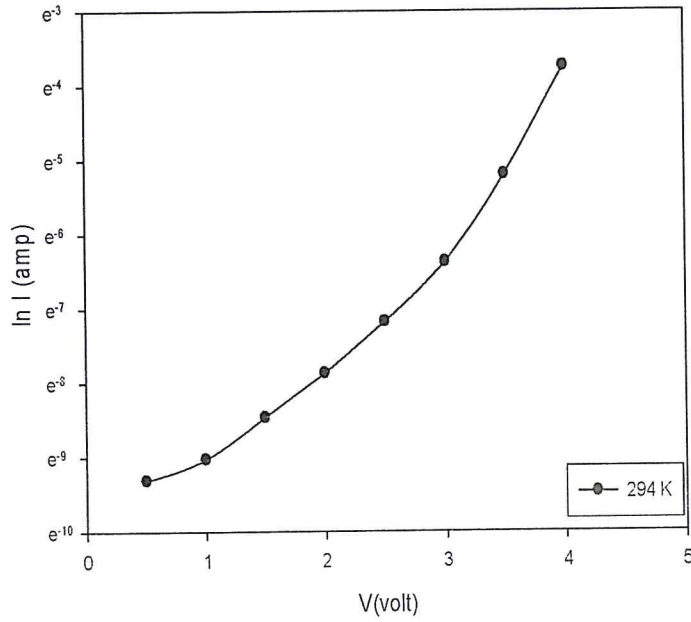
$$n = \frac{q}{kT} \frac{\partial V}{\partial(\ln I)} \quad (3)$$

dir.

Ag/GaAs Schottky diyodun ölçülen doğru beslem I-V karakteristiği Şekil 1'de verilmektedir. InI-V grafiği ise Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 1 Ag/GaAs yapının doğru beslem I-V grafiği.



Şekil 2 Ag/GaAs yapının doğru beslem lnI-V grafiği

Denk.(3)'e göre,  $\ln(I)$ -V eğrisinin eğiminden  $n$  idealite faktörü hesaplanmış, düşük alanlarda 1.059 ve yüksek alanlarda 1.892 bulunmuştur. İdealite faktörü 1 ile 2 arasında değerler almakta olup, yapıdaki akım mekanizmaları hakkında bilgi vermektedir. Yukarıda

bulunan iki farklı sonuç akımın düşük ve yüksek alan bölgelerinde farklı mekanizmalarla iletildiğini göstermektedir. Yani düşük alanlarda difüzyon akımı, yüksek alanlarda ise yeniden birleşme akımı etkin olmaktadır.

Ters beslemede akım ifadesi ise,

$$I_R = I_S \exp[\alpha(V + V_{bi})^{1/4}] \quad (4)$$

şeklinde verilir [11]. Burada,  $V_{bi}$  engel potansiyeli ve  $\alpha$ ,

$$\alpha = \left( \frac{q^3 N_D}{8\pi^2 \epsilon^3} \right) \quad (5)$$

ile verilen bir sabit olup,  $N_D$  donör yoğunluğu ve  $\epsilon$  dielektrik sabitidir. Denk.(4),  $V \gg V_{bi}$  için,

$$I_R = I_S \exp(\alpha V^{1/4}) \quad (6)$$

şeklinde yeniden yazılabilir.  $\ln(I_R) - V^{1/4}$  grafiği çizildiğinde, elde edilen doğrunun sıfır gerilime ekstrapole edilmesi ile  $I_S$  doyma akımı belirlenir ve aşağıdaki eşitlikten

$$\phi_{Bn} = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{A^{**} T^2}{I_S}\right) \quad (7)$$

engel yüksekliği hesaplanır.

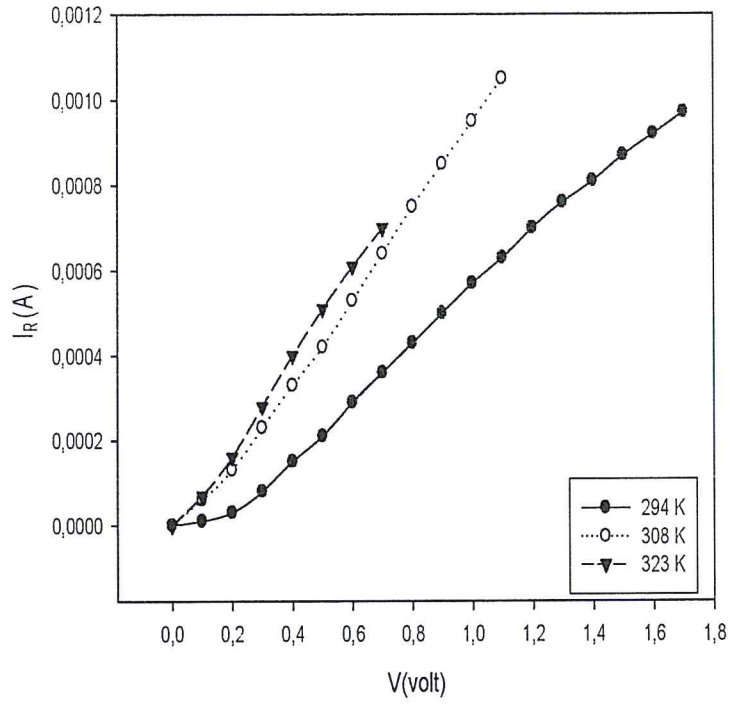
$A^{**}$  etkin Richardson sabitinin kesin değerlerinin bilinmesi halinde,  $I_S$  doyma akım yoğunluğunun sıcaklıkla değişimi incelenir. Bu amaçla, değişik sıcaklıklar için  $\ln I_R - V^{1/4}$  eğrileri çizilir. Her bir eğrinin sıfır gerilime ekstrapole edilmesi ile farklı sıcaklıklar için  $I_S$  doyma akım yoğunlukları elde edilir. Elde edilen  $I_S$  değerlerinden çizilen  $\ln(I_S / T^2) - (10^3 / T)$  grafiğinin eğiminden,

$$\phi_{Bn} = \frac{10^3 k}{q} \frac{\Delta(\ln(I_S / T^2))}{\Delta(10^3 / T)} \quad (8)$$

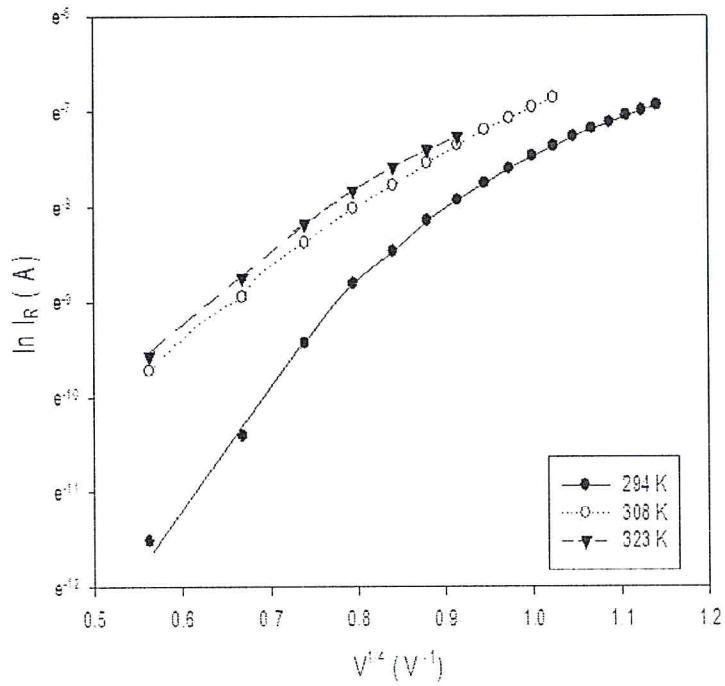
$$\phi_{Bn} = \frac{10^3 k}{q} \tan \beta \quad (9)$$

engel yüksekliği bulunur.

Bu amaçla farklı sıcaklıklar için yapının ters beslem  $I_R$ -V karakteristikleri ölçülmüş ve Şekil 3'de verilmektedir.  $\ln I_R$ -V grafiği Şekil 4'de ve  $\ln(I_S / T^2) - (10^3 / T)$  grafiği ise Şekil 5'de verilmektedir.

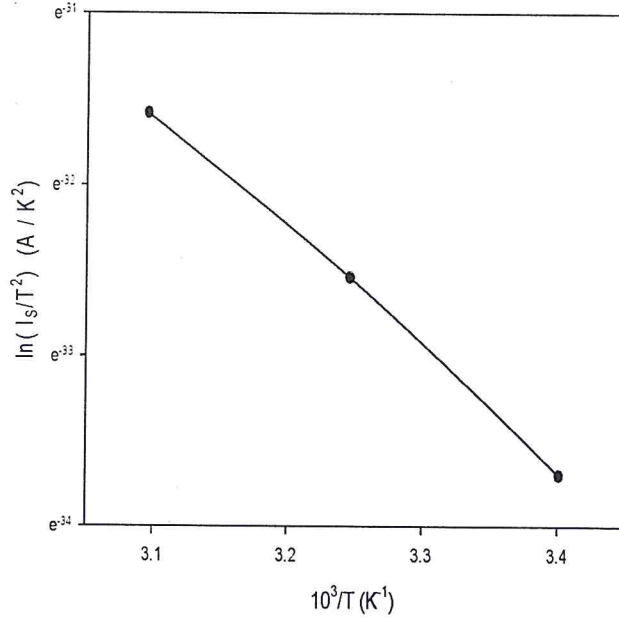


Şekil 3 Ag/GaAs yapının farklı sıcaklıklar için ters beslem  $I_R$ -V grafiği



Şekil 4 Ag/GaAs yapının  $\ln(I_R) - V^{1/4}$  grafiği.





Şekil 5 Ag/GaAs yapının  $\ln(I_R/T^2) - (10^3/T)$  grafiği

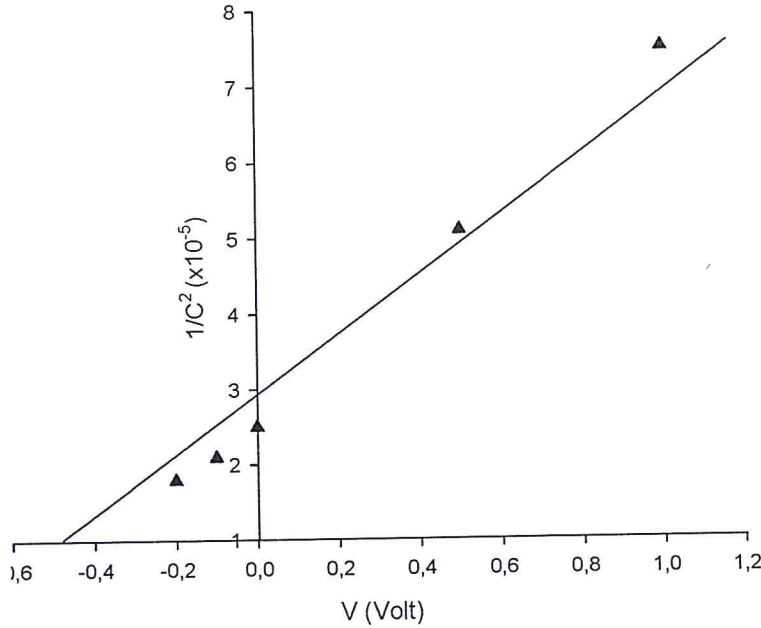
Çizilen,  $\ln(I_R/T^2) - (10^3/T)$  grafiğinden etkin Richardson sabiti  $A^{**}=8,12 \text{ A/cm}^2 \text{ K}^2$  ve engel yüksekliği  $\Phi_{Bn} = 0.57 \text{ eV}$  olarak bulunmuştur.

Engel yüksekliği, sığa ölçümleri ile de tayin edilebilmektedir. Bir dc beslem üzerine küçük bir ac gerilim bindirildiği zaman, yarıiletkenin tipine bağlı olarak, metal üzerinde belirli bir işarette, yarıiletkende ise zıt işarette yükler meydana gelir. C ve V arasındaki ilişki,

$$\frac{1}{C^2} = \frac{2(V_d - V)}{q \epsilon_r \epsilon_0 N_D} \quad (10)$$

dir [11]. Burada  $V_d$  difüzyon potansiyeli,  $\epsilon_r$  ve  $\epsilon_0$  sırasıyla yarıiletkenin ve boşluğun dielektrik sabiti ve  $N_D$  donör yoğunluğudur. Uygulanan gerilimin  $1/C^2$  ye karşı grafiğinin, gerilim ekseninde üzerindeki kesim noktasından difüzyon potansiyeli belirlenir.

Ag/GaAs yapının C-V eğrisi Şekil 6'da verilmektedir.



**Şekil 6** Ag/GaAs yapının  $1/C^2 - V$  grafiği

Bu eğrinin gerilim eksenini kestiği noktadan difüzyon potansiyeli  $V_d=0,5$  V olarak bulunmuştur.

Doğan ve ark., Ni/n-GaAs Schottky diyonu için yaptıkları çalışmada engel yüksekliğini 0,835 eV ve etkin Richardson sabitini  $A^{**}=8,16$   $A/cm^2 K^2$  olarak bulmuşlardır [12]. Kampen ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada ise engel yüksekliği 0.59 eV ve idealite faktörü 1.09 (düşük alan) bulunmuştur [13]. Yukarıda elde edilen sonuçlar Doğan ve ark ile Kampen ve arkadaşlarının elde etmiş olduğu değerlerle iyi bir uyum göstermektedir.

#### Kaynaklar

1. Braun, F. , Ann. Physik Chem., 153, 556 (1874).
2. Bose, J.C. U.S. Patent 775. 840 (1904).
3. Wilson, A.H., Proc. Roy. Soc., A133.458 (1931).
4. Schottky, W., NatarWiss., 26, 843 (1938).
5. Mott, N.F., Proc. Camb .Phil. Soc.,3 4, 568 (1966).
6. Hensch, H.K., **Rectifying Semiconductor Contacts**, Oxford at the Clarendon Pres., Oxford (1957).
7. Wang, O.C. at all., Solid State Electronics, 48, 1683-1686 (2004).
8. Ambica, M. at all, Solid State Electronics, 49, 413-419 (2005).
9. Karataş, Ş., Altındal, Ş. Materials Science and Eng.B, 122, 133-139 (2005).
10. Karataş, Ş., Altındal, Ş. Solid State Electronics, 49, 1052-1054 (2005).
11. Sze, S.M., **Physics of Semiconductor Devices**, John Wiley, New York (1969).
12. Doğan, H., Korkut, H., Yıldırım, N., Turut, A., Applied Surface Science, (In Press)
13. Kampen, T.U., Park, S., Zahn, D.R.T., Applied Surface Science, 190, 461-466 (2002).

