



T. A. E. K.

ANKARA NÜKLEER ARAŞTIRMA VE EĞİTİM MERKEZİ

ALUMİNYUM-GALYUM ARSENİD (Al-GaAs) SCHOTTKY
ENGELLİ DİYOTLARIN YAPIMI, AKIM-VOLTAJ
KARAKTERİSTİKLERİNİN SICAKLIK İLE
DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

Dr. F. ALADLI, G. BİRGÜL, Dr. S. GEÇİM*

1982

FİZİK BÖLÜMÜ-2 -82

ALUMİNYUM-GALYUM ARSENİD (Al-GaAs) SCHOTTKY
ENGELLİ DİYOTLARIN YAPIMI, AKIM-VOLTAJ
KARAKTERİSTİKLERİNİN SICAKLIK İLE
DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

Dr. F. ALADLI, G. BİRGÜL, Dr. S. GEÇİM*

1982

FİZİK BÖLÜMÜ-2 -82

Hacettepe Üniversitesi Müh. Fak. Elektrik-Elktronik Bölümü
Beypete - Ankara

İ Ç İ N D E K İ L E R

ÖZET	1
GİRİŞ	1
DENEYSEL YÖNTEM	1
SONUÇLAR VE TARTIŞMA	4
SUMMARY	5
LİTERATÜR	9

ÖZET

n-tipi GaAs-Schottky engel'i diyotlarda altın kontak maddesi olarak kullanıldığı zaman, Au, GaAs sistemlerin 350-400°C nin üzerindeki yüksek sıcaklıklarda bozulduğu bilinmektedir.

Bu bozulma göz önüne alınarak Al-GaAs'ın 500 C° ye kadar, Schottky engellerinin bilinen termik kararlılığı nedeniyle alüminyum kontak maddesi olarak seçildi (1). Dolayısıyla n-tipi GaAs kristallerine, Schottky engelli kontaklar alüminyum evaporasyonu ile yapıldı.

Gerekli yüzeysel işlemler ve kaplama şartları gerçekleştirilmek koşuluyla, oda sıcaklığında Al-GaAs Schottky engelleri yapımı için bir metod geliştirildi.

İdealite faktörü n, her bir diyot için tayin edildi ve 1.12, 1.67 arasında değiştiği görüldü.

GİRİŞ

Bir yarı iletken plakanın özelliklerini belirlemek için akım-voltaaj (I-V) ve kapasite-voltaaj (C-V) ölçümlerinden yararlanılır. Özellikle bir yarı iletken plakanın taşıyıcı yoğunluğunun derinliğe göre dağılımını elde etmek için, (C-V) ölçümler kullanıldığı zaman iyi kalite Schottky engel kontağına gereksinim vardır.

Taşıyıcı yoğunluğunun derinliğe göre dağılımının sıcaklıkla değişiminin incelenmesi gerektiğinde ısısal işlemin Schottky engelleri üzerine etkisi incelenmelidir. Dolayısıyla ilk adımda özellikle oda sıcaklığında Al-GaAs Schottky engellerinin yapımı için bir metod geliştirildi. Buna ilave olarak, ısısal işlemin Schottky engelleri üzerindeki etkisini incelemek için gerekli çalışmalara başlandı.

DENEYSEL YÖNTEM

Deneylerde GaAs kristallerin teminindeki bazı güçlüklerden dolayı, değişik şartlar altında farklı iyonlarla (Zn^+ , Te^+ , Cd^+) bombardımana

tabi tutulan, kullanılmış GaAs kristallerinden yararlanıldı. İon bombardımanı nedeni ile numunenin yüzeyinden içine doğru kalınlığı birkaç Angstromdan birkaç mikrona kadar değişebilen bozulmuş bir tabaka meydana gelmektedir. Bu çalışmada alüminyum ile ion bombardımanına tabi tutulmamış GaAs'ın davranışlarının incelenmesi söz konusu olduğundan yüzeydeki bozulmuş tabakanın elimine edilmesinin önemi açıktır.

a. Kimyasal parlatma:

Daha önceki deneyimlerden ve yayınlardan bilindiği gibi GaAs'in kimyasal olarak parlatılmasıyla ilgili bazı sorunlar vardır (1). Kristalin kimyasal parlatma işleminden sonra yüzeyindeki kimyasal dengenin (surface-stoichiometry) değiştiği bilinmektedir (2).

Fiziksel ve kimyasal olarak yüzeyin kalitesi uzun süreli kimyasal parlatma işleminden sonra bozulur (1,3). Yukarıda belirtildiği gibi iyonlarla bombardıman edilmiş GaAs kristallerinin yüzeylerinden en az iki üç mikron (2-3 μm) kalınlığındaki bir tabakanın kimyasal yolla kaldırılması gerekiyordu. Bunun için iyi bilinen iki çözelti kullanıldı.

1- H_2SO_4 , H_2O , H_2O_2

2- Brom-metanol (Bromine-methanol)

Bunlardan ikincisinin kimyasal parlatma işlemi için daha uygun olduğu bulundu.

4x4 mm boyutlarında ve 1 mm kalınlığındaki GaAs numuneler, yukarıda belirtilen şartlarda hazırlanmış Brom-Methanol karışımı içinde alttan ısıtılmak suretiyle, yaklaşık 2 saat kimyasal olarak parlatıldı. Bu işlemden sonra, GaAs numunelerinin yüzeyinin yaklaşık 3 μm kadar incelendiği görüldü. Ayrıca mikroskopla bakıldığında yüzeylerin düzgün ve parlak olduğu da gözlemlendi.

H_2SO_4 , H_2O , H_2O_2 karışımında, kimyasal olarak parlatılan bazı numunelerin doğru beslemdeki kırılma voltajının daha yüksek olduğu gözlemlendi. Bunun sebebinin, ince bir oksit tabakasının, muhtemelen bir ara yüzey oluşturmamasından dolayı olduğu sanılmaktadır (4). Zira, başka araştırmalardan da bilindiği gibi, kimyasal parlatma işlemi için H_2SO_4 , H_2O , H_2O_2 karışımı kullanıldığında, ince bir oksit tabakasının GaAs'in yüzeyinde oluştuğu bilinmektedir (4). Halbuki Brom-Methanol karışımı kullanıldığında,

bir oksit tabakasının varlığını belirten herhangi bir emareye rastlanmadı.

Daha önce de belirtildiği gibi (Bak. Bölüm 2). Al metalinin kaplanması için 3 ayrı metod kullanıldı. Bu 3 metodun da, gerekli yüzeysel ve ısısal işlemler yapıldıktan sonra, iyi kalitede Schottky engelleri meydana getirdikleri "curve-tracer" dan I-V eğrilerine bakarak gözlendi. GaAs numuneler vakumda 150°C de tutulurken Al kaplanmak suretiyle yapılan diyotların (metod 3) ters beslemde kırılma voltajlarının 60 V ile 80 V ($n=10^{15} \text{ cm}^{-3}$) arasında değiştiği görüldü. Halbuki, GaAs numuneler vakumda, numuneleri ısıtmadan direk olarak Al kaplanarak hazırlanan numuneler de (metod 1) kırılma voltajının 50V ile 60V arasında değiştiği gözlendi. Doğru beslemde, kırılma voltajı, her 2 metod ile hazırlanan diyotlar içinde 0,5V olarak bulundu. Ayrıca, yüzeylerin kimyasal parlatma işleminin, 1.ci metod ile hazırlanan diyotlar için önemli olduğu görüldü. Bununla beraber, kimyasal parlatma işleminin 3.cü metod için daha az önemli olduğu gözlendi.

Bu yüzeysel işler aşağıda sırasıyla verilmiştir.

1. Numune sıcak HCl içinde birkaç dakika kaynatıldı.
2. Saf metanol içine daldırıldı.
3. % 0,05 Brom metanol karışımında yaklaşık bir dakika kimyasal olarak parlatıldı ve daha sonra saf metanol içine daldırıldı.

Kimyasal olarak parlatılmış numuneler evaporasyon sistemi içine yerleştirildi ve indium, kimyasal olarak parlatılmış yüzeyin aksi yüzüne kaplandı. Daha sonra yine vakumda numune 270°C de yaklaşık 1 dakika ısıtılarak indiumun GaAs içine çöktürülmesi ve böylece omik kontak elde edilmesi sağlandı.

Schottky engeli, kimyasal olarak parlatılmış yüzeye, 5.10^{-6} torr dan daha alçak vakumda aşağıdaki metodlardan biri kullanılarak sağlandı:

1. Buharlaştırma sistemi içinde alüminyum kaplanmasıyla,
2. Buharlaştırma sistemi içinde alüminyum kaplandıktan sonra numunelerin 300-500°C kadar ısıtılmasıyla,
3. Buharlaştırma sistemi içinde 150°C ye kadar ısınan numunenin yüzeyine alüminyum kaplanmasıyla.

Buharlaştırma sisteminde alüminyum kaplandıktan sonra Schottky engellerinin ısıtılma işlemi 350-450-500°C lerde 15 dakika süre ile (nitrojen + hidrojen) karışımında yapıldı.

Bazı numuneler ise havası boşaltılmış cam tüpler içinde ısıtılma işlemine tabi tutuldu.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Daha önce bahsedildiği gibi, GaAs numunelerin kimyasal parlatma işlemi için H_2SO_4 , H_2O , H_2O_2 ve Brom-Methanol karışımları kullanıldı ve bunlardan Brom-Methanol'un en iyi neticeyi verdiği görüldü. Karışım 100 cc'lik methanolün içinde 0,4 cc brom karıştırmak suretiyle elde edildi. Bu karışımda kullanılan brom da ayrıca sulandırılmıştır (% 30 Brom + % 70 su).

"Curve-tracer" kullanmak suretiyle alınan I-V ölçümlerine ilaveten, bazı diyotlar için normal I-V ölçümleri de yapıldı. 1. ci metodla hazırlanmış çeşitli Schottky engellerinin "n" idealite faktörleri, elde edilen I-V grafiklerinden hesaplandı. Bu numuneler için "n" nin 1.12 ile 1.67 arasında değiştiği görüldü. "n" için en iyi değer olan 1.12 değeri 4 farklı numunede gözlemlendi. Çeşitli diyotlar için farklı "n" değerlerinin bulunması dolayısıyla "n" nin gerçek değerinin bulunması için daha fazla sayıda diyotların hazırlanmasına ve istatistiki bir neticenin elde edilmesine ihtiyaç olduğu kanaatine varılmıştır.

Şekil I ve Şekil II'de, $n=1.12$ ile $n=1.59$ 'a karşılık gelen iki ayrı diyot için doğru ve ters beslemdeki tipik I-V grafikleri gösterilmiştir.

Al-GaAs Schottky Engellerinin Isısal İşlemi

350°C-450°C üstündeki sıcaklık bölgesinde gerçekleştirilen ısısal işlemin, "curve tracer" dan gözlenmek suretiyle, kontakların kalitesini arttırdığı gözlenmiştir. Isısal işlemde önce ve sonra yapılan sığa-gerilim (C-V) ölçümlerinden, gerek sıfır voltteki Schottky sığasında gerekse taşıyıcı yoğunluğunda önemli herhangi bir değişiklik gözlenmedi. C-V ölçümlerine ait neticeler Tablo 1 de gösterilmiştir.

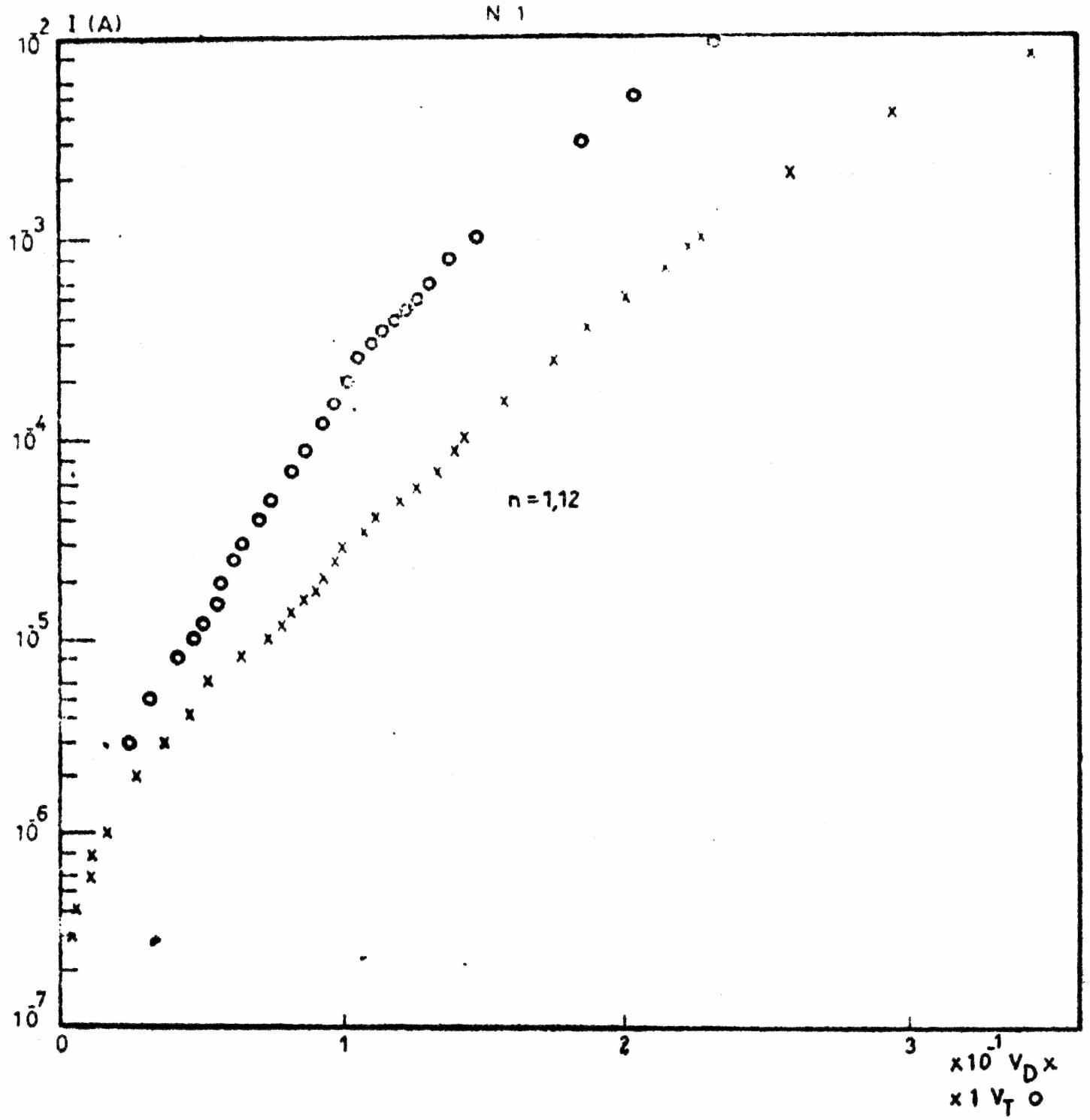
Başlangıçta, ısısal işlem azot gazı ortamında yapıldığında, Schottky sığasında çok az artmanın olduğu gözlemlendi. Bununla, azot gazında mevcut bulunan oksijenden dolayı metal kontağın çok az miktarda oksitlenmesinden ileri geldiği düşünülmektedir. Bu oksitlenmeyi önlemek için, ısısal işlem hidrojen + azot ortamında veya havası boşaltılmış bir cam fanus içinde yapıldı. 550°C de yaklaşık 15 dakikalık bir ısısal işlemin kontaktları bozduğu, hemen hemen "ohmik" karakterli hale getirdiği gözlenmiştir.

Her ısısal işlemden sonra "n" yi tayin etmek için ölçümler halen devam etmektedir. I-V grafiklerinin daha detaylı incelenmesinden sonra, muhtemelen iletkenlik mekanizması daha iyi anlaşılabilir olacaktır.

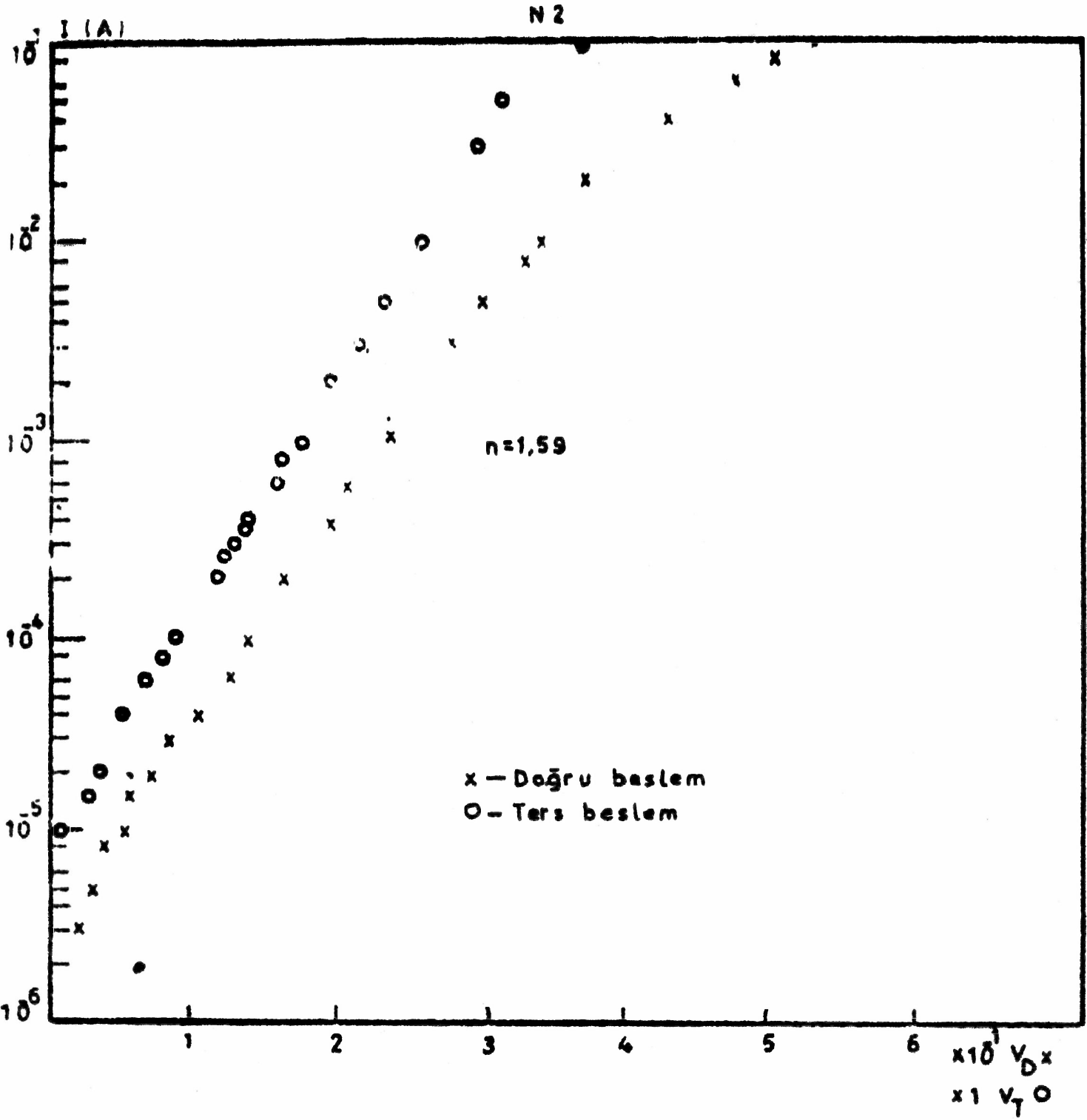
SUMMARY

Schottky barrier contacts were prepared by the evaporation of aluminium. Usually gold is chosen as a contact material to n-type GaAs. It is well-known that Au-GaAs system degrades at high temperatures in excess of 350-400°C. Considering this degradation obstacle, aluminium was chosen as an alternative metal because of the known thermal stability of Al-GaAs Schottky barriers up to about 500°C.

We developed a method of making GaAs Schottky barriers at room temperature provided that an appropriate surface treatment and deposition conditions were applied. The ideality factors of the diodes were determined to be between 1.12-1.67.



Şekil.1- 1 nolu numune için Al-GaAs Schottky engelli diyodun doğru ve ters beslemdeki I-V karakteristiği.



Şekil.2. 2 nolu numune için Al-GaAs Schottky engelli diyodun doğru ve ters beslemdaki I-V karakteristiği

Tablo-1. Isısal işlem (annealing) den önce ve sonraki elektron yoğunluğu

Numune Numarası	Kontak Numarası	Isıtmadan önce Elektron Yoğunluğu ($\times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)	Sıcaklık $^{\circ}\text{C}$	Isıtmadan sonra Elektron Yoğunluğu ($\times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)	Frekans (KHz)
B2	1	2.75	350	2.75	1
	2	2.80	350	2.80	1
	3	3.00	350	2.83	1
	4	3.00	350	2.90	1
	1	2.81	350	2.80	500
	2	2.91	350	2.83	500
	3	2.81	350	2.93	500
	4	2.90	350	2.94	500
B3	1	1.28	450	-	1
	2	1.40	450	1.09	1
	3	1.65	450	1.73	1
	4	1.71	450	1.60	1
	1	1.44	450	-	500
	2	1.70	450	1.10	500
	3	1.60	450	1.71	500
	4	1.54	450	1.54	500

LİTERATÜR

1. a- H.B.Kim, G.G. Sweeny and T.M.S Heng, Ins, Phys. Conf. Ser. No:24, p. 307, 1975.
b- A.C. Adams and B.R. Pruniaux, J. Electrochem. Soc. Solid State Science and Tech. Vol. 120, No:3, p.406, 1973.
c- O. Wada, S. Yanagisawa and H. Takanashi, Japan J. App. Physics. Vol. 12, No:11, 1973.
2. J. Gyulai, J.W. Mayer, I.V. Mitchell and Rodrigues. App. Phys. Lett. 17, 332, 1970.
3. A.D.E.D'cruz Ph. D. tezi University of Surrey, electronics dept. Guildford Surrey 1978, England.
4. B.J. Sealy University of Surrey, electronice dept. Guilford. 1978, England. (özel görüşme)