

**SCHOTTKY DİYOTLARINDA TERS AKIMLARIN NÖTRON
BOMBARDİMANINDAN SONRA SICAKLIĞA BAĞLI
OLARAK DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şefiye ÜRKMEZ

OCAK 1993

İÇİNDEKİLER

ÖZET	
SUMMARY	
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. PN KAVŞAĞI	3
2.2. METAL YARIİLETKEN KAVŞAKLAR	5
2.2.1. METAL N-TİPİ YARIİLETKEN KAVŞAKLAR	6
2.2.2. METAL P-TİPİ YARIİLETKEN KAVŞAKLAR	7
2.2.3. SCHOTTKY ENGELİ, ARINMA BÖLGESİNİN GENİŞLİĞİ VE KAPASİTESİ	8
2.2.4. KAVŞAKTAKİ AKIMLAR	12
3. RADYASYONUN YARIİLETKEN MALZEMELERE ETKİSİ	15
4. DENEYSEL ÇALIŞMA	16
4.1. DENEY DÜZENEĞİ VE KULLANILAN MALZEMELER	16
4.1.1. KRİYOSTAT	17
4.1.2. D.C. GERİLİM KAYNAĞI	18
4.2. KAÇAK AKIMLARIN ÖLÇÜLMESİ	18
4.3. $1nJ/1/kT$ KARAKTERİSTİKLERİ VE ENGEL YÜKSEKLİKLERİ- NİN HESAPLANMASI	25
4.4. SCHOTTKY DİYODUNUN KAPASİTESİNİN ÖLÇÜLMESİ	32
4.5. $(C-V)$ VE $(-\frac{1}{C^2} - V)$ KARAKTERİSTİKLERİ	35
4.6. İKİ FARKLI YÖNTEMLE HESAPLANAN ENGEL YÜKSEKLİKLE- RİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	46
5. SONUÇ VE TARTIŞMA	47
6. KAYNAKLAR	49

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tez çalışmamda beni yönlendiren ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım sayın hocam Prof.Dr. Durul ÖREN'e deneysel çalışmamda bana yardımcı olan sayın Yard.Doç.Dr. Süha AKÇİZ'e, Araştırma Görevlisi sayın Mustafa ÖMÜR ve Araştırma Görevlisi sayın Işık KARABAY'a teşekkür ederim.

Ayrıca ailemin bana öğrenimim boyunca göstermiş oldukları her türlü destek ve yardımlarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

Bu çalışmada, önce piyasada yaygın olarak modern elektronik cihazlarda kullanılan Schottky diyotları ters besleme yapılarak, sıcaklığa bağlı olarak değişimleri incelenmiştir. Daha sonra nötron radyasyonunun diyotların karakteristiklerinde oluşturdukları değişiklikler incelendi. Schottky diyotları (BA-159, BA-157) İ.T.Ü. TRIGA MARK II Araştırma Reaktöründe değişik nötron akılarına ısınladı ve (I-T), $(\ln J - 1/kT)$, (C-V), $(1/C^2 - V)$ karakteristikleri çizilerek Schottky engel yükseklikleri hesaplanmıştır. Bu engel yüksekliklerinin zaman içindeki değişimi hesaplandı ve sonuçlar yorumlandı.

SUMMARY

In the present work, firstly, Schottky diodes which are commonly used in modern electronic instruments are reverse biased and studied under heat treatment. Neutron radiation testing was performed on two different types Schottky diodes to investigate the changes in the characteristics of them after neutron exposure.

The Schottky diodes (BA-159, BA-157) were irradiated in TRIGA MARK II Research Reactor in Technical University of İstanbul. Experimental procedure is explained and (I-T) ($\ln J - 1/kT$), (C-V), ($1/C^2 - V$) characteristics are drawn. By means of these characteristics Schottky barrier heights are calculated. And the changes in the barrier heights of these diodes have been determined and discussed during the time after neutron radiation.

1. GİRİŞ

Elektronik eleman olarak kullanılan Schottky diyotlarında (metal-yarıiletken kavşaklarında) metal, vakumda buharlaştırılarak yarıiletken üzerine kaplanır. Schottky diyotları genelde silisyum üzerine metal buharlaştırılarak gerçekleştirilebilir. Metal yarıiletken temas bölgesindeki potansiyel engeline Schottky engeli denir. Schottky diyotları bilgisayarlarda, yüksek operasyonel hız gerektiren devrelerde ve radyo, televizyon alıcılarında dedektör olarak kullanılmaktadır.

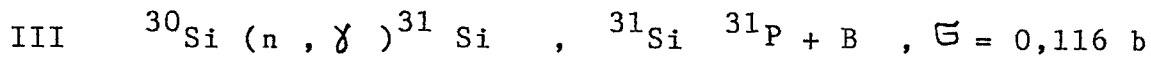
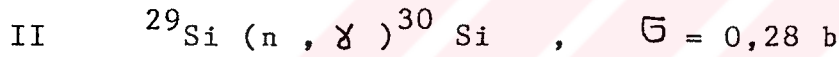
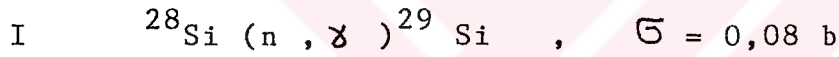
Büget; küçük özdirençli p-tipi Si kristalleri kullanarak yaptığı $Al(p^+) - pSi - Al$ yapılarının elektriksel özelliklerini, nötron bombardımanından önce ve sonra ölçmüş ve nötronların doğru ve ters akımları ile kapasitans değerlerine yaptığı etkileri incelemiştir. Bu çalışmada, termal nötronların donör p^{31} atomlarının ışınlamadan sonra, sayılarının silisyumda mevcut deşik sayısından düşük olması nedeniyle diyotların elektriksel özelliklerinde hiç bir değişme yapmayacağını, ancak hızlı nötronların meydana getirdiği çok sayıda kristal kusurlarının elektriksel özelliklerde önemli değişikliklere neden olduğunu ileri sürmüştür. /1/

Başka bir çalışmada ise p-tipi Si kristalinden yapılmış $Al/p-Si$ Schottky diyot yapısının (C-V) karakteristiklerinden engel yüksekliği $\bar{\Phi}_B = (0,59 \pm 0,02)eV$, Schottky diyot yapısının (I-V) karakteristiklerinden $\bar{\Phi}_B = (0,60 \pm 0,02)eV$ hesaplanmıştır. /2/

(I-V) ve (C-V) karakteristikleri kullanılarak Al/p,Si/Cu Schottky diyoduyla yapılan başka bir araştırmada ise engel yüksekliği ise $\Phi_B = (0,67 \pm 0,01)\text{eV}$ ve (I-V) karakteristiklerinden $\Phi_B = (0,69 \pm 0,01)\text{eV}$ bulunmuştur. /3/

Çekirdek yoğunluğu N çekirdek/ cm^3 olan $A \text{ cm}^2$ lik hedef alana sahip cisme I_0 nötron/sn şiddetindeki nötron demeti cismin içinden geçerken, nötronlardan bazıları çekirdeklerle reaksiyona girer.

Termal nötronların silisyumla yapacağı reaksiyonlara bakılırsa;



III. reaksiyonda ortaya çıkan fosfor (^{31}P) bir katkı malzemesidir, radyasyon yoluyla katkılama ile yarıiletken malzemelerin elektriksel özelliklerini arttırmada, yeni bir yol olarak kullanılmaktadır. /4/

Bu çalışmada farklı iki grup halinde Schottky diyotlarının ışınlanmadan önce ve ışınlandıktan sonraki zamanlar içinde akımları ölçüldü. Ölçülen akımlar yardımıyla (I-V) ve (C-V) karakteristikleri çizilerek engel yüksekliklerinin akıyla olan değişimi incelendi.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. PN KAVŞAĞI

PN kavşağı bir P-tipi yarıiletken ile bir N-tipi yarıiletkenin teknolojik olarak birbiriyle temas edecek şekilde biraraya getirilmesiyle meydana gelir.

P-tipi yarıiletken, bir saf yarıiletken malzemeye periyodik sistemde üçüncü grupta ($..ns^2 ..np^1$) bulunan bor, galyum, indiyum gibi elementlerin çok az miktarda katılmasıyla meydana gelirler. Üç valans elektronuna sahip olan bu elementlerden herhangi biri silisyumun son yörüngesindeki dört elektronu ile bağ yapabilmesi için bir elektrona ihtiyaç duyarlar. Elektrik alan uygulamasıyla başka bir bağdan kopan elektron bu boşluğu doldurur, fakat onun yeri boş kalır. Burada boşlukların elektrik akımını ilettikleri kabul edilir. P-tipi yarıiletkenin yapılmasında kullanılan katkı maddelerine, katkılandıkları malzemenin atomlarından elektron aldıkları için akseptör denir ve negatif yüklü iyon durumundadırlar. P-tipi yarıiletkenlerde boşluklara çoğunluk taşıyıcıları, elektronlara da azınlık taşıyıcıları denir.

N-tipi yarıiletkenlerde ise katkı malzemesi olarak beşinci grup elementlerinden olan fosfor, arsenik ve antimuan kullanılır. Bu elementlerin beş valans elektronundan dört tanesi silisyum atomlarıyla bağ yaparlar. Boşta kalan elektron ise oldukça küçük bir enerji ile (fosfor için 0,044 eV) katkı atomundan kopabilir ve serbest duruma geçer.

Beşinci gruptaki elemanlar, katkılандıkları malzemenin atomlarına elektron verdikleri için donör olarak isimlendirilirler ve pozitif yüklü iyon durumundadırlar. N-tipi yarıiletkenlerde elektronlar çoğunlukta olduğu için, elektronlara çoğunluk taşıyıcıları, boşluklar azınlıkta olduğu için boşluklara azınlık taşıyıcıları denir.

PN kavşağı oluşurken, kavşağın temas bölgesinin yakınındaki hareketli yükler, örneğin N-tipi bölgesinin çoğunluk taşıyıcıları olan serbest elektronlar P-tipi bölgeye hareket ederler. Aynı zamanda P-tipi bölgesinin çoğunluk yük taşıyıcıları olan boşluklarda N-tipi bölgeye geçmeye başlar. Kavşağın N-tipi bölgesindeki atomlar pozitif olarak, P-tipi bölgesindeki atomlar negatif olarak iyonize olurlar. İyonize olmuş atomlar kristal yapı içinde serbest yük merkezleri oluştururlar. Kavşağın hemen yanında ve her iki tarafında iyonize olmuş atomlar, kristal içinde yönü N-tipi bölgeden, P-tipi bölgeye doğru olan bir elektrik alan meydana getirir. İyonize atomları içeren bu bölge serbest yüklerden yoksundur. Kavşak yakınındaki, hareketli yüklerin olmadığı bu bölgeye geçiş bölgesi denir. Çoğunluk yük taşıyıcıları geçemeyeceğinden azınlık yük taşıyıcıları iletimi sağlar.

2.2. METAL YARIİLETKEN KAVŞAKLAR

Metal yarıiletken kavşakların davranışı her iki malzemenin iş fonksiyonuna bağlı olarak değişir.

İş fonksiyonu, bir elektronun fermi enerji düzeyinden itibaren metali terkedebilmesi için gerekli enerji miktarıdır.

Metal ile yarıiletken temas haline getirildiğinde iş fonksiyonu küçük olandan büyük olan malzemeye doğru elektron geçişi olur. Bu geçiş fermi enerji seviyeleri eşit olana kadar sürer. Fermi seviyesi eşit olduğu zaman net bir elektron akışı yoktur ve denge durumu elde edilir. Burada iki durum söz konusudur.

ϕ_m = Metalin iş fonksiyonu

ϕ_s = Yarıiletkenin iş fonksiyonunu göstermek üzere,

$$i) \quad \phi_m > \phi_s (n) \qquad ii) \quad \phi_m < \phi_s (n)$$

$$\phi_m < \phi_s (p) \qquad \phi_m > \phi_s (p)$$

İlk durum metal-yarıiletken diyotların yani Schottky Barrier diyotların, ikincisi ise omik kontakların esasını oluşturur.

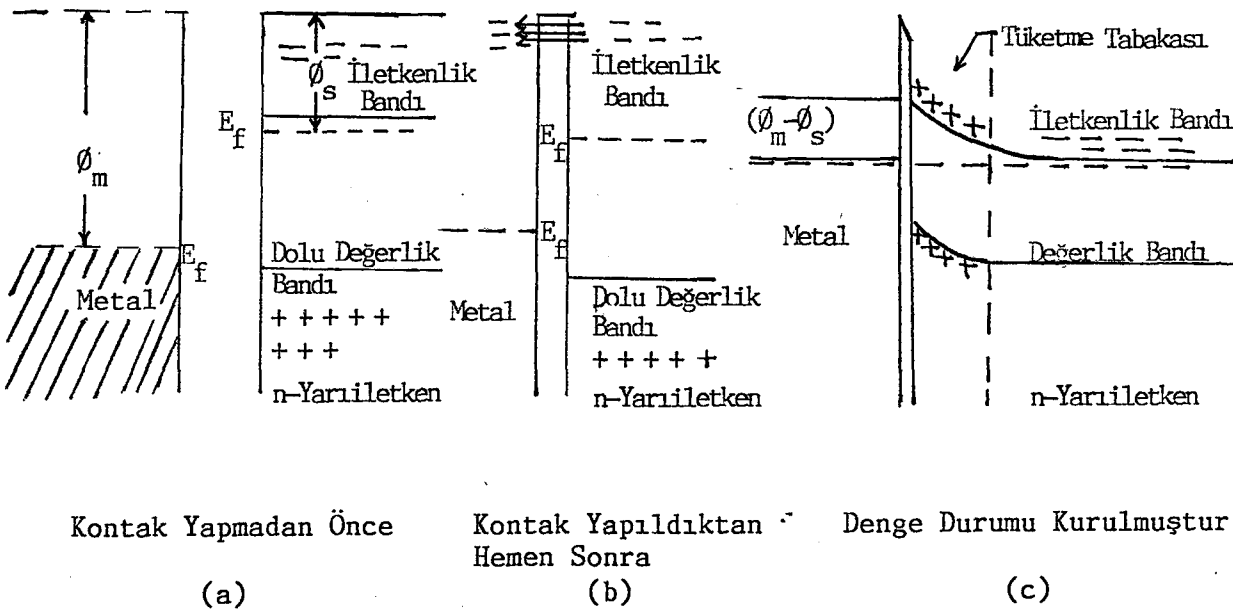
İki malzemenin birbirine değmesinden oluşan yeni yük dağılımı, kavşakta bir dipol tabaka oluşturur. Metal-metal kontakta elektronlar bir metalden diğerine serbestçe geçebildiği

için omik kontak olur. Bir metalle bir yarıiletken biraraya getirildiğinde ise kontak omik veya doğrultucu karakteride olabilir.

Doğrultucu kontakta elektronlar bir yönde, diğer yönden çok daha kolay giderler ki bu da iki malzemenin elektronik düzeyleriyle ilgilidir.

2.2.1. METAL N-TİPİ YARIİLETKEN KAVŞAK

Şekil 2.2.1 (a) ve 2.2.1 (c) $\phi_m > \phi_s(n)$ durumunda kontak yapmadan önceki ve kontak oluştuktan sonraki metal ve n-tipi yarıiletkenin enerji seviyeleri diyagramlarını göstermektedir.



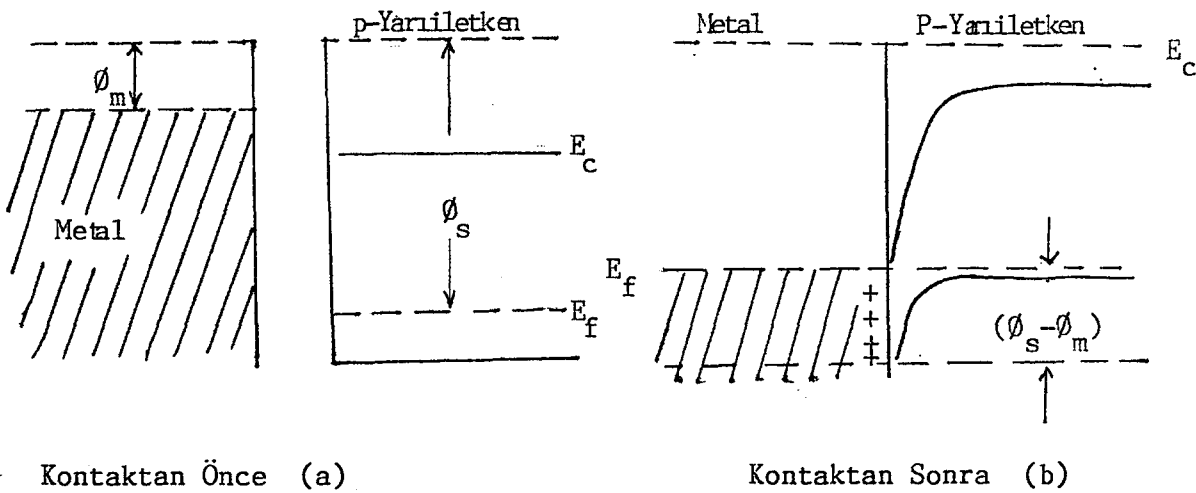
Şekil 2.2.1 $\phi_m > \phi_s$

Kontak oluşurken iletkenlik bandındaki elektronlar metale akarlar. Fermi seviyeleri kısmen yüzey durumunun etkileri ve kısmen iletkenlik bandından metale geçen elektronlar tarafından uygun bir duruma getirilir ve metalle yarıiletkenin Fermi seviyeleri eşit olur.

Pratik olarak iletim elektronlarının çekilip alındığı ve elektronların hiç bulunmadığı yarıiletken içindeki bu bölge tüketme tabakası olarak bilinir. Bir tüketme tabakasının iletkenliği bu elektronlar tarafından azaltılır ve böylece Şekil 2.2.1 (c) deki kontak doğrultusu gibi davranır.

2.2.2. METAL P-TİPİ YARIİLETKEN KAVŞAK

Şekil 2.2.2 (a) ve 2.2.2 (b) $\phi_m < \phi_s$ (P) durumunda kontak yapmadan önce ve kontak oluştuktan sonraki metal ile P-tipi yarıiletkenin enerji seviyeleri diyagramlarını göstermektedir.



Şekil 2.2.2 $\phi_m < \phi_s$

Şekil 2.2.2 (b)'deki kontak doğrultucudur.

2.2.3. SCHOTTKY ENGELİ, ARINMA BÖLGESİNİN GENİŞLİĞİ VE KAPASİTANSI

Kontak oluşmadan önce Şekil 2.2.1 (a) da görüldüğü gibi yarıiletkenin Fermi düzeyi, metalin Fermi düzeyinin ($\phi_m - \phi_s$) kadar üzerindedir. Kontak oluştuktan sonra, yarıiletkenden elektronların bir kısmı, daha alçak enerji bulmak için metale geçerler. Bu metali daha negatif, yarıiletkeni ise daha pozitif yapar ve Coulomb kuvvetleri dolayısıyla bu yükler her iki ortamın temas bölgesinde yoğunlaşır. Yarıiletkende elektronların ayrılmasıyla geride kalan donör atomları, bulundukları şebeke noktalarını terk edemezler. Bundan dolayı yarıiletkenin yüzey bölgelerinde, pozitif bir uzay yükü oluşur. Bu bölge metalinkine göre daha derindir ve hareketli yüklerden arınmış durumdadır. O yüzden bu bölgeye arınma bölgesi denir. Bir metalle bir yarıiletken kontak yapılarak değme durumuna getirildiği zaman yarıiletkendeki taşıyıcıların şiddetle tüketilerek kaybolduğu bir engel tabakası oluşur. Bu engel tabakası tüketme tabakası (depletion layer) olarakta bilinir.

$$\rho(x) = \text{Uzay yük yoğunluğunu}$$

$$\epsilon_s = \text{Yarıiletkenin dielektrik sabitini}$$

göstermek üzere, Poisson denklemi kavşağa uygulanırsa;

$$\frac{d^2 V(x)}{dx^2} = - \frac{\rho(x)}{\epsilon_s} \quad (2.2.1)$$

olur. Elektronun potansiyel enerjisi $\theta(x) = -q \cdot V(x)$ olduğundan;

$$\frac{d^2 \theta(x)}{dx^2} = \frac{q \cdot \rho(x)}{\epsilon_s} \quad (2.2.2)$$

olur. Bütün donör atomlarının iyonize olduğunu ve bunların elektronlarının metale geçtiğini düşünüyoruz. O halde

$\rho(x) = q \cdot N_D$ dir. Bunu Poisson denkleminde yerine yerleştirirsek

$$\frac{d^2 \theta(x)}{dx^2} = \frac{q^2 \cdot N_D}{\epsilon_s} \quad (2.2.3)$$

bağıntısı bulunur. Denklemin genel çözümü, yarıiletken içinde $x \gg W$ uzaklığında kontak alanı olmadığını düşünerek şu sınır şartları yazabiliriz.

$$\theta(x) = 0 \quad \left[\frac{d \theta(x)}{dx} \right]_{x=W} = 0$$

$$\theta(x) = V_{dif} - V \quad x=W$$

Buradan, arınma bölgesinin genişliği;

$$W = \left[\frac{2 \cdot \epsilon_s \cdot (V_{dif} - V - \frac{kT}{q})}{q \cdot N_D} \right]^{1/2} \quad (2.2.4)$$

olarak bulunur. Burada $-\frac{kT}{q}$ düzeltme faktörü olarak kullanılmıştır. Birim yüzeydeki uzay yükü yarıiletken için;

$$Q_s = q \cdot N_D \cdot W = q \cdot N_D \left[\frac{2 \cdot \epsilon_s \cdot (V_{dif} - V - \frac{kT}{q})}{q \cdot N_D} \right]^{1/2}$$

$$Q_s = 2 \cdot q \cdot \epsilon_s \cdot N_D \left[(V_{dif} - V - \frac{kT}{q}) \right]^{1/2} \quad (2.2.5)$$

ve buradan kapasitansı;

$$C = \frac{Q_s}{V} = \left[\frac{q \cdot \epsilon_s \cdot N_D}{2 \cdot (V_{dif} - V - \frac{kT}{q})} \right]^{1/2} = \frac{E_s}{W} \quad (2.2.6)$$

olarak bulunur. (2.2.6) denklemi

$$\frac{1}{C^2} = \frac{2(V_{dif} - V - \frac{kT}{q})}{q \cdot \epsilon_s \cdot N_D} \quad (2.2.7)$$

şeklinde yazılabilir.

Buradan

$$\frac{d(1/C^2)}{dV} = \frac{2}{q \cdot \epsilon_s \cdot N_D} \quad (2.2.8)$$

olur. $1/C^2$ ile geri besleme voltajı V arasında çizilen grafik doğru ise, n bölgesinin katkı konsantrasyonu olan N_D , arınma bölgesince sabit demektir ve doğrunun eğiminden hesaplanabilir. Bu doğrunun voltaj eksenini ile kesim noktası ise V_{dif} değerini verir. Ters besleme durumunda kavşağın potansiyel eşiği

$$\phi_B = V_{dif} + E_c - E_f \quad (2.2.9)$$

kadardır. Burada;

$$E_C - E_f = k.T.\ln \frac{N_C}{N_D} \quad (2.2.10)$$

ve N_C iletkenlik bandındaki efektif durum yoğunluğudur.

Sıcaklığa bağlı olarak değişir.

$$N_C = 2 \cdot \left[\frac{2 \cdot \pi \cdot m_n^* \cdot k \cdot T}{h^2} \right]^{3/2} \quad (2.2.11)$$

2.2.4. KAVŞAKTAKİ AKIMLAR

Kavşaktaki net elektron akım yoğunluğu denge durumunda, yani dışardan hiçbir gerilim uygulandığı durumda;

$$J = J_{ms} + J_{sm} = 0$$

olur. Burada;

J_{ms} = Metalden yarıiletkenine doğru olan akım yoğunluğudur.

J_{sm} = Yarıiletkenden metale doğru olan akım yoğunluğudur.

$$J_{ms} = J_o \quad \text{ise ,} \quad J_{sm} = - J_o$$

olur.

Dışardan kavşağa bir potansiyel uygulandığında, yarıiletken metale doğru akım yoğunluğu,

$$J_{sm} = A^* \cdot T^2 \cdot \exp \left(\frac{-q \cdot \Phi_B}{k \cdot T} \right) \cdot \exp \left(\frac{q \cdot V}{kT} \right) \quad (2.2.12)$$

dir. Burada A^* efektif Richardson sabitidir.

Metalden yarıiletkene geçen elektronlar için engel, dışardan uygulanan voltaja bağlı olmadığı için, bu akım yoğunluğu $V=0$ 'daki akım yoğunluğuna eşittir.

$$J_{ms} = -A^* \cdot T^2 \cdot \exp \left(\frac{-q \Phi_B}{kT} \right) = J_o$$

O halde, kavşaktaki toplam akım yoğunluğu (2.2.12) ve (2.2.13) ü toplayarak

$$J = J_{ms} + J_{sm} = A^* T^2 \exp \left(\frac{-q \Phi_B}{kT} \right) \left[\exp \left(\frac{q \cdot V}{nkT} \right) - 1 \right] \quad (2.2.14)$$

olur. Burada, n diyotun idealite faktörüdür ve değeri 1-2 arasında değişmektedir. İdeal diyot için $n=1$ dir. (2.2.14) denklemi,

$$J = J_o \left[\exp \frac{-q \cdot V}{nkT} - 1 \right] \quad (2.2.15)$$

şeklinde de yazılabilir. Ters besleme durumunda, kavşaktaki toplam akım yoğunluğu;

$$J = -J_o = -A^* \cdot T^2 \cdot \exp \frac{-q\phi_B}{kT} \quad (2.2.16)$$

şeklinde olur.

3. RADYASYONUN YARIİLETKEN MALZEMELERE ETKİSİ

Radyasyon madde ile etkileştiğinde, enerjisini maddeye aktararak malzeme yapısında bir hasar meydana getirir. Genel anlamda radyasyon enerjisini ikiye ayırabiliriz. Elektromagnetik ve parçacık etkileşmesi olarak adlandırdığımız bu etkileşme türleri kendi aralarında da gruplara ayrılır.

Elektromagnetik radyasyonun en giricisi yüksek frekansından dolayı gamma radyasyonudur. Parçacık etkileşmesi ise ışık hızından daha düşük hızlarla hareket eden tüm parçacıkları içerir. Parçacıklar elektronlar ve protonlar gibi yüklü, ya da nötronlar gibi yüksüz olabilir.

Ayrıca, radyasyonun yarıiletken malzemeler üzerinde, yerdeğiştirme etkileri, geçici etkiler ve yüzey etkileri söz konusudur. Yerdeğiştirme etkileri, yarıiletkendeki kristal yapılara kalıcı zarar vermektedir.

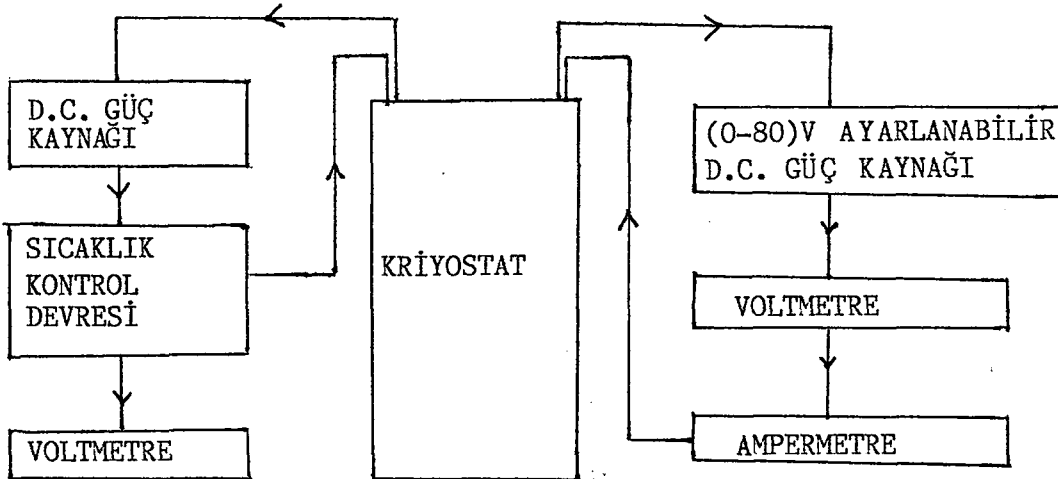
Geçici etkiler foton ya da yüklü parçacık etkileşmeleriyle yaratılan elektronlarca meydana getirilmektedir. Yüzey etkileri ise yarıiletken cihazların yüzey kısımlarından oluşmaktadır. /5/

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1.DENEY DÜZENEGİ VE KULLANILAN ELEMANLAR

Deneyde kullandığımız Schottky diyotları, piyasada yaygın olarak kullanılan BA-159 ve BA-157 diyotlarıdır. Aşağıda belirtilen elemanlarla şeması Şekil 4.1.1'de gösterilen deney seti hazırlanmıştır.

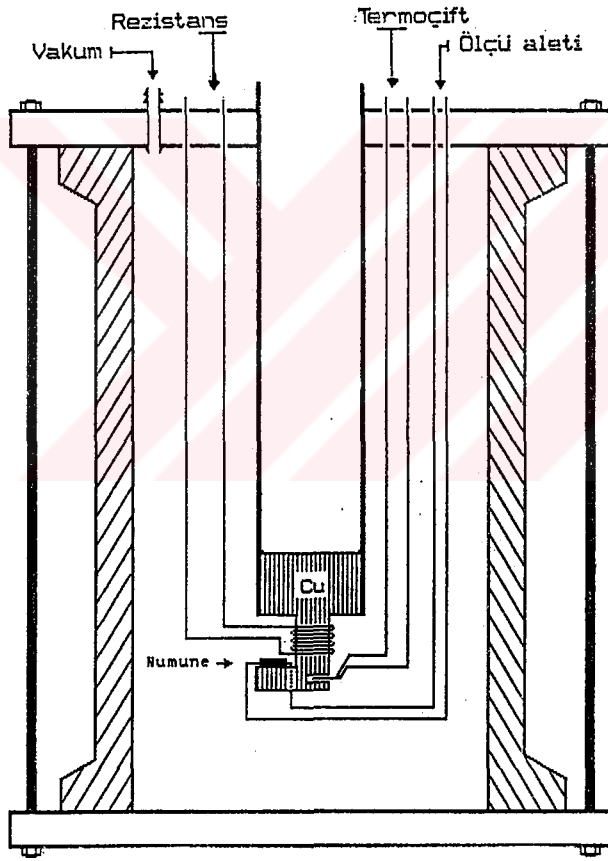
- 1 - KRIYOSTAT
- 2 - SICAKLIK KONTROL DEVRESİ
- 3 - (0-80) VOLT AYARLANABİLİR DC GÜÇ KAYNAĞI
- 4 - D.C. GERİLİM KAYNAĞI
- 5 - DIGITAL VOLTMETRE
- 6 - DIGITAL AMPERMETRE



Şekil 4.1 Deney Seti

4.1.1. KRİYOSTAT

Çalışılan diyotların kaçak akımlarının sıcaklığa bağlı olarak değişimlerinin $0^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C}$ aralığında duyarlı olarak incelenebilmesi için diyotlar kriyostat içine yerleştirilmiştir. Şekil 4.2'de görülen kriyostat, biri etrafı kalayla kaplanmış cam kap ve diğeri onun içine oturtulmuş altı bakır, üstü nikel içi boş hazne olmak üzere iki bölmeden oluşmuştur.



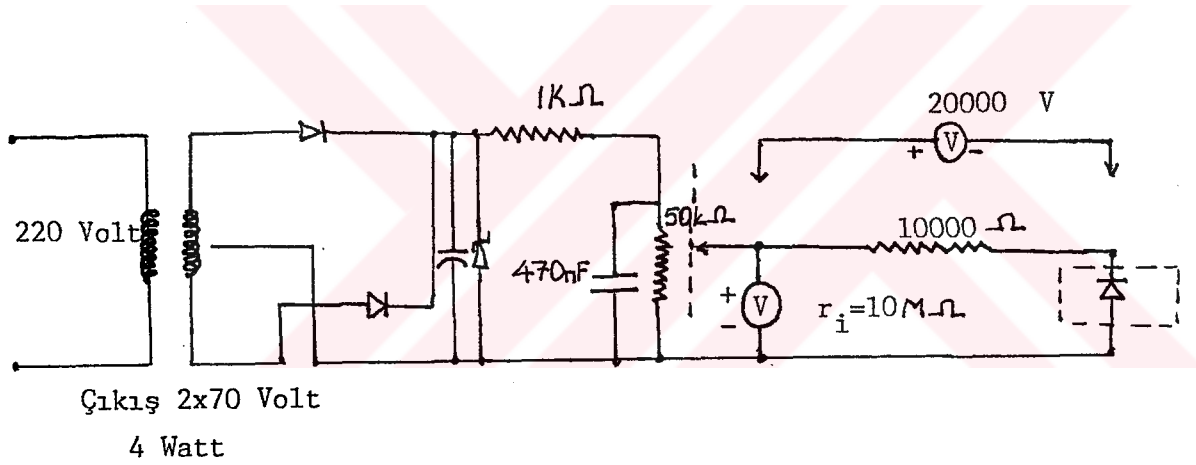
Şekil 4.2 KRİYOSTAT

Numune yerinin üzerine 20 Watt'lık ısıtıcı olarak kullanılan direnç teli sarılmıştır. Kriyostattan çıkan termoçift

sıcaklık kontrollü devreye gitmektedir. Bu devre yardımıyla diyotların istenilen sıcaklık aralığında incelenebilmesi sağlanmıştır.

4.1.2. D.C. GERİLİM KAYNAĞI

Diyotlara ters besleme uygulamak için devre şeması Şekil 4.3 'de gösterilen (0-80) Volt aralığında çalışan ince ayarlı D.C. Gerilim Kaynağı hazırlandı.



Şekil 4.3

4.2. KAÇAK AKIMLARIN ÖLÇÜLMESİ

Şekil 4.1 deki deney seti hazırlandıktan sonra diyotlara farklı gerilimler uygulanarak ve $0^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C}$ arasında sıcaklık değiştirilerek akımlar okundu. Daha sonra değişik nötron akımlarında;

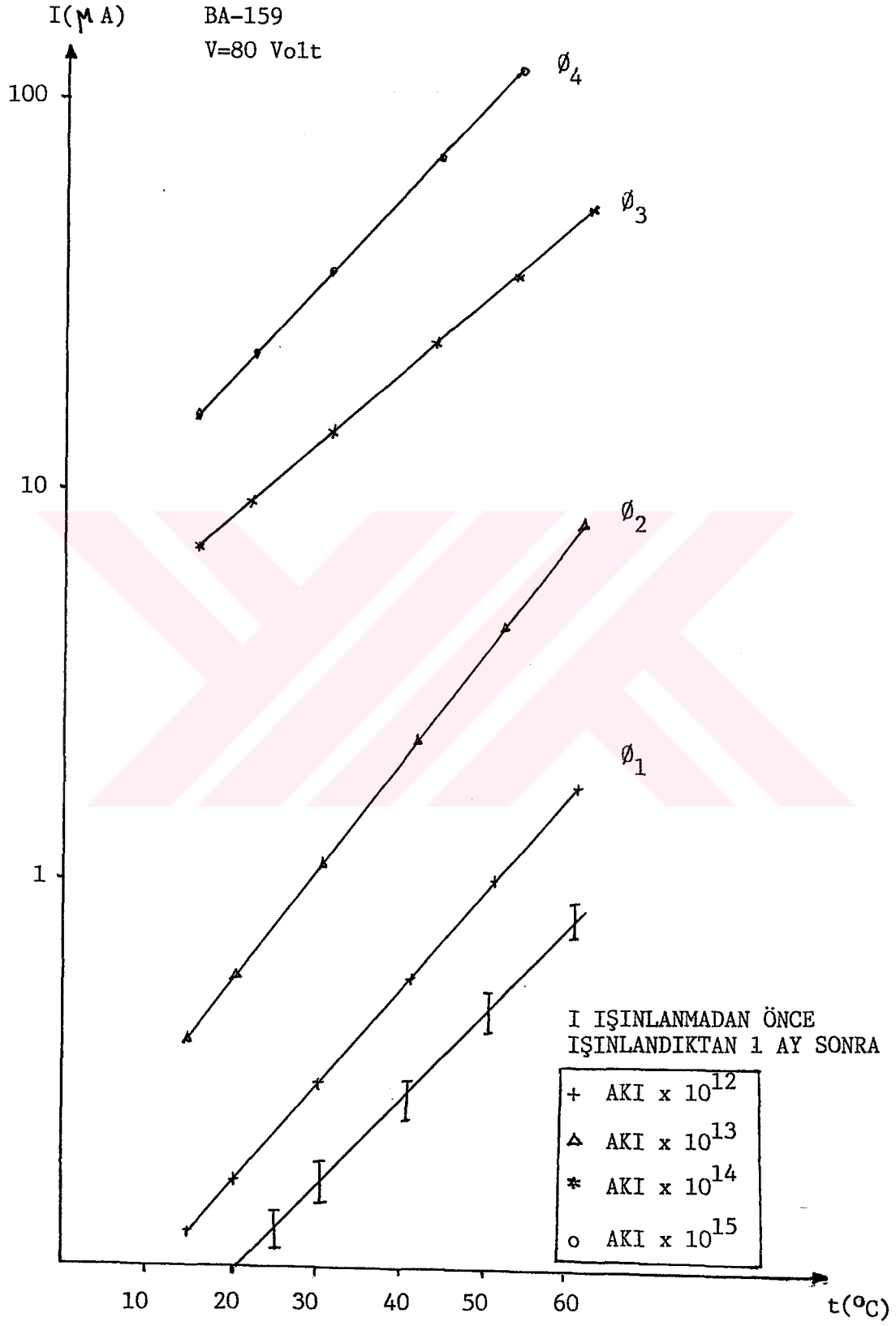
$$\emptyset_1 = 9.948 \times 10^{12} \quad \left(\frac{n}{\text{cm}^2 \cdot \text{sn}} \right)$$

$$\emptyset_2 = 9.948 \times 10^{13} \quad \left(\frac{n}{\text{cm}^2 \cdot \text{sn}} \right)$$

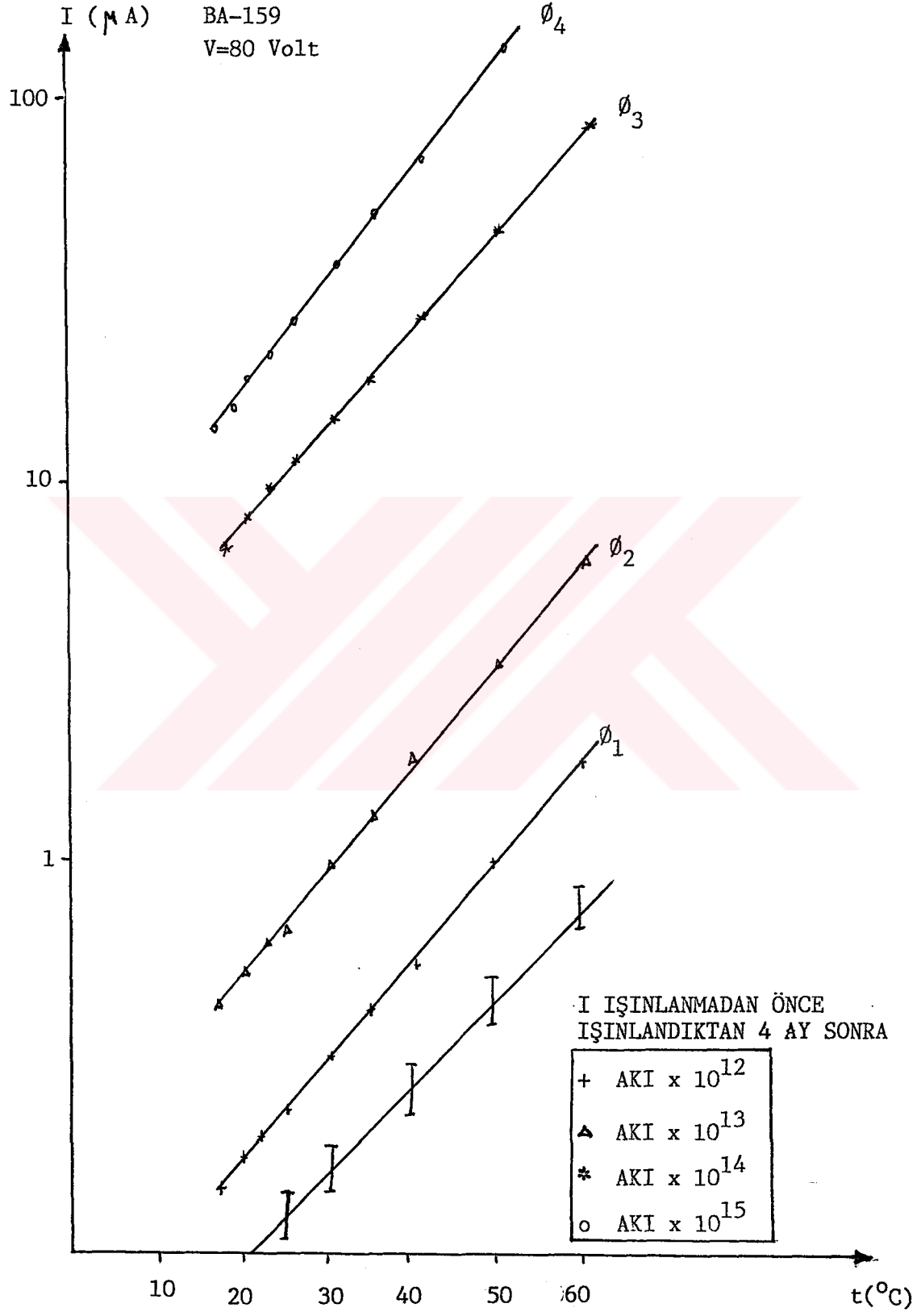
$$\emptyset_3 = 9.948 \times 10^{14} \quad \left(\frac{n}{\text{cm}^2 \cdot \text{sn}} \right)$$

$$\emptyset_4 = 9.948 \times 10^{15} \quad \left(\frac{n}{\text{cm}^2 \cdot \text{sn}} \right)$$

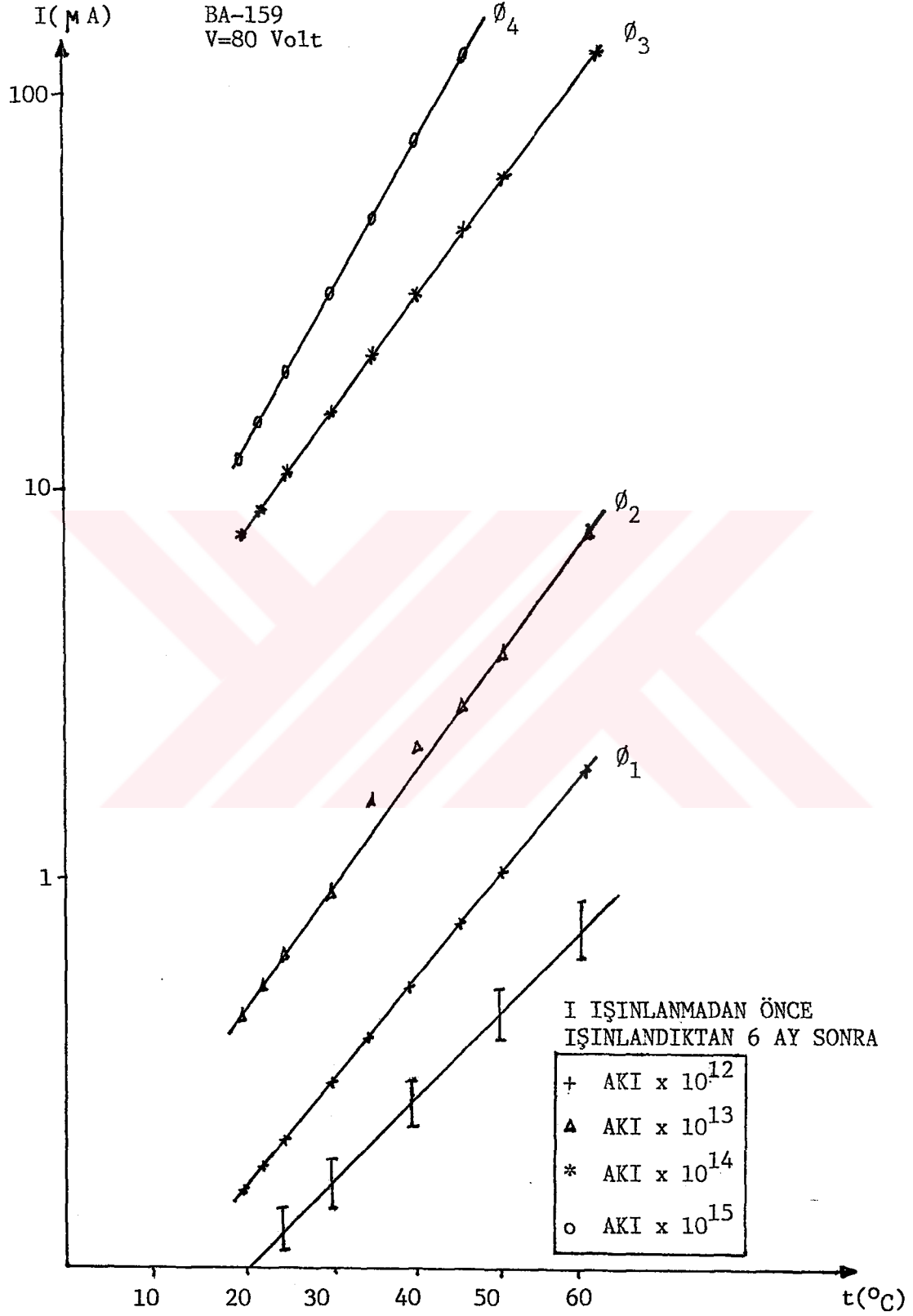
ışınlanan BA-159 ve BA-157 Schottky diyotlarının farklı gerilim altındaki akımların sıcaklıkla değişimleri incelendi. Ve ışınlamadan sonra değişik zaman aralıkları içinde bu işlem tekrarlandı. Işınlanmadan önce ve ışınlandıktan sonraki (I-t) Akım-sıcaklık karakteristikleri çizildi. Değişik zaman aralıklarında yapılan ölçümler Şekil 4.2.1, Şekil 4.2.2 ve Şekil 4.2.3 'de gösterilmiştir. Ayrıca (I- $\emptyset$) ve (I-t) karakteristikleri sırasıyla Şekil 4.2.4 ve Şekil 4.2.5 de verilmiştir.



Şekil 4.2.1



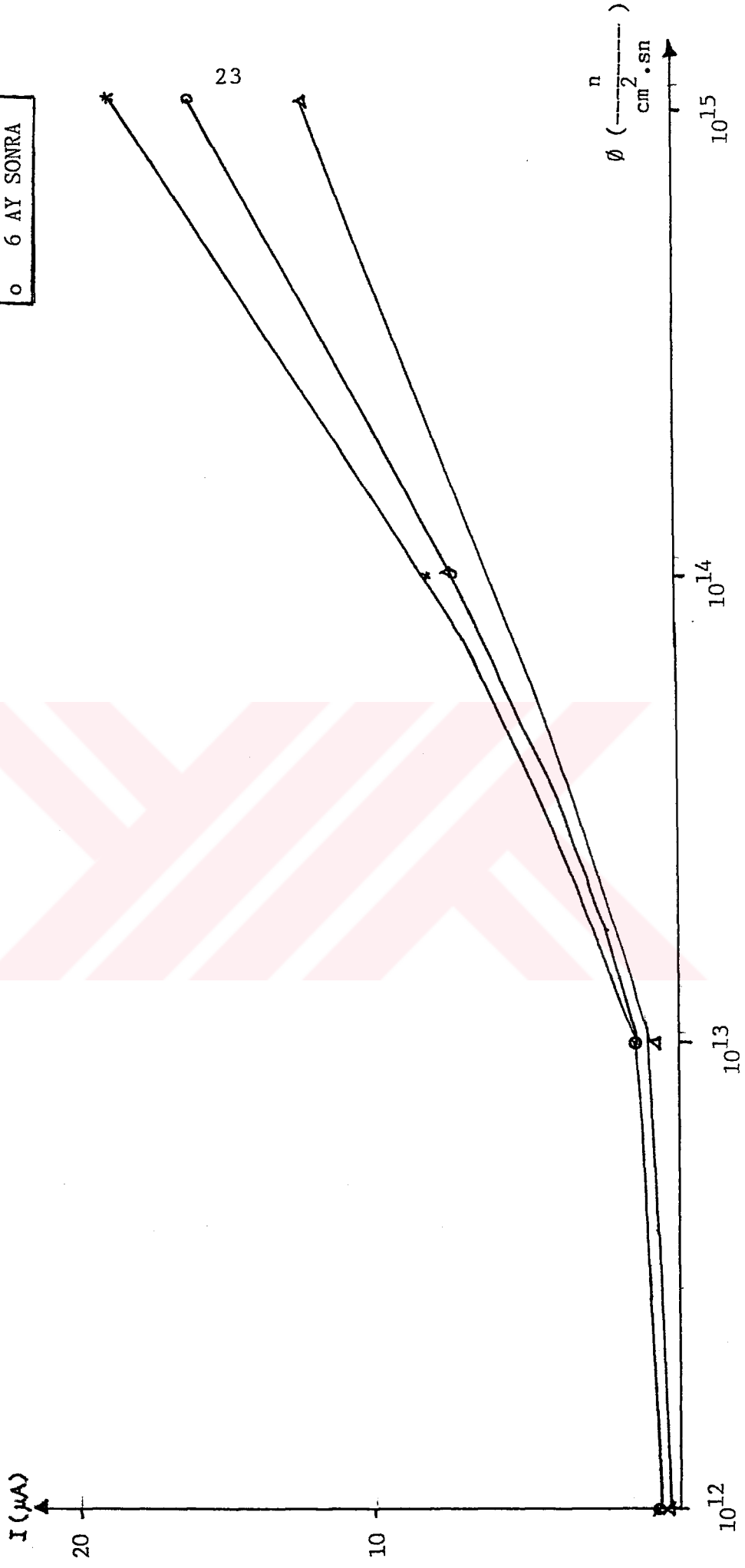
Şekil 4.2.2



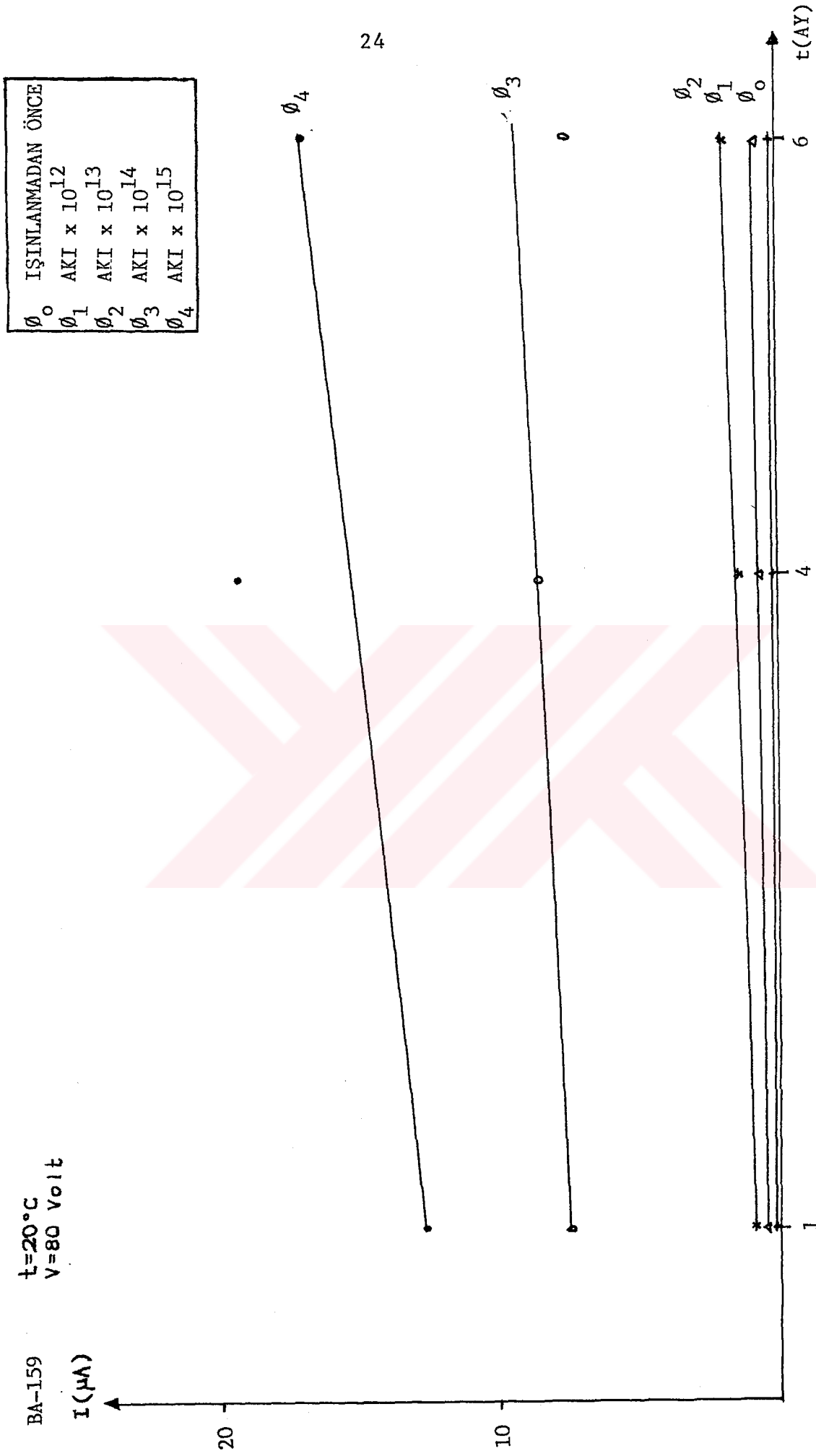
Şekil 4.2.3

BA-159
 $t=20^{\circ}\text{C}$
 $V=80\text{ Volt}$

Δ	1 AY SONRA
#	4 AY SONRA
o	6 AY SONRA



Şekil 4.2.4



IŞINLANDIKTAN SONRA

Sekil 4.2.5

4.3. $\ln J/1/kT$ KARAKTERİSTİKLERİ VE ENGEL YÜKSEKLİKLERİNİN HESAPLANMASI

Yüzeyleri

$$S_1 = 1.208 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 \quad (\text{BA-159})$$

$$S_2 = 1.414 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 \quad (\text{BA-157})$$

olan Schottky diyotlarının akımları okunduktan sonra akım yoğunlukları aşağıdaki bağıntıdan hesaplandı.

$$J = \frac{I}{S}$$

Elde edilen akım yoğunlukları ile (2.2.14) bağıntısından $\ln J/1/kT$ karakteristikleri çizildi. Ve doğruların eğimlerinden Schottky engel yükseklikleri hesaplandı.

Değişik zaman aralıkları içinde hesaplanmış engel yükseklikleri ve $(\ln J - \frac{1}{kT})$ karakteristikleri Şekil 4.3.1 , Şekil 4.3.2 ve Şekil 4.3.3 'de gösterilmiştir.

Ayrıca engel yüksekliklerinin zaman içinde akıya göre değişimi Şekil 4.3.4 de gösterilmiştir.

Farklı gerilimler için hesaplanmış engel yükseklikleri BA-159 ve BA-157 diyotları için sırasıyla Tablo-1 den Tablo-6 ya kadar olan kısımda gösterilmiştir.

BA-159

Tablo - 1

V=20 Volt	ϕ_0	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4
I Φ_B (eV)	0,49	0,48	0,56	0,37	0,44
II Φ_B (eV)	0,49	0,55	0,51	0,44	0,51
III Φ_B (eV)	0,49	0,57	0,61	0,51	0,63

Tablo - 2

V=40 Volt	ϕ_0	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4
I Φ_B (eV)	0,49	0,49	0,55	0,37	0,44
II Φ_B (eV)	0,49	0,52	0,50	0,44	0,52
III Φ_B (eV)	0,49	0,56	0,60	0,52	0,63

Tablo - 3

V=80 Volt	ϕ_0	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4
I Φ_B (eV)	0,49	0,49	0,55	0,38	0,44
II Φ_B (eV)	0,49	0,50	0,50	0,46	0,53
III Φ_B (eV)	0,49	0,55	0,55	0,56	0,65

I Işınlandıktan 1 ay sonra
 II Işınlandıktan 4 ay sonra
 III Işınlandıktan 6 ay sonra

BA-157

Tablo - 4

V=20 Volt		ϕ_0	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4
I	$\Phi_B(\text{eV})$	0,55	0,49	0,61	0,44	0,50
II	$\Phi_B(\text{eV})$	0,55	0,34	0,50	0,44	0,76
III	$\Phi_B(\text{eV})$	0,55	0,56	0,64	0,61	0,56

Tablo - 5

V=40 Volt		ϕ_0	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4
I	$\Phi_B(\text{eV})$	0,55	0,40	0,60	0,42	0,51
II	$\Phi_B(\text{eV})$	0,55	0,35	0,50	0,44	0,76
III	$\Phi_B(\text{eV})$	0,55	0,43	0,64	0,60	0,56

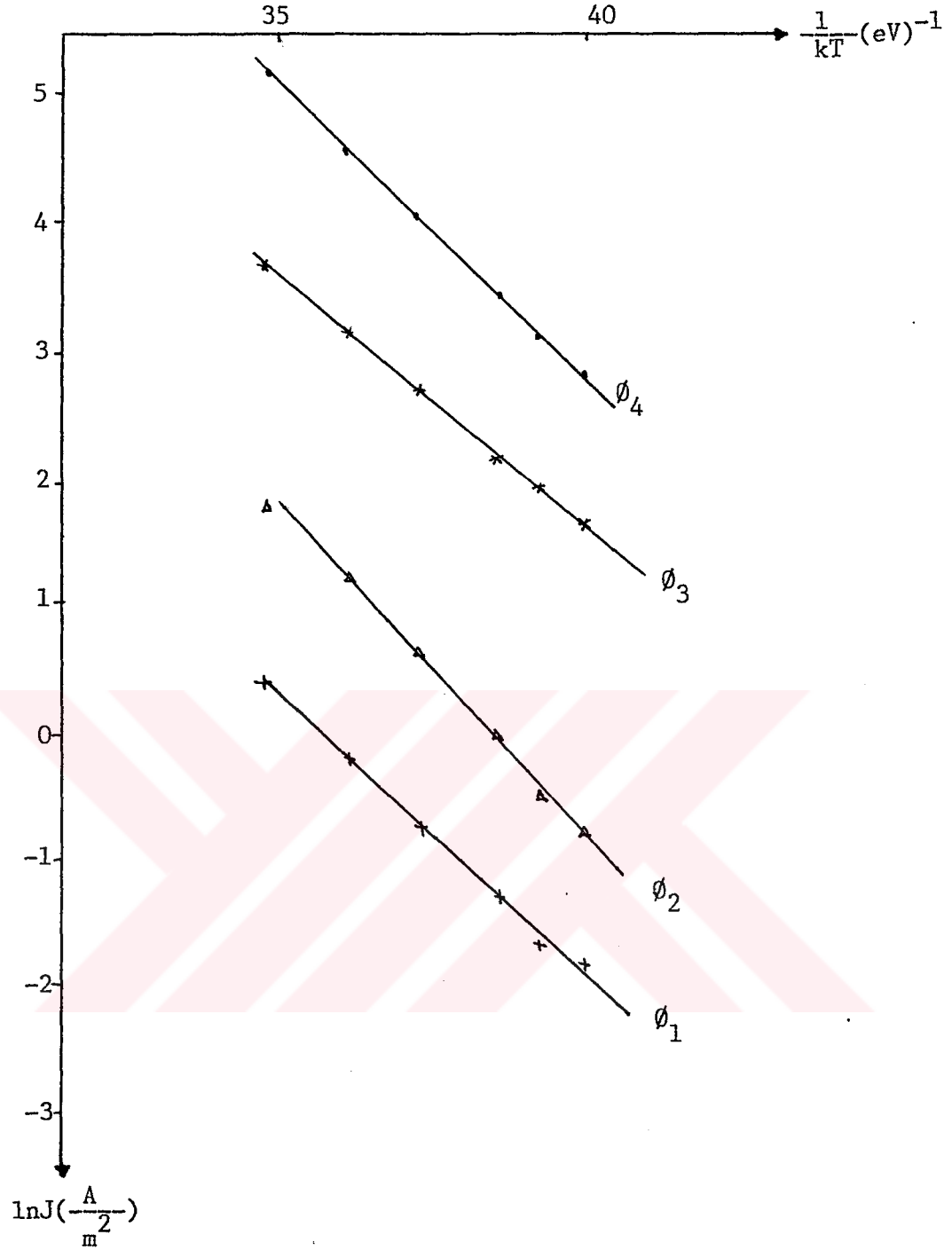
Tablo - 6

V=80 Volt		ϕ_0	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4
I	$\Phi_B(\text{eV})$	0,55	0,25	0,60	0,43	0,52
II	$\Phi_B(\text{eV})$	0,55	0,30	0,48	0,43	0,78
III	$\Phi_B(\text{eV})$	0,55	0,29	0,63	0,59	0,56

I Işınlandıktan 1 ay sonra

II Işınlandıktan 4 ay sonra

III Işınlandıktan 6 ay sonra



$$y = 16.5 - 0.46x$$

$$\bar{\Phi}_{B1} = -0.46 \text{ eV}$$

$$r = -0.993$$

$$y = 21 - 0.55x$$

$$\bar{\Phi}_{B2} = -0.55 \text{ eV}$$

$$r = -0.999$$

$$y = 17 - 0.38x$$

$$\bar{\Phi}_{B3} = -0.38 \text{ eV}$$

$$r = -0.997$$

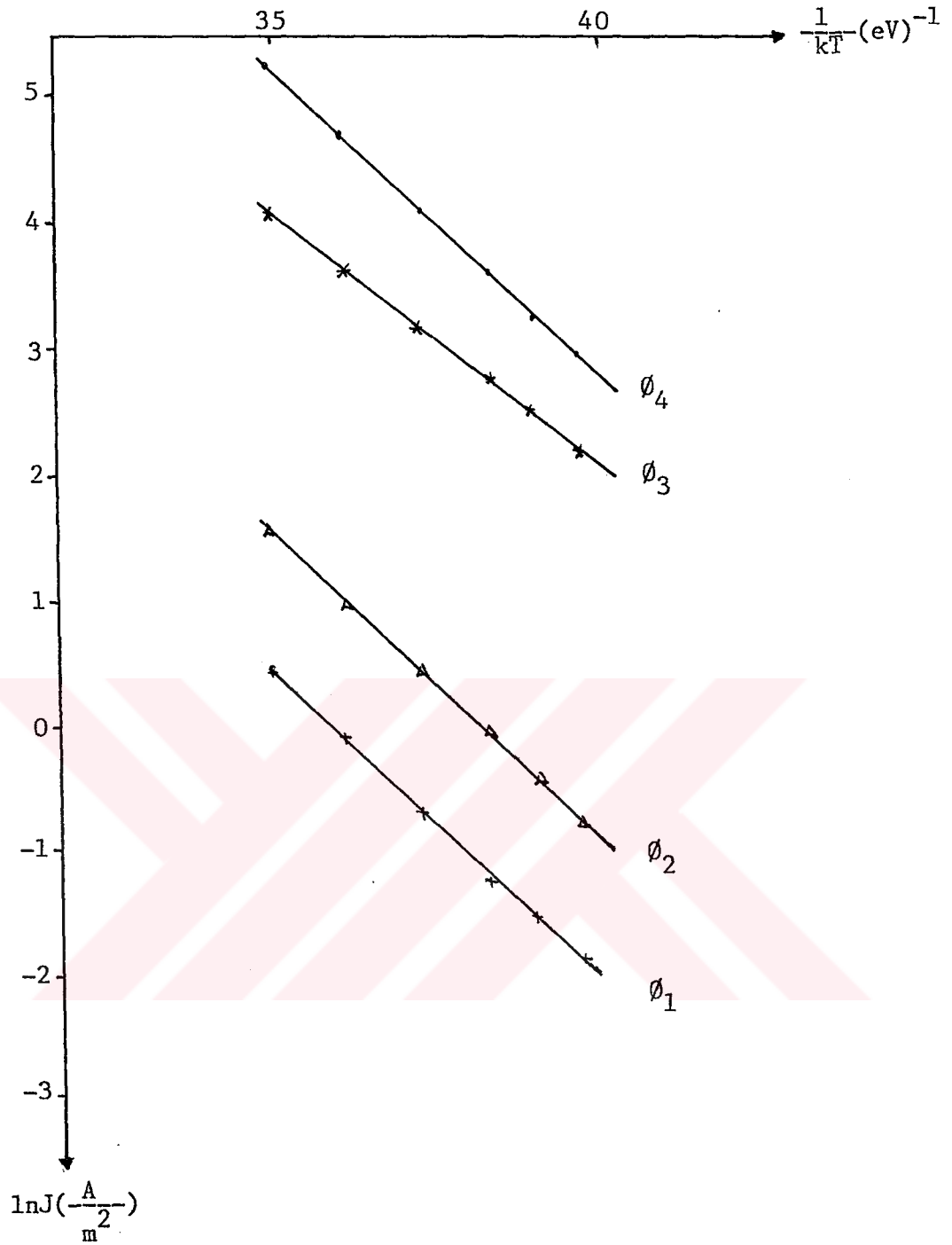
$$y = 20.5 - 0.44x$$

$$\bar{\Phi}_{B4} = -0.44 \text{ eV}$$

$$r = -0.999$$

BA-159 V=80 Volt IŞINLANDIKTAN 1 AY SONRA

ŞEKİL 4.3.1



$$y = 18 - 0.49x$$

$$\Phi_{B1} = -0.49 \text{ eV}$$

$$r = -0.999$$

$$y = 19 - 0.49x$$

$$\Phi_{B2} = -0.49 \text{ eV}$$

$$r = -0.999$$

$$y = 20.4 - 0.46x$$

$$\Phi_{B3} = -0.46 \text{ eV}$$

$$r = -0.999$$

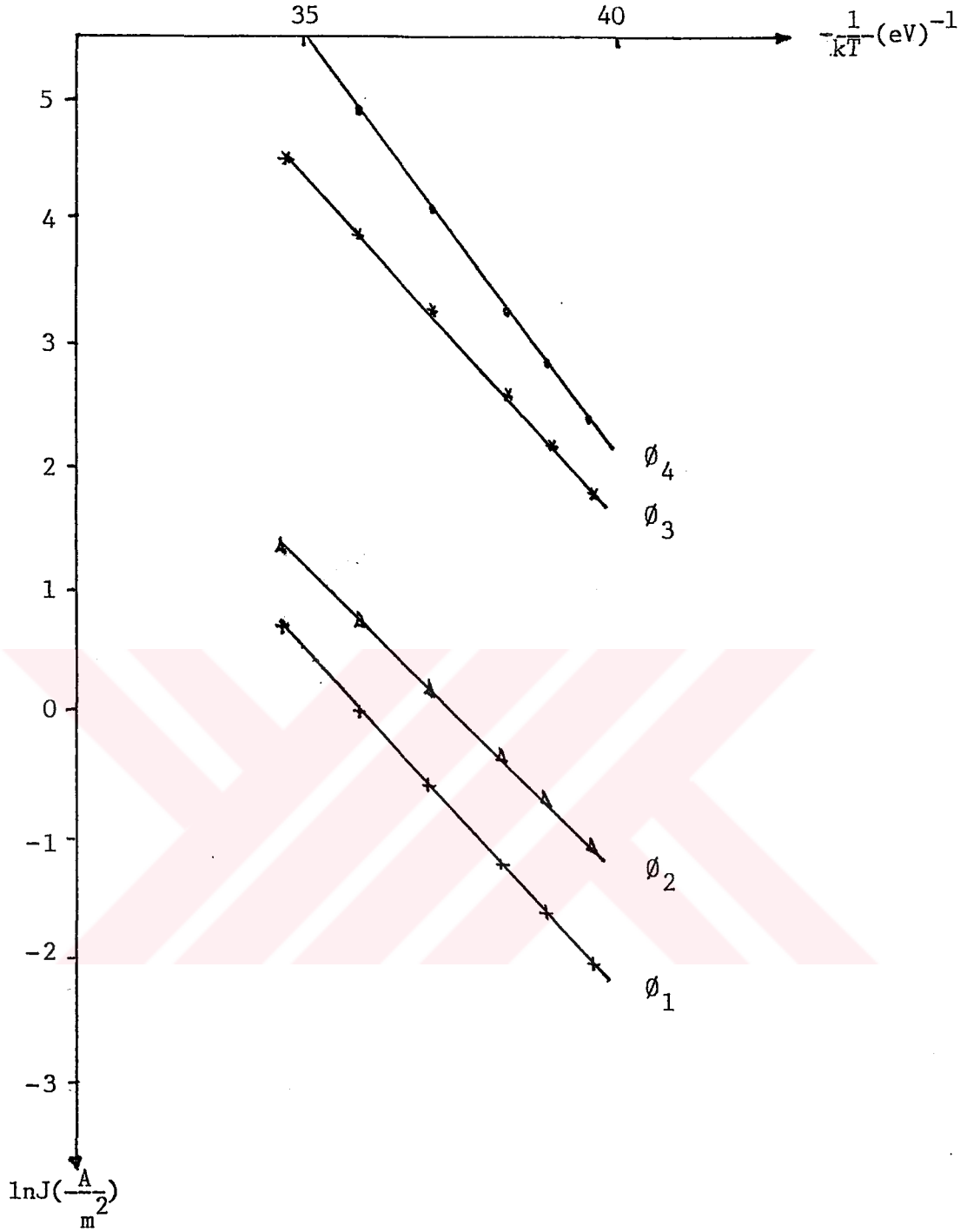
$$y = 24 - 0.53x$$

$$\Phi_{B4} = -0.53 \text{ eV}$$

$$r = -0.999$$

BA-159 V=80 Volt IŞINLANDIKTAN 4 AY SONRA

ŞEKİL 4.3.2



$$y = 20 - 0.55x$$

$$\phi_{B1} = -0.55 \text{ eV}$$

$$r = -0.999$$

$$y = 21 - 0.55x$$

$$\phi_{B2} = -0.55 \text{ eV}$$

$$r = -0.989$$

$$y = 24 - 0.56x$$

$$\phi_{B3} = -0.56 \text{ eV}$$

$$r = -0.999$$

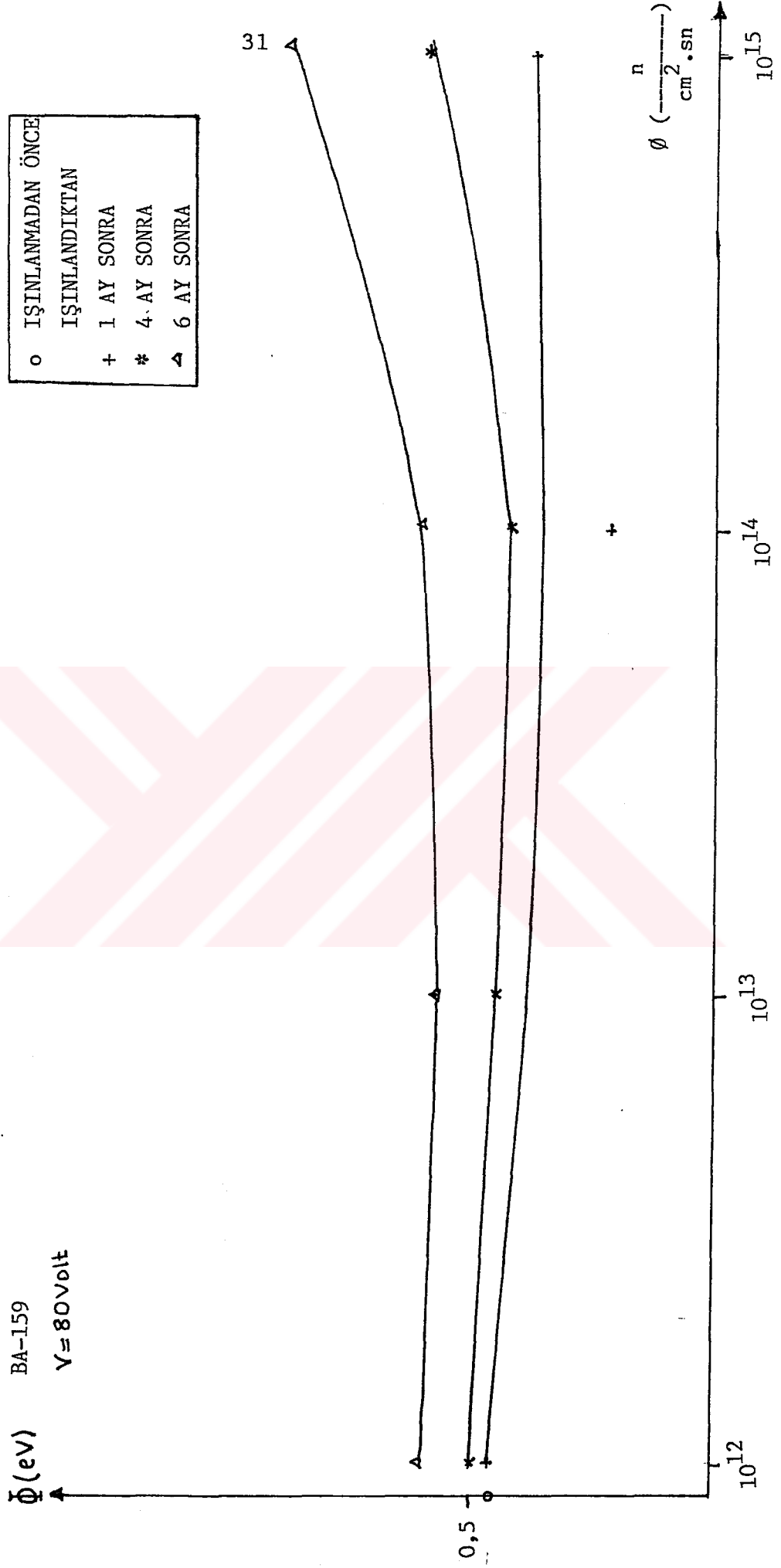
$$y = 28 - 0.65x$$

$$\phi_{B4} = -0.65 \text{ eV}$$

$$r = -0.999$$

BA-159 V=80 Volt IŞINLANDIKTAN 6 AY SONRA

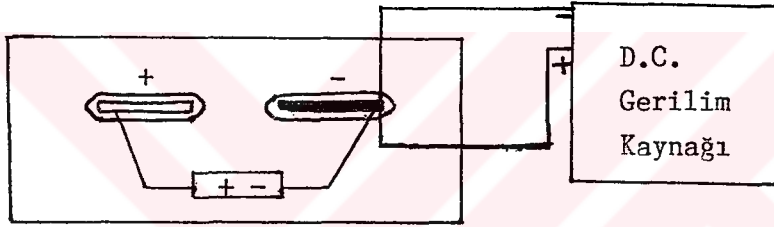
ŞEKİL 4.3.3



Sekil 4.3.4

4.4. SCHOTTKY DİYODUNUN KAPASİTESİNİN ÖLÇÜLMESİ DENEY SETİNİN HAZIRLANMASI

Schottky diyotlarının kapasitelerini ölçmek için laboratuvarımızda bulunan AIM marka LCR Databridge 401 kullanılmıştır. İki tarafı bakır plaket kesilerek, Şekil 4.4.1'deki gibi dışarıdan gerilim uygulanarak diyotların kapasiteleri ölçülebilir duruma getirildi.



Şekil 4.4.1 Kapasitansmetre

Farklı akılarda ısıtılan diyotların farklı gerilimlerdeki kapasitans değerleri Tablo-1, Tablo-2 ve Tablo-3'de gösterilmiştir. Burada;

C_0 = Isınlanmadan önceki diyotun kapasitesi,

C_1, C_2, C_3, C_4 de sırasıyla $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4$ akısıyla ısıtılan diyotun kapasitesini göstermektedir.

Tablo - 1

V(Volt)	C ₀ (pF)	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
4	13,8	14,3	13,5	20	39,5
6	13,2	13	12,5	18,2	38,2
8	12,3	12,3	11,5	16,4	34,8
10	11,5	11,5	10,6	14,8	32

BA-159 Işınlandıktan 1 ay sonra

Tablo - 2

V(Volt)	C ₀ (pF)	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
4	14	14,9	14	27	52,5
6	14	14,1	13,2	23	44,5
8	12,8	12,8	12,2	21,5	41,8
10	12	12	11,2	19,4	38,9

BA-159 Işınlandıktan 5 ay sonra

Tablo - 3

V(Volt)	C ₀ (pF)	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
4	14,7	14	13	25,5	43,5
6	13,2	12,6	11,8	24,2	40,8
8	12	11,5	10,7	22,5	36,5
10	11,4	10,7	10	20,5	35

BA-159 Işınlandıktan 7 ay sonra

Tablo - 1

V(Volt)	C ₀ (pF)	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
4	16,8	14,9	17	15	22
6	15,7	14	15,6	14	20
8	14,6	13,4	14,6	13	18,2
10	14	12,6	13,6	12,4	17,6

BA-157 Işınlandıktan 1 ay sonra

Tablo - 2

V(Volt)	C ₀ (pF)	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
4	18,8	16,9	18,3	16,1	30,5
6	16,8	15,1	16,1	14,2	25,8
8	15,4	14	14,8	12,8	23
10	14,5	12,9	13,8	11,8	20,5

BA-157 Işınlandıktan 5 ay sonra

Tablo - 3

V(Volt)	C ₀ (pF)	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
4	16	14,7	15,8	13,5	30
6	14,8	13,5	14,4	12	27,6
8	13,7	12,4	13,4	11,3	23,8
10	12,6	11,5	12,5	10,4	21,2

BA-157 Işınlandıktan 7 ay sonra

4.5. (C-V) ve $(-\frac{1}{C^2} - V)$ KARAKTERİSTİKLERİ ENGEL YÜKSEKLİK-

LERİNİN KAPASİTE DEĞERLERİYLE HESAPLANMASI

Ölçülen kapasite değerlerine göre (C-V) karakteristikleri ve $-\frac{1}{C^2}$ değerleri hesaplanarak $(-\frac{1}{C^2} - V)$ karakteristikleri çizildi. Doğruların eğiminden n-bölgesinin katkı konsantrasyonu N_D ve doğruların voltaj eksenini kestiği noktadan ise V_{dif} değerleri hesaplanarak Schottky engel yükseklikleri hesaplandı. Değişik zaman aralıkları için hesaplanmış $-\frac{1}{C^2}$ ve V(Volt) değerleri Tablo-5.1, Tablo-5.2 ve Tablo-5.3 de verilmiştir. Ayrıca (C-V) ve $(-\frac{1}{C^2} - V)$ karakteristikleri Şekil 5.1 den Şekil 5.5 e kadar olan kısımda gösterilmiştir.

Tablo - 5.1

V(Volt)	$1/C_1^2 \text{ (pF)}^{-2}$	$1/C_2^2$	$1/C_3^2$	$1/C_4^2$
4	4.89×10^{-3}	5.48×10^{-3}	2.5×10^{-3}	0.64×10^{-3}
6	5.91×10^{-3}	6.4×10^{-3}	3.01×10^{-3}	0.68×10^{-3}
8	6.6×10^{-3}	7.56×10^{-3}	3.7×10^{-3}	0.82×10^{-3}
10	7.56×10^{-3}	8.89×10^{-3}	4.56×10^{-3}	0.97×10^{-3}

BA-159 Işınlandıktan 1 ay sonra

Tablo - 5.2

V(Volt)	$1/C_1^2 (\text{pF})^{-2}$	$1/C_2^2$	$1/C_3^2$	$1/C_4^2$
4	4.5×10^{-3}	5.06×10^{-3}	1.37×10^{-3}	$0,36 \times 10^{-3}$
6	5.0×10^{-3}	5.73×10^{-3}	1.89×10^{-3}	$0,50 \times 10^{-3}$
8	6.1×10^{-3}	6.71×10^{-3}	2.16×10^{-3}	$0,57 \times 10^{-3}$
10	6.94×10^{-3}	7.97×10^{-3}	2.65×10^{-3}	$0,66 \times 10^{-3}$

BA-159 Işınlandıktan 5 ay sonra

Tablo - 5.3

V(Volt)	$1/C_1^2 (\text{pF})^{-2}$	$1/C_2^2$	$1/C_3^2$	$1/C_4^2$
4	5.1×10^{-3}	5.91×10^{-3}	1.53×10^{-3}	0.52×10^{-3}
6	6.29×10^{-3}	7.18×10^{-3}	1.7×10^{-3}	0.6×10^{-3}
8	7.56×10^{-3}	8.73×10^{-3}	1.97×10^{-3}	0.75×10^{-3}
10	8.73×10^{-3}	10×10^{-3}	2.37×10^{-3}	0.81×10^{-3}

BA-159 Işınlandıktan 7 ay sonra

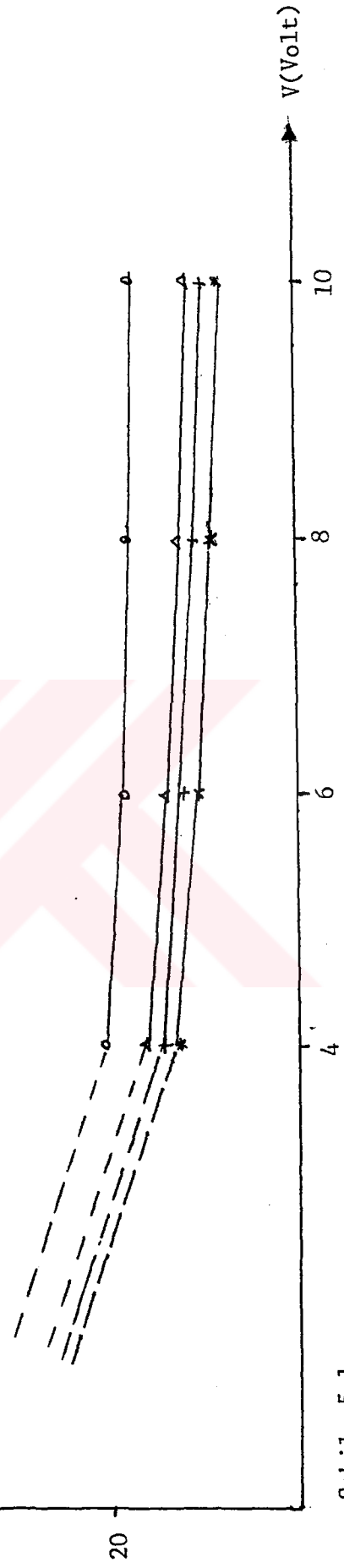
Kapasite değerlerinin akıya göre değişimi Şekil 5.6 da ve zamana göre değişimi Şekil 5.7 de gösterilmiştir.

C(pF)

BA-157

IŞINLANDIKTAN 1 AY SONRA

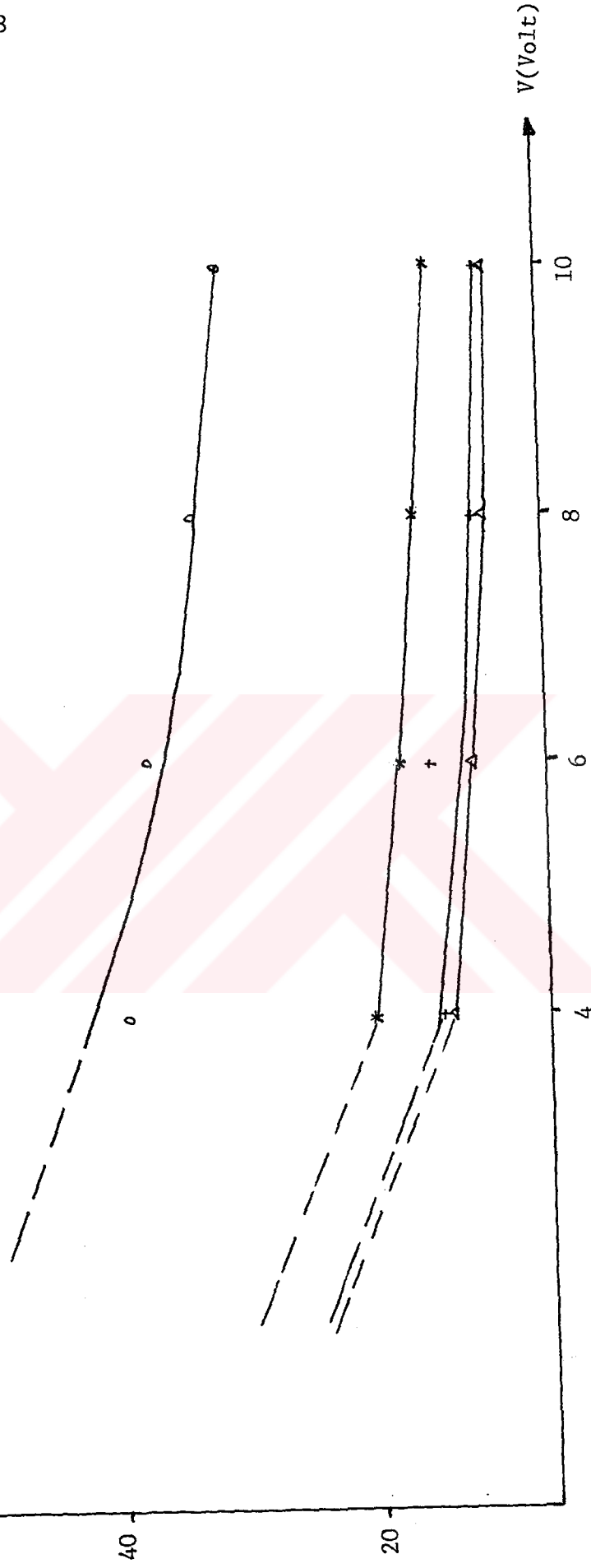
+	AKI x 10 ¹²
Δ	AKI x 10 ¹³
*	AKI x 10 ¹⁴
o	AKI x 10 ¹⁵



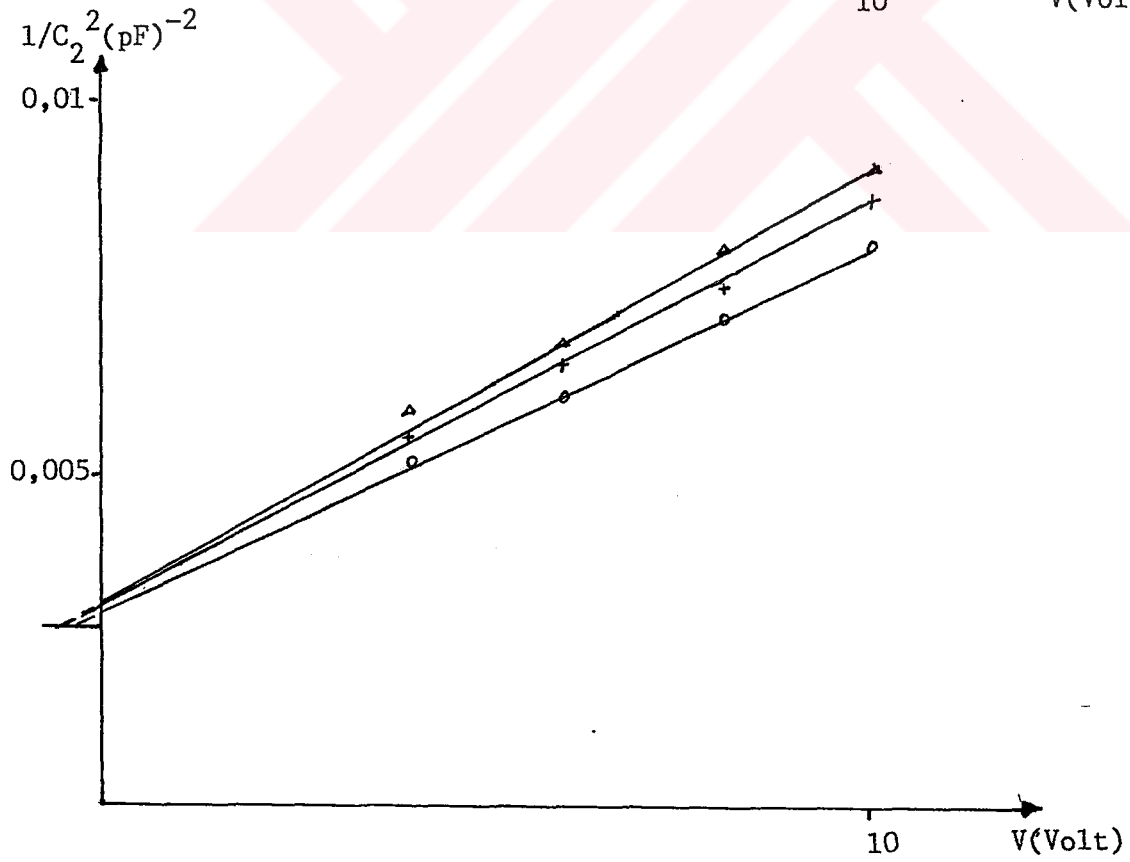
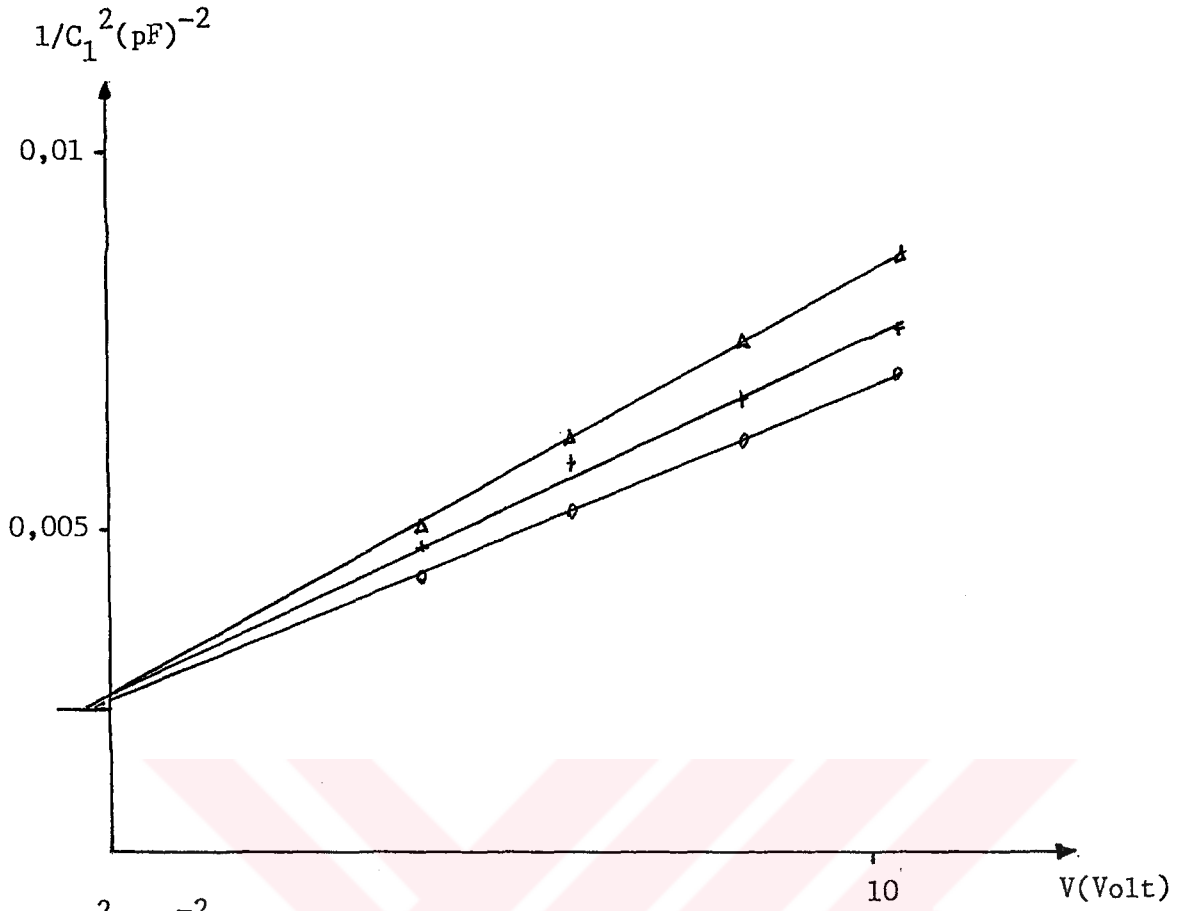
Şekil 5.1

IŞINLANDIKTAN 4 AY SONRA

+	AKI $\times 10^{12}$
Δ	AKI $\times 10^{13}$
*	AKI $\times 10^{14}$
o	AKI $\times 10^{15}$

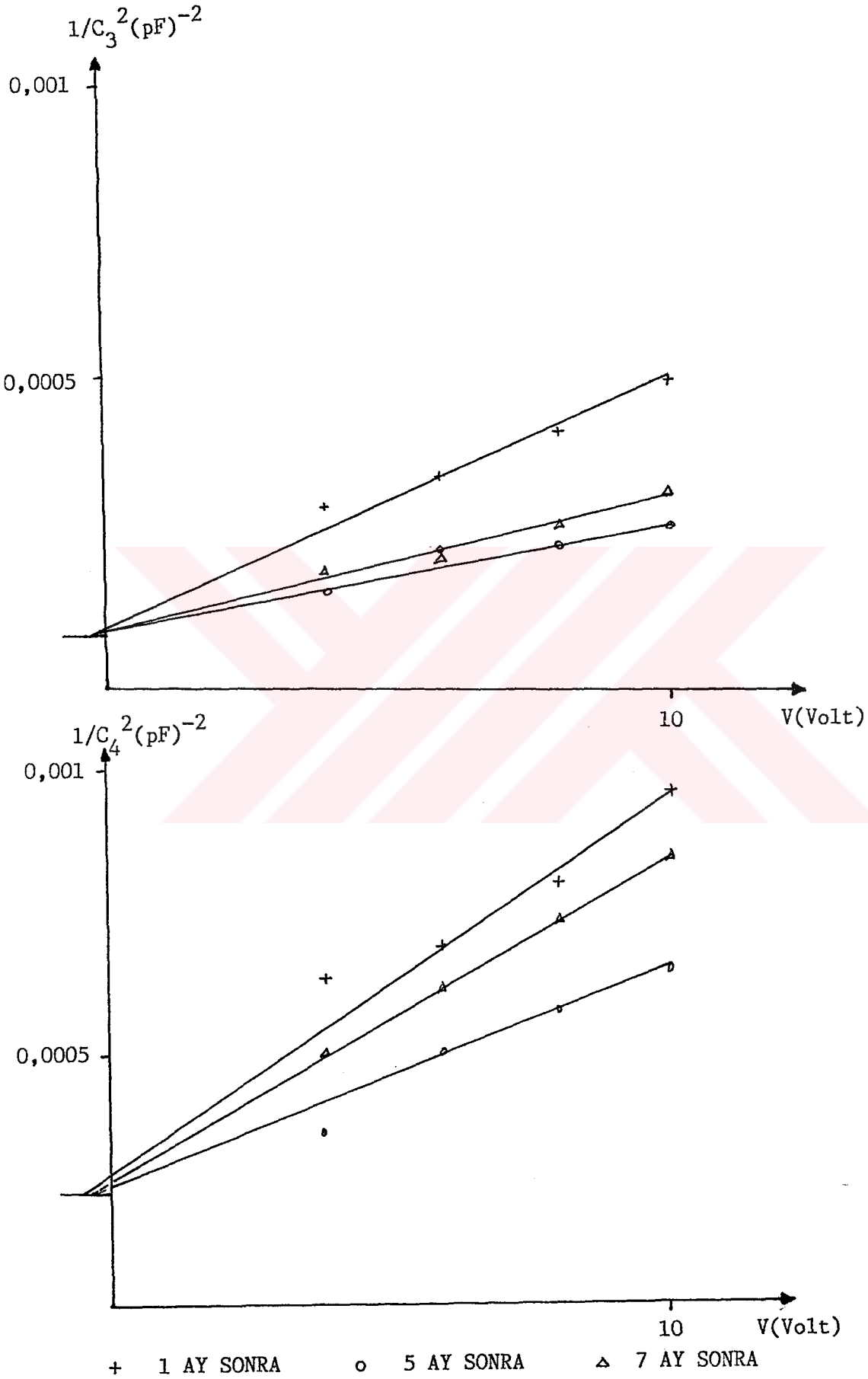


Şekil 5.2



+ 1 AY SONRA o 5 AY SONRA Δ 7 AY SONRA

Şekil 5.3 BA-159



Şekil 5.4 BA-159

Işınlandıktan sonraki değişik zamanlarda ölçülmüş olan kapasite değerlerinden hesaplanan $-\frac{1}{C^2}$ değerleriyle V potansiyeli arasında çizilen eğimlerden n -bölgesinin katkı konsantrasyonları hesaplandı. İletkinlik bandı ile Fermi seviyesi arasındaki enerji farkları (2.2.10) bağıntısına göre bulundu ve (2.2.9) bağıntısından Schottky engel yükseklikleri hesaplandı. Hesaplanan değerlere göre zaman içindeki değişimler aşağıda gösterilmiştir. Burada 1,2,3,4 sırasıyla farklı akılarda ışınlanmış BA-159 diyotlarını göstermektedir.

Işınlandıktan 1 ay sonra

$$B_1 = 4.35 \times 10^{20} F^{-1} V^{-1}$$

Eğim

$$B_2 = 4.84 \times 10^{20} F^{-1} V^{-1}$$

$$B_3 = 3.99 \times 10^{20} F^{-1} V^{-1}$$

$$B_4 = 2.81 \times 10^{20} F^{-1} V^{-1}$$

$$V_{dif_1} = 0,32 \text{ eV}$$

Doğrunun voltaj eksenini kestiği nokta

$$V_{dif_2} = 0,40 \text{ eV}$$

$$V_{dif_3} = 0,30 \text{ eV}$$

$$V_{dif_4} = 0,33 \text{ eV}$$

$$(E_c - E_f)_1 = 0,16 \text{ eV}$$

İletkenlik bandı ile
Fermi seviyesi arasın-
daki enerji farkı

$$(E_c - E_f)_2 = 0,16 \text{ eV}$$

$$(E_c - E_f)_3 = 0,16 \text{ eV}$$

$$(E_c - E_f)_4 = 0,16 \text{ eV}$$

$$\Phi_{B1} = 0,48 \text{ eV}$$

Schottky engel yük-
sekliği

$$\Phi_{B2} = 0,56 \text{ eV}$$

$$\Phi_{B3} = 0,46 \text{ eV}$$

$$\Phi_{B4} = 0,50 \text{ eV}$$

Işınlandıktan 5 ay sonra

$$B_1 = 42 \times 10^{20} \text{ F}^{-1} \text{V}^{-1}$$

$$V_{\text{dif}_1} = 0,40 \text{ eV}$$

$$B_2 = 4.85 \times 10^{20} \text{ F}^{-1} \text{V}^{-1}$$

$$V_{\text{dif}_2} = 0,35 \text{ eV}$$

$$B_3 = 2.65 \times 10^{20} \text{ F}^{-1} \text{V}^{-1}$$

$$V_{\text{dif}_3} = 0,28 \text{ eV}$$

$$B_4 = 2.16 \times 10^{20} \text{ F}^{-1} \text{V}^{-1}$$

$$V_{\text{dif}_4} = 0,40 \text{ eV}$$

$$(E_c - E_f)_1 = 0,16 \text{ eV}$$

$$\Phi_{B1} = 0,56 \text{ eV}$$

$$(E_c - E_f)_2 = 0,16 \text{ eV}$$

$$\Phi_{B2} = 0,51 \text{ eV}$$

$$(E_c - E_f)_3 = 0,17 \text{ eV}$$

$$\Phi_{B3} = 0,45 \text{ eV}$$

$$(E_c - E_f)_4 = 0,17 \text{ eV}$$

$$\Phi_{B4} = 0,57 \text{ eV}$$

Işınlandıktan 7 ay sonra

$$B_1 = 2.69 \times 10^{20} \text{ F}^{-1} \text{V}^{-1}$$

$$V_{\text{dif}_1} = 0,40 \text{ eV}$$

$$B_2 = 2.99 \times 10^{20} \text{ F}^{-1} \text{V}^{-1}$$

$$V_{\text{dif}_2} = 0,40 \text{ eV}$$

$$B_3 = 3.18 \times 10^{20} \text{ F}^{-1} \text{V}^{-1}$$

$$V_{\text{dif}_3} = 0,40 \text{ eV}$$

$$B_4 = 2.52 \times 10^{20} \text{ F}^{-1} \text{V}^{-1}$$

$$V_{\text{dif}_4} = 0,45 \text{ eV}$$

$$(E_c - E_f)_1 = 0,17 \text{ eV}$$

$$\Phi_{B1} = 0,57 \text{ eV}$$

$$(E_c - E_f)_2 = 0,17 \text{ eV}$$

$$\Phi_{B2} = 0,57 \text{ eV}$$

$$(E_c - E_f)_3 = 0,17 \text{ eV}$$

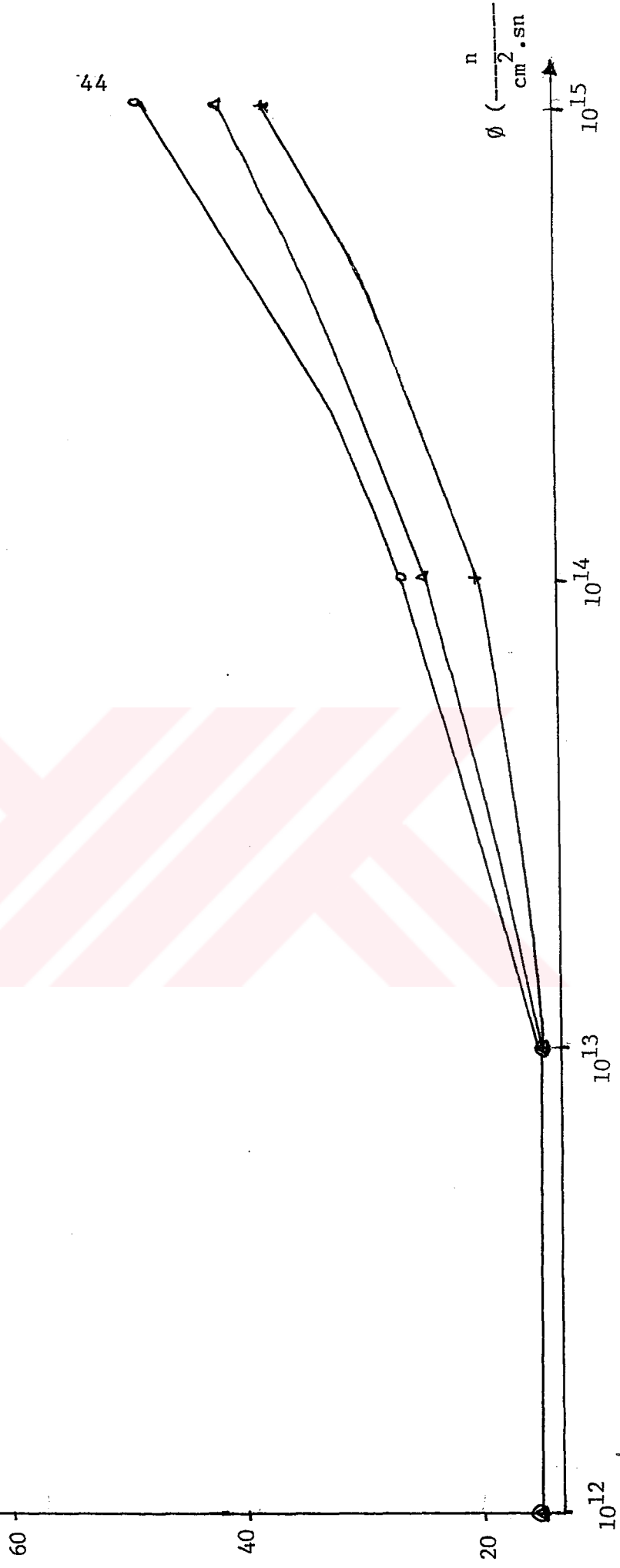
$$\Phi_{B3} = 0,57 \text{ eV}$$

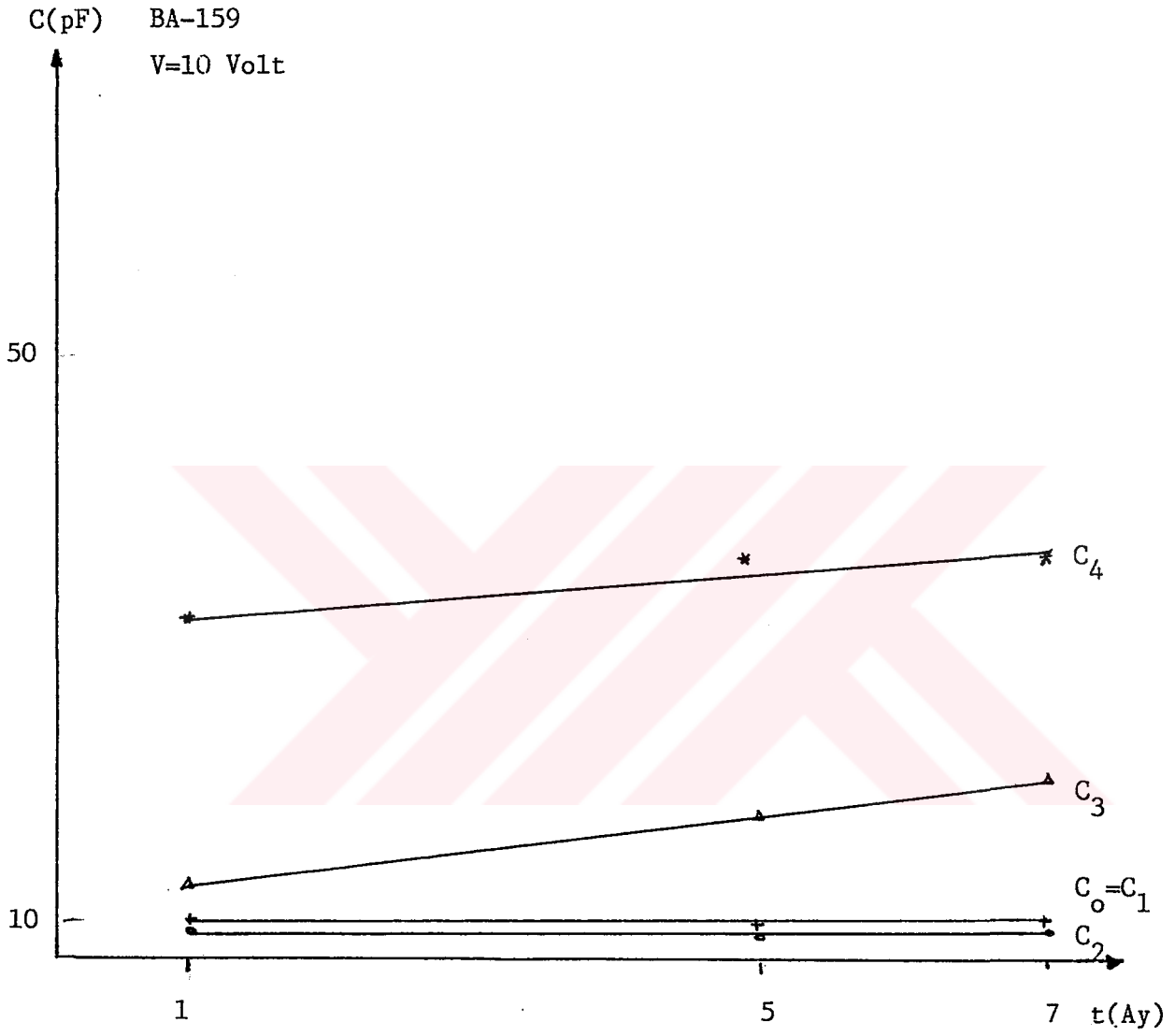
$$(E_c - E_f)_4 = 0,17 \text{ eV}$$

$$\Phi_{B4} = 0,61 \text{ eV}$$

C(pF) BA-159
V=4 Volt

IŞINLANDIKTAN	
+	1 AY SONRA
o	5 AY SONRA
Δ	7 AY SONRA





Şekil 5.6

C_0	Işınlanmadan önce
C_1	$AKI \times 10^{12}$
C_2	$AKI \times 10^{13}$
C_3	$AKI \times 10^{14}$
C_4	$AKI \times 10^{15}$

4.6. İKİ FARKLI YÖNTEMLE HESAPLANAN ENGEL YÜKSEKLİKLERİNİN HESAPLANMASI

İki farklı yöntem arasındaki karşılaştırmalar aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

Tablo - 1 Işınlandıktan 1 ay sonra

$\Phi_{B_0} = 0,49$	Φ_{B_1}	Φ_{B_2}	Φ_{B_3}	Φ_{B_4}
I-Yöntem	0,48	0,56	0,36	0,41
II-Yöntem	0,48	0,56	0,46	0,50

Tablo - 2 Işınlandıktan 5 ay sonra

$\Phi_{B_0} = 0,49$	Φ_{B_1}	Φ_{B_2}	Φ_{B_3}	Φ_{B_4}
I- Yöntem	0,55	0,51	0,44	0,51
II-Yöntem	0,56	0,51	0,45	0,57

Tablo - 3 Işınlandıktan 7 ay sonra

$\Phi_{B_0} = 0,49$	Φ_{B_1}	Φ_{B_2}	Φ_{B_3}	Φ_{B_4}
I-Yöntem	0,57	0,61	0,51	0,63
II-Yöntem	0,57	0,57	0,57	0,61

I - Yöntem = $(\ln J - 1/kT)$ grafiklerinden hesaplama

II- Yöntem = $(1/C^2 - V)$ grafiklerinden hesaplama

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada BA-159 ve BA-157 Schottky diyotlarının kaçak akımlarının farklı gerilimler altında sıcaklıkla değişimleri incelendi ve yapılan ölçümlerden kaçak akımların sıcaklıkla üstel olarak arttığı gözlemlendi. Daha sonra her iki grupta bulunan 4 ayrı Schottky diyotları sırasıyla,

$$\emptyset_1 = 9.948 \times 10^{12} \left(\frac{n}{\text{cm}^2 \cdot \text{sn}} \right)$$

$$\emptyset_2 = 9.948 \times 10^{13} \left(\frac{n}{\text{cm}^2 \cdot \text{sn}} \right)$$

$$\emptyset_3 = 9.948 \times 10^{14} \left(\frac{n}{\text{cm}^2 \cdot \text{sn}} \right)$$

$$\emptyset_4 = 9.948 \times 10^{15} \left(\frac{n}{\text{cm}^2 \cdot \text{sn}} \right)$$

akımlarında ısınladı. Isınlanmadan önce, akımların sıcaklığa bağlı olarak artmasının termoiyonik emisiyondan kaynaklandığını söyleyebiliriz. Nötron bombardımanına tutulduktan sonra akımın artmasını silisyum ağırlıklı yapıda ortaya çıkan fosfor miktarının ve bu radyasyonun sonucunda yapıda meydana gelen kusurların artmasına bağlayabiliriz. Meydana gelen hasar-

lar mekanizmadaki taşıyıcıların artmasına neden olmaktadır. Nötron bombardımanından sonra geçen zaman içinde nötron akısına bağlı olarak akımın değişimi incelendiğinde üstel bir artış gözlemlendi. Özellikle bu değişimin akıyla arttığı görüldü.

Engel yükseklikleri iki farklı yöntemle hesaplandı. Arrhenius çizimlerinden yararlanarak $(\ln J - \frac{1}{kT})$ eğrilerinden bombardımandan sonra hesaplanan engel yüksekliklerinin nötron akısının özellikle 10^{15} mertebesi civarında büyük artışlar gösterdiği gözlemlendi.

Kapasite ölçümlerinde ise BA-157 için ilk akı değerinde zaman içinde düşüşler olduğu ikinci akı bölgesinde ise bir kararsızlığın olduğu $\emptyset_3$ akısında yine bir azalma ve $\emptyset_4$ akısında ise sürekli bir artış gözlemlendi. BA-159 için incelendiğinde ise $\emptyset_1$ ve $\emptyset_2$ akılarında zaman içerisinde kararsızlıklar olduğu, $\emptyset_3$ ve $\emptyset_4$ akılarında ise kapasitelerin arttığı gözlemlendi. İki farklı diyotta kapasite artımının BA-157 de $\emptyset_4$ akısında BA-159 da ise $\emptyset_3$ de olmasının nedenini malzeme yapılarındaki farklılığa bağlayabiliriz.

İki farklı yöntemle hesaplanan engel yükseklikleri karşılaştırıldığında hemen hemen aynı değerler bulundu. Zaman içerisinde farklı nötron akılarındaki engel yüksekliklerinin farklılığını ise malzemede meydana gelen hasarlar nedeniyle olduğunu söyleyebiliriz. Işınlanmadan önceki engel yükseklikleri ile bombardımandan sonraki engel yüksekliklerinin farklılıklarının nötron radyasyonunun etkisiyle olduğu görülmektedir.

6. KAYNAKLAR

1) Uğur BÜGET

KÜÇÜK ÖZDİRENÇLİ SİLİSYUM YAPILARINDA NÖTRON IŞINLAMASININ
ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERE ETKİSİ,

Doğa Bilim Dergisi, Seri A, Cilt 9, Sayı 2, 1985.

2) A.GÜMÜŞ, N.YALÇIN, A.TÜRÜT, M.SAĞLAM, A.DARTICI

SERİ DİRENÇLİ Cu/p-Si SCHOTTKY DİYODUNDA BAZI PARAMETRE-
LERİ TAYİNİ, TFD-13,

Anadolu Üniversitesi, 1992.

3) A.KARAPINAR, N.YALÇIN

P⁺ PM SCHOTTKY DİYOT YAPISININ YAPISAL PARAMETRELERİNİN
TAYİNİ, TFD-13,

TFD-13, Ege Üniversitesi, 1990

4) DIMIC V.

"Josef Stefan" Institute LJUBLJANA, YUGOSLAVIA NEUTRON,
TRANSMUTATION DOPING ON SILICON 250 kW TRIGA REACTOR IN
LJUBLJANA

5) KORDE R and OJHA A, United Detector Technology BRASH R,

S-Cubed Division of Maxwell Lab. ENGLISH C.T. Ball Corpo-
ration / Efratom Division THE EFFECT of NEUTRON IRRADIATION
ON SILICON PHOTODIODES IEEE Transactions on Nuclear Scienc
Vol. 36. No.6 December, 1989

6) Sait AKPINAR

YARIİLETKENLER FİZİĞİ, İ.Ü. Fen Fakültesi, 1979.

7) Işık KARABAY

SCHOTTKY ENGELİNDE KAÇAK AKIMLARIN SICAKLIĞA BAĞLI OLARAK
İNCELENMESİ,

YÜKSEK LİSANS TEZİ, Yıldız Üniversitesi, 1988

8) RADIATION PROTECTION PROCEDURES

Safety Series No=38, International Atomic Energy Agency
VIENNA, 1973.

9) Ali Nezihi BİLGE

NÜKLEER ENERJİYE GİRİŞ EĞİTİM YAYINLARI, No=9

10) Ayşe ŞİŞMANOĞLU

NÖTRON RADYASYONUNUN GÜNEŞ PİLLERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTI-
RILMASI,

YÜKSEK LİSANS TEZİ, İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enst., 1991

11) MILLMANN J.and HALKIAS C.C.

ELEKTRONİK DÜZENLER VE DEVRELERİ-CİLT 2

Çeviren Y.Müh. Yıldız LEBLEBİCİ, İ.T.Ü. Elektrik Elektro-
nik Fak., 1984.

İZMİR KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI
İZMİR KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI
İZMİR KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI

12) SZE, M.S

Bell Laboratories, Incorporated

Murray Hill, New Jersey

PHYSICS OF SEMİCONDUCTOR DEVICES, 1981

13) A.Van Der ZIEL

Solid State Physical Electronics Prentice Hall of India

Private Limited New Delhi, 1971

14) Sami GEZCİ

KATIHAL FİZİĞİ. İ.T.Ü. Matbaası Gümüşsuyu, 1992.

15) Tahsin Nuri DURLU

KATIHAL FİZİĞİNE GİRİŞ,

Ankara Üniversitesi, 1992.

16) Muzaffer ORAL

GÜNEŞ PİLLERİ,

Ege Üniversitesi, 1979.

ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Balıkesir'de doğdum. Orta öğrenimimi İstanbul Beşiktaş Kız Lisesinde tamamladım. 1989 yılında Yıldız Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünü bitirdim. 1991 yılından beri İstanbul Avcılar Anadolu Teknik Lisesinde Fizik öğretmeni olarak çalışmaktayım.

