



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Schottky Eng. Kapak Akım. Sic. Bağlı Olarak Inc.

Yüksek Lisans Tezi

İŞİK KARADAY

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

Kot R 210
43
Alındığı Yer :..... Fen Bilimleri Enst.....
Tarih :..... 20.03.1992.....
Fatura :.....
Fiyatı :..... 15.000.-TL.....
Ayniyat No :..... 1/1.....
Kayıt No :..... 48233.....
UDC :..... 530.....
Ek :.....



YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
D.B. No 46073

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İÇİNDEKİLER

PROFESÖR

DZET

1 - BİRİNCİ

2 - GENEL BİLGİLER

2.1 - KAYNAK OLARAK, 15 YONKILYON

2.2 - METAL N-TİPE YARIİLETKEN KATMANLARI

SCHOTTKY ENGELİNDE KAÇAK AKIMLARIN

SICAKLIĞA BAĞLI OLARAK İNCELENMESİ

2.3 - SCHOTTKY AKIMLARI

2.4 - AKTİF RÖLENTİLENDİRİLMİŞ FENOMENLER

3 - DENEY ÇALIŞMALARI

3.1 - DENEY DİYAR

3.2 - DENEY DİYARININ KURULUŞU

3.3 - DENEY DİYARININ KURULUŞU

3.4 - DENEY DİYARININ KURULUŞU

3.5 - DENEY DİYARININ KURULUŞU

3.6 - DENEY DİYARININ KURULUŞU

3.7 - DENEY DİYARININ KURULUŞU

3.8 - DENEY DİYARININ KURULUŞU

3.9 - DENEY DİYARININ KURULUŞU

3.10 - DENEY DİYARININ KURULUŞU

3.11 - DENEY DİYARININ KURULUŞU

3.12 - DENEY DİYARININ KURULUŞU

3.13 - DENEY DİYARININ KURULUŞU

3.14 - DENEY DİYARININ KURULUŞU

3.15 - DENEY DİYARININ KURULUŞU



YÜKSEK LİSANS TEZİ

İŞİK KARABAY

İSTANBUL 1988

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR

ÖZET

1 - GİRİŞ

2 - GENEL BİLGİLER

2.1 - KAVŞAK OLUŞUMU, İŞ FONKSİYONU

2.2 - METAL n-TİPİ YARIİLETKEN KAVŞAKLAR

2.3 - METAL p-TİPİ YARIİLETKEN KAVŞAKLAR

2.4 - ENGEL YÜKSEKLİĞİ, ARINMA BÖLGESİ

2.5 - KAVŞAKTAKİ AKIMLAR

2.6 - ARINMA BÖLGESİNİN GENİŞLİĞİ, KAPASİTANSI

3 - DENEL ÇALIŞMA

3.1 - DENEY SETİNİN HAZIRLANMASI

3.1.1 - ELEKTRONİK TERMOMETRELİ SICAKLIK
KONTROLÜ CİHAZI

3.1.2 - DC GERİLİM KAYNAĞI

3.1.3 - KRİYOSTAT

3.1.4 - DİĞER ELEMANLAR VE DENEY SETİ

3.2 - KAÇAK AKIMLARIN ÖLÇÜLMESİ

3.2.1 - I-T KARAKTERİSTİKLERİ

3.2.2 - $\ln J - 1/kT$ EĞRİLERİ VE ENGEL
YÜKSEKLİĞİNİN HESAPLANMASI

3.2.3 - SONUÇLAR

3.3 - SCHOTTKY DİYOTUNUN KAPASİTESİNİN ÖLÇÜLMESİ

3.3.1 - DENEY SETİNİN HAZIRLANMASI

3.3.2 - C-V KARAKTERİSTİKLERİ VE ARINMA

BÖLGESİ GENİŞLİĞİNİN HESAPLANMASI

3.3.3 - SONUÇLAR

4 - SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

5 - EKLER

6 - KAYNAKLAR

ÖZGEÇMİŞ

TEŞEKKÜR

Lisansüstü çalışmamı kendi kurumumda yapmamı sağlayan hocam sayın Prof. Dr. Sevket ERK'e ; tez yöneticiliğimi üstlenen ve çalışmamın her aşamasında beni yönlendiren, bilgisinden çok yararlandığım hocam sayın Doç. Dr. Yani SKARLATOS'a ; teorik ve pratik çalışmalarımda bana fikir ve eleştirileriyle sürekli destek olan Yrd. Doç. Dr. Süha AKÇİZ'e ; deney setimin hazırlanmasındaki yardımlarından dolayı Arş. Gör. arkadaşlarım Kemal TOKMANOĞLU, Mustafa ÖMÜR ve Birtan KAVANOZ'a içten teşekkür ederim.

ÖZET

Bu çalışmada, piyasada yaygın olarak kullanılan hızlı anahtarlama, mikrodalga vs. uygulamaları gibi hızlı çalışması gereken modern elektronik cihazlarda kullanılan devre elemanlarından olan Schottky diyotları, ters beslenerek sıcaklığa bağlı olarak incelenmiştir.

1. bölüm, bu diyotlar ve kullanım alanları, 2. bölüm ise fiziksel olarak oluşumları hakkında genel bilgiler vermektedir. 3. bölümde deneysel çalışma anlatılmıştır. $I-T$, $\ln J-1/kT$, $C-V$, $1/C^2-V$ karakteristikleri çizilerek, Schottky engel yükseklikleri ve arınma bölgesi genişlikleri hesaplanmıştır. Hesaplar sonucunda, incelenen diyotların Schottky engel yükseklikleri $(0,5 - 0,6)$ eV civarında ve $(0 - 6)$ Volt arasında değişen ters gerilim altında arınma bölgesi genişliklerinin $(4-12)$ μm arasında değiştiği bulunmuştur. 4. bölüm sonuçların değerlendirilmesini içermektedir.

SUMMARY

In the present work , Schottky diodes which are commonly used in modern electronic instruments as applications of fast swiching , microwave etc. are reverse biased and studied under heat treatment.

Chapter 1 gives information about these diodes and their usages , Chapter 2 also gives general information about their physical consistency. In Chapter 3 , experimental procedure is explained ; I-T, $\ln J-1/kT$, C-V, $1/C^2-V$ characteristics are drawn, and Schottky barrier heights and depletion layer widths are calculated. As a result, Schottky barrier heights are found to be about (0,5-0,6)eV, and depletion layer widths are found to be changed from $4\mu m$ to $12\mu m$ while the examined diodes are reverse biased from 0,5V to 6V.

Chapter 4 includes the discussions about the results.

2. GENEL BİLGİLER

1. GİRİŞ

iletkenlerin akım taşıyıcıları, band yapısına bağlı olmaksızın, o iletken içinde hapsedilmiş durumdadır. Cismin yüzeyi, akım taşıyıcılarının dışarı çıkmaları için bir engel teşkil eder. Cismin içinde de akım taşıyıcıları için engeller olabilir. Elektronik yarıiletken elemanların pek çoğu, yarıiletkenin içinde veya yüzeyinde oluşan engellerden yararlanılarak hazırlanırlar. Engel tabakalarının varlığından yararlanılarak hazırlanan cihazlar; diyot, transistör, fototransistör, diak, triak, güneş pilleri gibi elemanlar veya bunların biraraya getirilmelerinden oluşan entegre devreler vs. dir.

Metal-yarıiletken temas bölgesindeki potansiyel engeline Schottky engeli denir. Bugün artık çok kısa anahtarlama süreleri olan Schottky diyotları geliştirilmiştir. Bu diyotların anahtarlama süreleri 10^{-11} saniye mertebesinde dir. Bu da, Schottky diyotlarının radyoelektronik darbe devrelerinde, bilgisayarlarda ve yüksek operasyonel hız gerektiren otomasyon devrelerinde kullanılmalarını sağlar.

2 . GENEL BİLGİLER

METAL-YARIİLETKEN KAVŞAKLAR

2.1 KAVŞAK OLUŞUMU - İŞ FONKSİYONU

İki malzeme birbirine değme duruma getirildiğinde, denge durumuna ulaşana kadar yeniden bir yük dağılımı olur. Bu denge durumuna ulaşınca, iki malzemenin Fermi düzeyleri eşitlenir. Metal - yarıiletken kavşakların davranışı, yarıiletkenin p veya n tipi olmasına ve bu durumlarda metalin iş fonksiyonunun yarıiletkenin iş fonksiyonuna nazaran aldığı değere göre değişir. Fermi seviyesindeki bir elektronu vakum seviyesine çıkarmak için gerekli olan minimum enerjiye metalin iş fonksiyonu denir.

$$\Phi = W - E_F \quad (2.1.1)$$

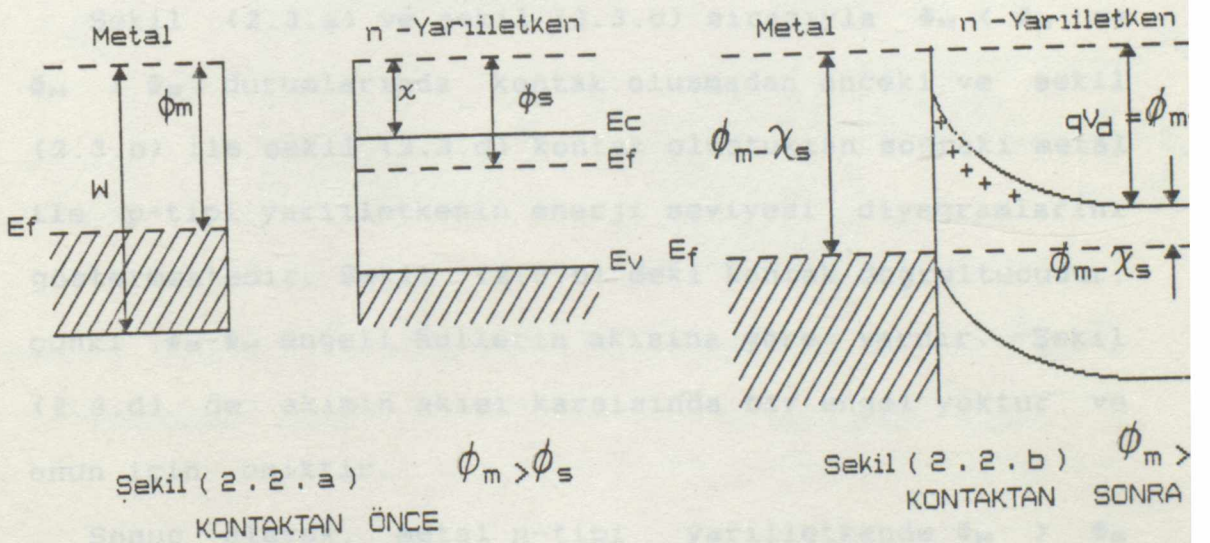
İki malzemenin birbirine değmesinden oluşan yeni yük dağılımı, kavşakta bir dipol tabaka oluşturur. Metal-metal kontakta bu dipol tabaka kavşağın her iki yanında yüzey yüklerine neden olur. Böyle bir kantağa, elektronlar serbestçe bir metalden diğerine geçebildiği için, omik kontak denir. Bir metalle bir yarıiletken biraraya getirildiğinde, kontak omik veya doğrultucu (redresör) karakterinde olabilir. Doğrultucu kontakta elektronlar bir yönde, diğer yönden çok daha kolay giderler ki bu da iki malzemenin elektronik enerji düzeyleriyle yakından ilgilidir.

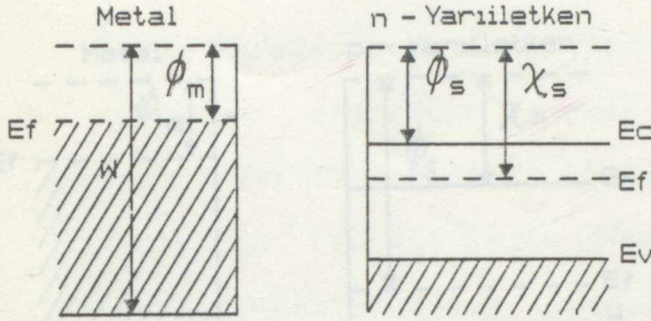
2.2 METAL n- TİPİ YARIİLETKEN KAVŞAKLAR

Şekil (2.2.a) ve şekil (2.2.c) sırasıyla $\phi_M > \phi_S$ ve $\phi_M < \phi_S$ durumlarında kontak oluşmadan önceki ve şekil (2.2.b) ve şekil (2.2.d) ise kontak oluştuktan sonraki metalin ve yarıiletkenin enerji seviyesi diyagramlarını göstermektedir.

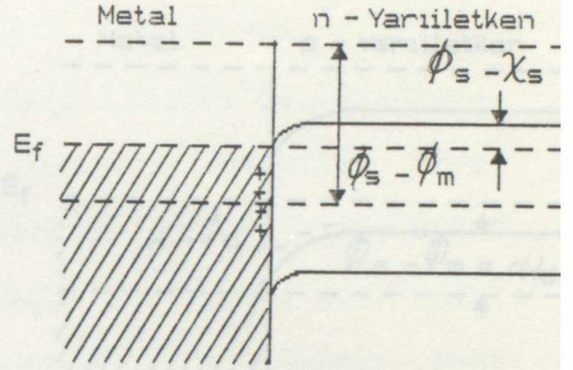
Şekil (2.2.b) deki kontak doğrultucu gibi davranır, çünkü $\phi_M - \phi_S$ engeli, yarıiletkenin iletkenlik bandı içindedir. Şekil (2.2.d) iletkenlik bandında görünür bir engel olmadığı için omik kontak gibi davranır.

Vakum düzeyi ile iletkenlik bandı alt kenarı arasındaki W enerji farkına elektron afinitesi denir ve χ ile gösterilir. Burada referans düzeyi olarak iletkenlik bandının alt kenarı alındı.





Şekil (2.2.c) $\phi_m < \phi_s$
KONTAKTAN ÖNCE



Şekil (2.2.d) $\phi_m < \phi_s$
KONTAKTAN SONRA

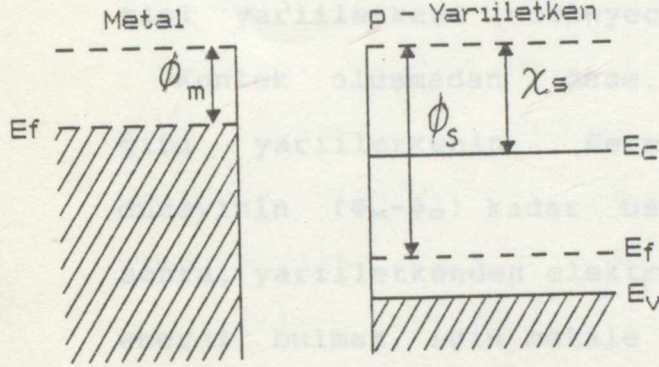
2.3 METAL p - TİPİ YARIİLETKEN KAVŞAKLAR

Şekil (2.3.a) ve şekil (2.3.c) sırasıyla $\phi_m < \phi_s$ ve $\phi_m > \phi_s$ durumlarında kontak oluşmadan önceki ve şekil (2.3.b) ile şekil (2.3.d) kontak oluştuktan sonraki metal ile p-tipi yarıiletkenin enerji seviyesi diyagramlarını göstermektedir. Şekil (2.3.b) deki kontak doğrultucudur, çünkü $\phi_s - \phi_m$ engeli hollerin akışına göre vardır. Şekil (2.3.d) de akımın akışı karşısında bir engel yoktur ve onun için omiktir.

Sonuç olarak, metal n-tipi yarıiletkende $\phi_m > \phi_s$ durumunda ve metal p-tipi yarıiletkende $\phi_m < \phi_s$

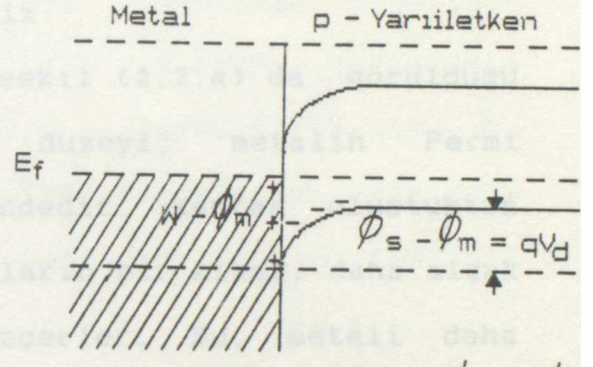
durumunda kontaklar doğrultucu diğer durumlarda omiktir.

2.4 ENGEL YÜKSEKLİĞİ, ARINMA BÖLGESİ



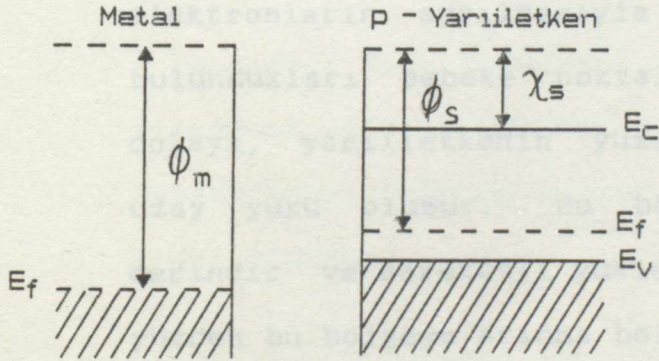
Şekil (2 . 3 . a) $\phi_m < \phi_s$

KONTAKTAN ÖNCE



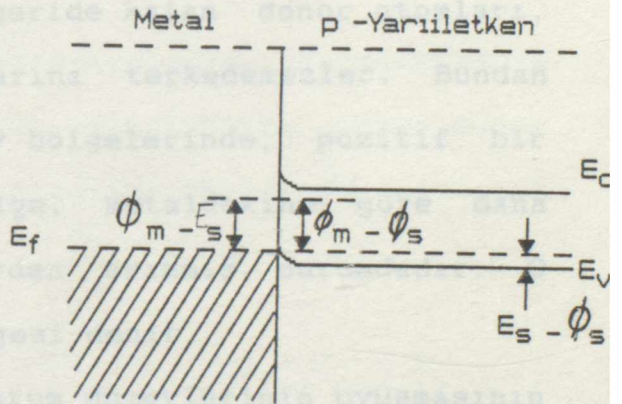
Şekil (2 . 3 . b) $\phi_m < \phi_s$

KONTAKTAN SONRA



Şekil (2 . 3 . c) $\phi_m > \phi_s$

KONTAKTAN ÖNCE



Şekil (2 . 3 . d) $\phi_m > \phi_s$

KONTAKTAN SONRA

2.4 ENGEL YÜKSEKLİĞİ, ARINMA BÖLGESİ

Burada, iş fonksiyonu, yarıiletkenin iş fonksiyonundan büyük olan ($\Phi_M > \Phi_S$) bir metal ile değme halinde bir n-tipi yarıiletkeni inceleyeceğiz.

Kontak oluşmadan önce, şekil (2.2.a) da görüldüğü gibi yarıiletkenin Fermi düzeyi, metalin Fermi düzeyinin ($\Phi_M - \Phi_S$) kadar üstündedir. 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. Metalin iletkenlik bandında çok sayıda enerji seviyesi olduğundan, fazla elektronlar ince bir tabakada birikebilirler fakat yarıiletkende elektronların ayrılmasıyla geride kalan donör atomları, bulundukları şebeke noktalarını terkedemezler. Bundan dolayı, yarıiletkenin yüzey bölgelerinde, pozitif bir uzay yükü oluşur. Bu bölge, metaldekine göre daha derindir ve hareketli yüklerden arınmış durumdadır. O yüzden bu bölgeye arınma bölgesi denir.

Band eğilmesi, Fermi ve vakum düzeylerinin uyuşmasının bir sonucudur ve yük dengesizliği bundan oluşur. Yük dengesizliğine ve potansiyel enerjide değişmeye neden olan elektronlar yarıiletkenden ayrılınca, bir potansiyel engeli oluşur. (Yani yarıiletkenin elektrostatik potansiyeli-elektron enerjilerini düşürmek için-metal'e

göre yükselir). Bu potansiyel engeli metalin iş fonksiyonu ile yarıiletkenin iş fonksiyonu arasındaki farka eşittir ve akımın metal-yarıiletken kavşağından geçişini kontrol ederek kavşağa doğrultucu özelliği kazandırır. Yarıiletken tarafında potansiyel engelinin yüksekliği $\Phi_M - \Phi_S$, metal tarafında ise Fermi seviyeleri aynı yükseklikte olduğu için $(\Phi_M - \Phi_S) + (\Phi_S - \chi_S) = \Phi_M - \chi_S$ kadardır. Dışardan gerilim uygulandığında metal tarafında engel değişmeyeceği için $\Phi_M - \chi_S$ metal-yarıiletken çiftinin engeli olaraktanımlanır.

$$\Phi_{bn} = \Phi_M - \chi_S \quad (2.4.1)$$

Yarıiletken tarafında, volt olarak ifade edilmiş engel yüksekliği,

$$qV_{b1} = \Phi_M - \Phi_S \quad (2.4.2)$$

dir.

Burada V_{b1} difüzyon potansiyelidir. Yarıiletkenin içinde ve metalin üstündeki yük yoğunlukları, hemen hemen tamamı yarıiletkenin arınma bölgesine yerleşmiş elektrik alanı oluşturur.

2.5 KAVŞAKTAKİ AKIMLAR

Termik uyarılmalardan dolayı, metalin bazı elektronları engeli aşıp yarıiletken içine girmek için ve yarıiletkenin bazı elektronları da engeli aşıp metale girmek için yeterli enerjiye sahip olabilirler.

Bu kavşakta, akımın, çoğunluk taşıyıcılarından ileri

geldiğini düşündüğümüz için, hol akımlarını ihmal ediyoruz.

Kavşaktaki net elektron akım yoğunluğu, J_{MS} ve J_{SM} bileşenleri arasındaki fark kadardır. Denge durumunda, yani dışardan hiçbir gerilim uygulanmadığı durumda, net akım yoğunluğu;

$$J = J_{MS} + J_{SM} = 0 \quad (2.5.1)$$

olur. Burada,

J_{MS} : Metalden yarıiletkenine doğru olan akım yoğunluğu,

J_{SM} : Yarıiletkenden metale doğru olan akım yoğunluğudur.

$$J_{MS} = J_0 \text{ ise, } J_{SM} = - J_0 \text{ olur.} \quad (2.5.2)$$

Dışardan kavşağa bir potansiyel uygulandığında, yarıiletkenden metale doğru olan akım yoğunluğu, termoionik emisyon teorisinden;

$$J_{SM} = A \cdot T^2 \exp \frac{-q\phi_{BN}}{kT} \exp \frac{qV_a}{kT} \quad (2.5.3)$$

dir. Burada A^* efektif Richardson sabitidir. Serbest elektron için Richardson sabiti $120 \text{ A/cm}^2\text{K}^2$ dir. n tipi Si için minimum A^* değeri $\langle 100 \rangle$ yönünde oluşur, ve

$$\left[\frac{A^*}{A} \right]_{n\text{-Si}\langle 100 \rangle} = 2.1 \text{ dir.} \quad (2.5.4)$$

Burada,

$$A^* = \frac{4\pi q m^* k^2}{h^3} \quad \text{tür.} \quad (2.5.7)$$

Metalden yarıiletken e geçen elektronlar için engel, dışardan uygulanan voltaja bağlı olmadığı için, bu akım yoğunluğu $V=0$ daki J_{SM} akım yoğunluğuna, yani saturasyon akım yoğunluğuna eşittir.

$$J_{MS} = -A^* T^2 \exp \frac{-q\phi_{sn}}{kT} = J_0 \quad (2.5.4)$$

dır. O halde, kavşaktaki toplam akım yoğunluğu (2.5.3) ve (2.5.4) ü toplayarak

$$J = J_{MS} + J_{SM} = A^* T^2 \exp \frac{-q\phi_{sn}}{kT} \left[\exp \frac{qV}{nkT} - 1 \right] \quad (2.5.5)$$

olur. Burada, n diyotun idealite faktörüdür ve değeri 1 ile 2 arasında değişmektedir. İdeal diyot için $n=1$ dir.

(2.5.5) denklemi,

$$J = J_0 \left[\exp \frac{qV}{nkT} - 1 \right] \quad (2.5.6)$$

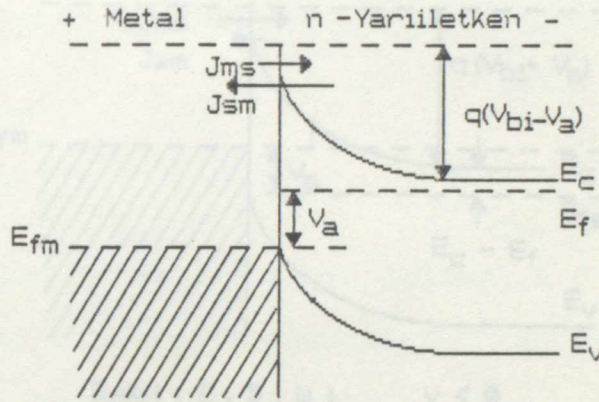
şeklinde de yazılabilir.

İleri besleme durumunda (yarıiletken - yapılırsa) (2.5.5) denkleminden kavşaktaki akım yoğunluğu,



$$J = A \cdot T^2 \exp \frac{-q\Phi_{Bn}}{kT} \exp \frac{qV}{nkT} \quad (2.5.7)$$

şeklinde olur. Şekil (2.5.a) ileri besleme halinde kavşağın durumunu göstermektedir.



Şekil (2 . 5 . a) $V > 0$

İLERİ BESLEME

2.4 ARINMA DALGASININ GENİSLİĞİ, KAPASİTANSI

Ters besleme durumunda ise, kavşaktaki toplam akım yoğunluğu;

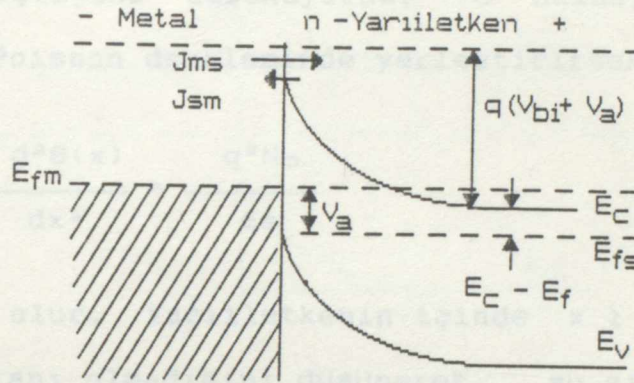
$$J = -J_0 = -A \cdot T^2 \exp \frac{-q\Phi_{Bn}}{kT} \quad (2.5.8)$$

şeklinde olur. Şekil (2.5.b) ters besleme halinde kavşağın durumunu göstermektedir.

Diyotun geri besleme akım yoğunluğu bilinirse, potansiyel engeli hesaplanabilir. (2.5.8) den,

$$\Phi_{Bn} = \frac{kT}{q} \ln \frac{A^* T^2}{J} \quad (2.5.9)$$

dir.



Sekil (2.5.b) $V < 0$

TERS BESLEME

2.6 ARINMA BÖLGESİNİN GENİŞLİĞİ, KAPASİTANSI

Metal, yarıiletkenle temas durumuna getirildiğinde, yarıiletkenin iletkenlik ve valans bantları, metaldeki Fermi seviyesiyle tam bir enerji bağımlılığına gelir. Poisson denklemi kavşağa uygulanırsa;

$$\frac{d^2 V(x)}{dx^2} = - \frac{\rho(x)}{\epsilon_s} \quad (2.6.1)$$

olur. Elektronun potansiyel enerjisi $\theta(x) = -qV(x)$ olduğundan;

$$\frac{d^2\theta(x)}{dx^2} = \frac{q \rho(x)}{\epsilon_s} \quad (2.6.2)$$

olur. Uzay yük yoğunluğu $\rho(x)$ i hesaplarken, bütün donör atomlarının iyonize olduğunu ve bunların elektronlarının metale geçtiğini düşünüyoruz. O halde, $\rho(x) = qN_D$ dir. Bunu Poisson denkleminde yerleştirirsek;

$$\frac{d^2\theta(x)}{dx^2} = \frac{q^2 N_D}{\epsilon_s} \quad (2.6.3)$$

şeklinde olur. Yarıiletkenin içinde $x \geq W$ uzaklığında kontak alanı olmadığını düşünerek, şu sınır şartlarını yazabiliriz. Şekil (2.6.a)

$$\theta(W) = 0, \quad \left[\frac{d\theta(x)}{dx} \right]_{x=W} = 0 \quad (2.6.4)$$

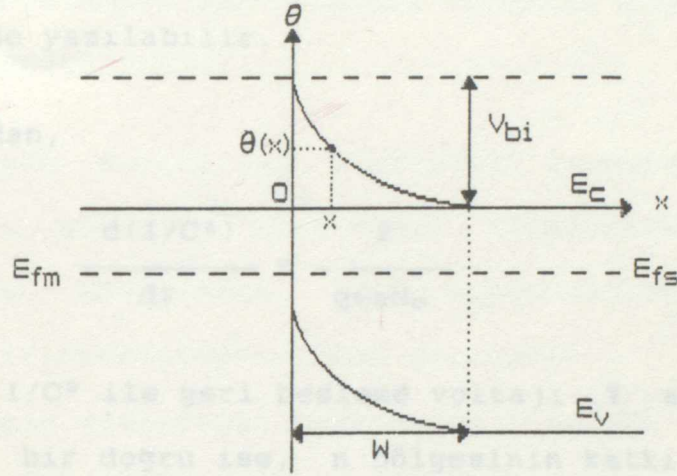
(2.6.3) denkleminin genel çözümü, uzay yükü,

$$\theta(x) = \frac{q^2 N_D}{2\epsilon_s} (W-x)^2 \quad (2.6.5)$$

şeklinde olur. $x = 0$ için $\theta(0) = V_{bi}$ olduğundan, arınma bölgesinin genişliği;

$$W = \frac{2\epsilon_s (V_{bi} - V - kT/q)}{qN_D} \quad (2.6.6)$$

olarak bulunur. Burada kT/q düzeltme faktörü olarak gelmiştir.



Şekil (2 . 6 . a)

Yarıiletkenin birim yüzeydeki uzay yükü;

$$Q_{=0} = qN_D W = \left[2q\epsilon_s N_D (V_{bi} - V - kT/q) \right] \quad (2.6.7)$$

ve buradan kavşağın birim yüzeyinin kapasitansı;

$$C = \frac{Q_{=0}}{V} = \frac{q\epsilon_s N_D}{2 (V_{bi} - V - kT/q)} \quad (2.6.8)$$

olarak bulunur. (2.6.8) denklemi;

3. DENEL ÇALIŞMA

$$\frac{1}{C^2} = \frac{2 (V_{bi} - V - kT/q)}{q\epsilon_s N_D} \quad (2.6.9)$$

3.4.1 ELEKTRONİK TERMOMETRELİ SICAKLIK KONTROLÜ CİHAZININ
şeklinde yazılabilir.

Buradan,

$$\frac{d(1/C^2)}{dV} = \frac{2}{q\epsilon_s N_D} \quad (2.6.10)$$

birleştirilmesinden meydana gelmiştir.
olur. $1/C^2$ ile geri besleme voltajı V arasında çizilen
grafik bir doğru ise, n bölgesinin katkı konsantrasyonu
olan N_D , arınma bölgesi boyunca sabit demektir ve
doğrunun eğiminden hesaplanabilir. Bu doğrunun voltaj
ekseni ile kesim noktası ise, V_{bi} değerini verir. Ters
besleme durumunda kavsağın potansiyel eşiği;

$$\phi_{Bn} = V_{bi} + E_c - E_F \quad (2.6.11)$$

kadardır. Burada,

$$E_c - E_F = kT \ln \frac{N_c}{N_D} \quad (2.6.12)$$

ve N_c iletkenlik bandındaki efektif durum yoğunluğudur.

$$N_c = 2 \left[\frac{2\pi m_n^* kT}{h^2} \right]^{3/2} \quad (2.6.13)$$

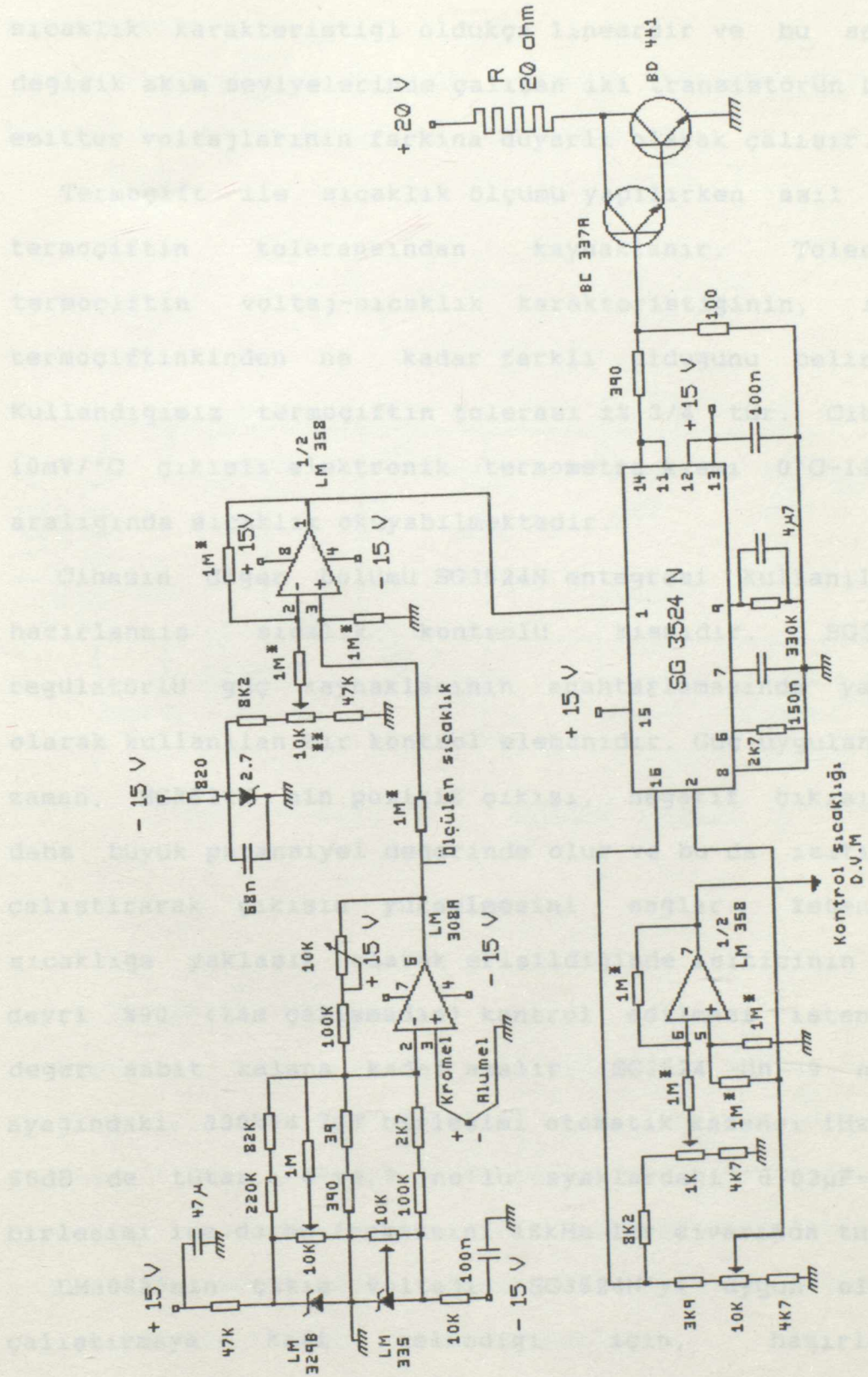
3 . DENEL ÇALISMA

3.1 DENEY SETİNİN HAZIRLANMASI:

3.1.1 ELEKTRONİK TERMOMETRELİ SICAKLIK KONTROLU CİHAZININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ:

Deneyde kullanılan elektronik termometreli sıcaklık kontrolu cihazı, elektronik termometre ile sıcaklık kontrolu devresinin bir uygunlaştırma devresiyle birleştirilmesinden meydana gelmiştir.

Cihazın elektronik termometre kısmında sıcaklık okumak için kromel-alumel termoçifti kullanılmıştır. Termoçift, sıcaklık farkına duyarlı olduğundan, sıcaklık ölçümü yapabilmek için, referans noktasının sıcaklığının bilinmesi gerekir. Çıkış voltajı yaklaşık olarak , sıcaklığı ölçülen bölge ile, referans bölgesinin sıcaklıkları arasındaki farkla orantılıdır. Bu orantı sabitine Seebeck katsayısı denir. Deneyde kullanılan termoçiftin Seebeck katsayısı $40\mu V/^{\circ}C$ dir. Referans noktasını buzun içinde tutmak yerine, termoçiftin çıkışına kompensasyon voltajını eklemek esasına dayalı olarak bu termometre hazırlanmıştır. Böylelikle, gerçek sıcaklıktan bağımsız olarak, referans bölgesi LM329B entegresiyle $0^{\circ}C$ de tutulmuştur. Bu kompensasyon voltajı termoçiftin aynı orantı sabitiyle sıcaklığa orantılı yapılarak çevredeki sıcaklık değişimlerini çıkış voltajını etkilememesi sağlanmıştır.



Şekil (3 . 3 . 1 . a) SICAKLIK KONTROLÜ CİHAZININ DEVRE ŞEMASI

Bu devrede kullanılan LM335 sıcaklık sensörünün voltaj sıcaklık karakteristiği oldukça lineerdir ve bu sensör değişik akım seviyelerinde çalışan iki transistörün base-emitter voltajlarının farkına duyarlı olarak çalışır.

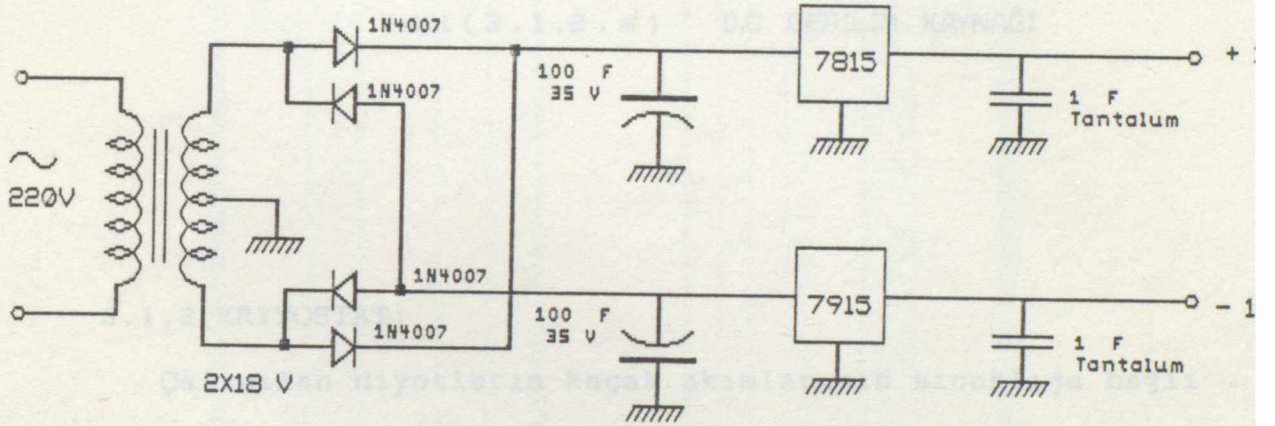
Termoçift ile sıcaklık ölçümü yapılırken asıl hata termoçiftin toleransından kaynaklanır. Tolerans, termoçiftin voltaj-sıcaklık karakteristiğinin, ideal termoçiftinkinden ne kadar farklı olduğunu belirtir. Kullandığımız termoçiftin toleransı $\pm 3/4$ tür. Cihazın 10mV/°C çıkışlı elektronik termometre kısmı 0°C-1300°C aralığında sıcaklık okuyabilmektedir.

Cihazın diğer bölümü SG3524N entegresi kullanılarak hazırlanmış ısısalık kontrolü kısmıdır. SG3524N regülatörlü güç kaynaklarının anahtarlamasında yaygın olarak kullanılan bir kontrol elemanıdır. Güç uygulandığı zaman, SG3524N nin pozitif çıkışı, negatif çıkışından daha büyük potansiyel değerinde olur ve bu da ısıtıcıyı çalıştırarak çıkışın yükselmesini sağlar. İstenilen sıcaklığa yaklaşık olarak erişildiğinde ısıtıcının güç devri %90 (tam çalışmadan) kontrol edilmesi istenilen değer sabit kalana kadar azalır. SG3524 ün 9 no'lu ayağındaki 330k-4,7µF birleşimi otomatik kazancı 1Hz de 55dB de tutar. 6 ve 7 no'lu ayaklardaki 0,02µF-2,7k birleşimi ise darbe frekansını 15kHz ler civarında tutar.

LM308A'nın çıkış voltajı, SG3524N'yi uygun olarak çalıştırmaya kafi gelmediği için, hazırlanan uygunlaştırma devresiyle cihazın bu iki bölümü

birleştirildi. Şekil(3.1.1.a) Baskılı devre şeması EKLER bölümündedir.

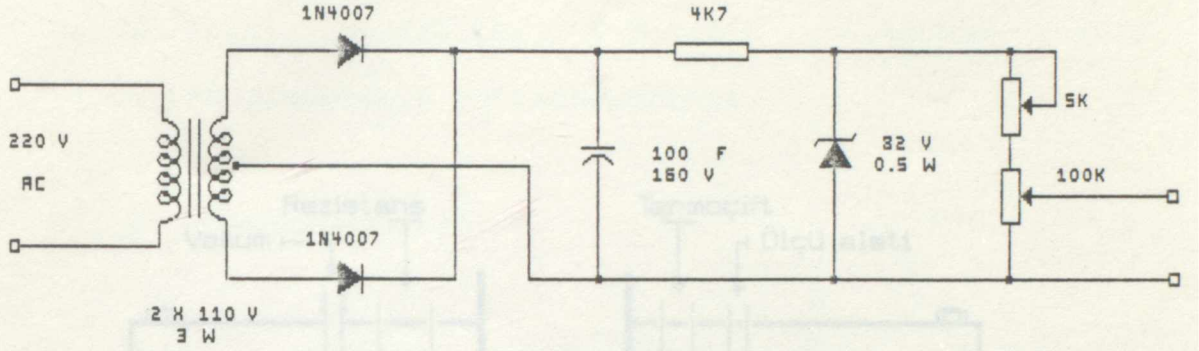
Bu cihazın ± 15 Voltluk regüleli besleme devresi Şekil(3.1.1.b) de görüldüğü gibi hazırlandı.



Şekil (3 . 3 . 1 . b) BESLEME DEVRESİ

3.1.2 DC GERİLİM KAYNAĞI:

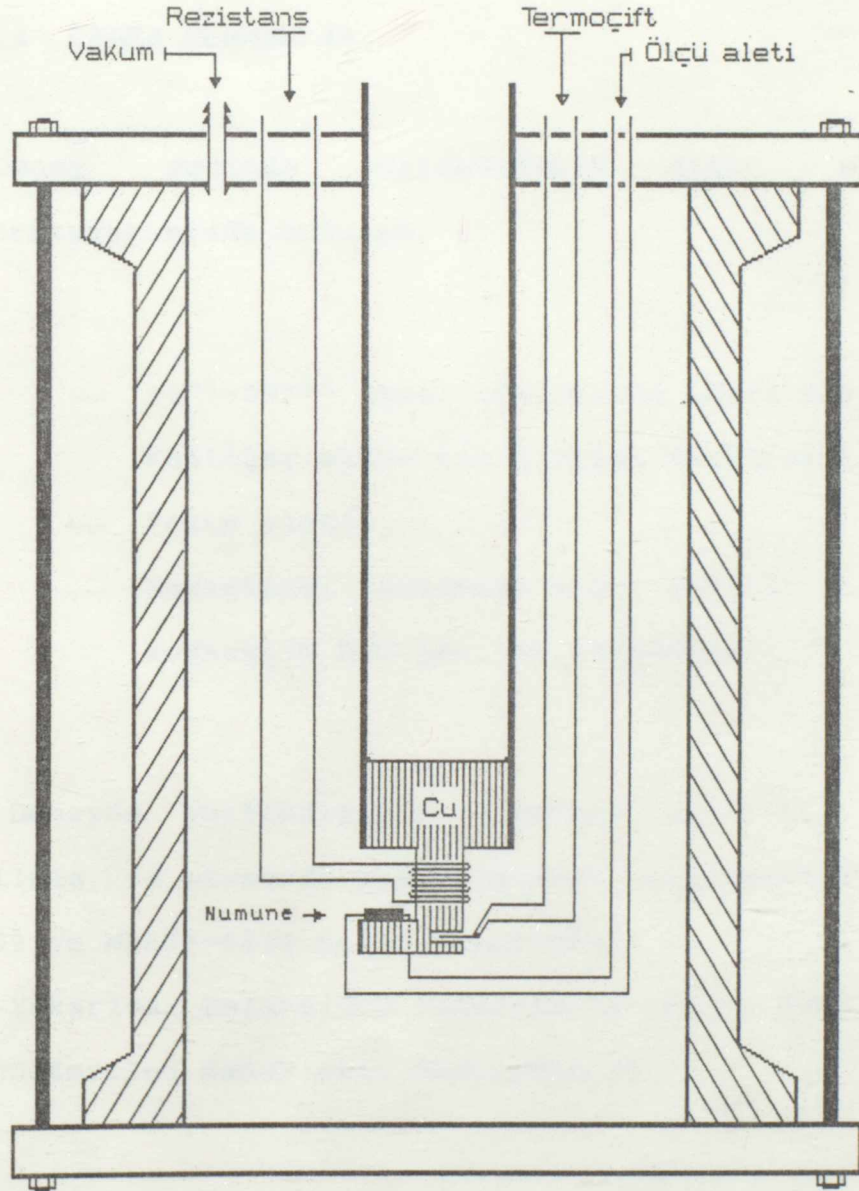
Diyotlara ters besleme uygulamak için devre şeması Şekil(3.1.2.a) da görülen 0-85 Volt arasında değişken yaklaşık 2 Volt ince ayarlı DC gerilim kaynağı hazırlandı. Diyotlara, ters beslendiklerinde, geçirdikleri akım çok küçük olduğundan böyle, basit bir gerilim bölücünden oluşan gerilim kaynağı yeterli olmuştur.



Şekil (3.1.2 . a) D.C. GERİLİM KAYNAĞI

3.1.3 KRIYOSTAT:

Çalışılan diyotların kaçak akımlarının sıcaklığa bağlı olarak değişimlerinin 0°C - 120°C aralığında duyarlı olarak incelenebilmesi için, diyotlar kriyostat içine yerleştirilmiştir. Şekil (3.1.3) de görülen kriyostat, biri etrafı kalayla kaplanmış cam kap ve diğeri onun içine oturtulmuş altı bakır, üstü nikel içi boş hazne olmak üzere iki bölümden oluşmuştur. Bakır kısmın ucunda, yine bakırdan numune yeri ve kenarında ise termoçiftin yerleşmesi için bir delik bulunmaktadır. Numune yerinin üzerine, gücü 20 Watt'lık bir ısıtıcı olacak şekilde direnç teli sarılmıştır. Kriyostattan çıkan termoçift birbirinden izole edilerek, sıcaklık kontrolü devresine gitmektedir.



Şekil (3.1.3) KRİYOSTAT

Kriyostatın iç haznesine dışarıdan tuz-buz karışımı konulup vakuma alınarak, 0°C ye kadar rahatlıkla inilebilmiş, böylelikle, 0°C - 120°C aralığında numune istenilen sıcaklıkta tutulabilmektedir.

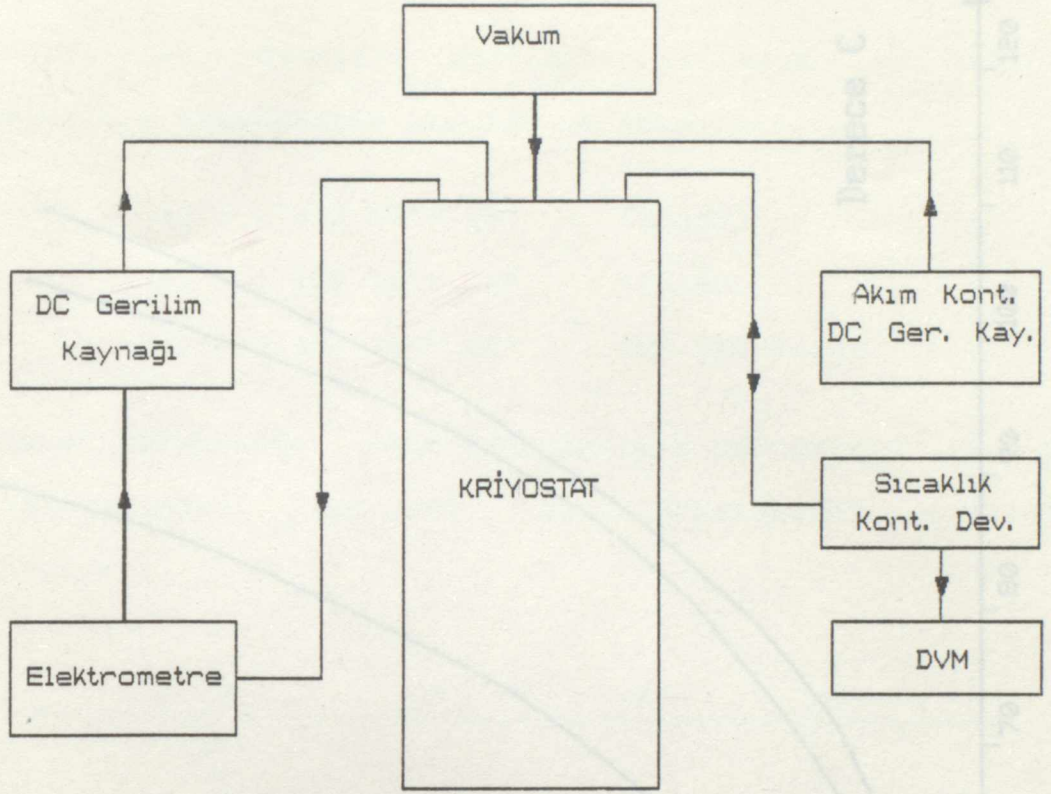
3.1.4 DİĞER ELEMANLAR:

Deney setinde kullandığımız diğer elemanlar, laboratuvarımızda bulunan;

- 10^{-1} - 10^{-11} Amper aralığında okuma yapılabilen Keithley marka 616 digital elektrometre
- Vakum aleti
- Rezistansı beslemek için gerekli olan akım kontrollü D.C.gerilim kaynağıdır.

Deneyde kullandığımız Schottky diyotları, alelade seçilmiş ve piyasada yaygın olarak kullanılan ITT BA157, BA159 ve MR856-8424 no'lu diyotlardır.

Yukarıda belirtilen elemanlarla şeması Şekil (3.1.4) de gösterilen deney seti hazırlanmıştır.



Şekil (3 . 1 . 4 .) DENEY SETİ

3.2 KAÇAK AKIMLARIN ÖLÇÜLMESİ

3.2.1. I-T KARAKTERİSTİKLERİ:

Şekil (3.1.4) deki deney seti hazırlandıktan sonra, diyotlara sabit bir ters gerilim uygulayarak, ve 0°C - 120°C arasında sıcaklık değiştirilerek, kaçak akımlar okundu ve I-T karakteristikleri çizildi. (Grafik 1)



3.2.2. $\ln J - 1/kT$ KARAKTERİSTİKLERİ:

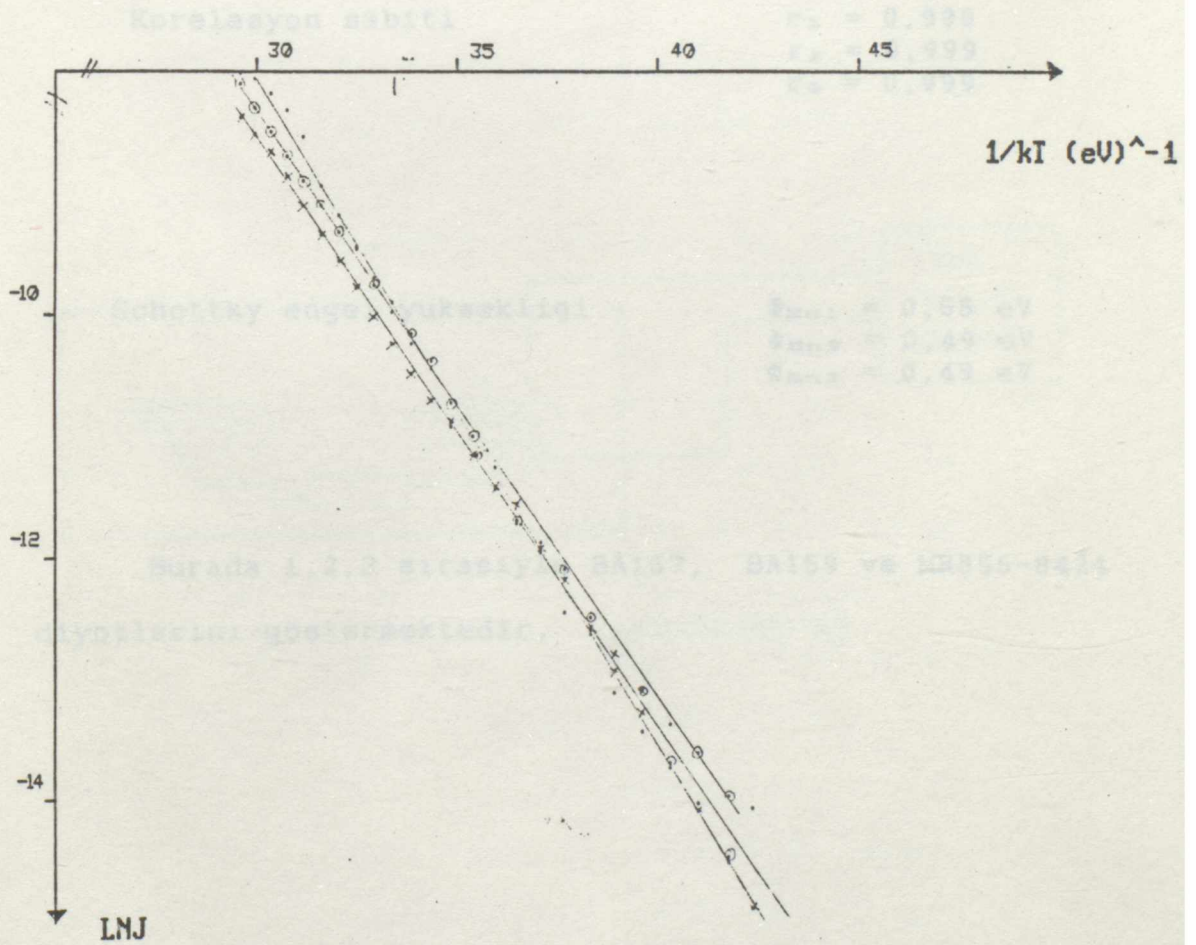
Diyotlar dikkatle kesilerek Silisyum kristalinin boyutları mikroskopla ölçüldü ve yüzeyleri,

$$a_1 = 1.414 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2 \quad (\text{BA157})$$

$$a_2 = 1.208 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2 \quad (\text{BA159})$$

$$a_3 = 4.337 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2 \quad (\text{MR-856-8424})$$

olarak hesaplandı. Akım yoğunlukları bulunarak, (2.5.8) bağıntısından $\ln J - 1/kT$ karakteristikleri çizildi. (Grafik 2)



GRAFİK 2

3.2.3 SONUÇLAR

Çizilen doğruların lineer regresyon hesapları yapılarak, doğruların eğimlerinden Schottky engel yükseklikleri hesaplandı.

Eğim

$$\begin{aligned} B_1 &= -0,55 \text{ eV} \\ B_2 &= -0,49 \text{ eV} \\ B_3 &= -0,49 \text{ eV} \end{aligned}$$

Korelasyon sabiti

$$\begin{aligned} r_1 &= 0,999 \\ r_2 &= 0,999 \\ r_3 &= 0,999 \end{aligned}$$

Schottky engel yüksekliği

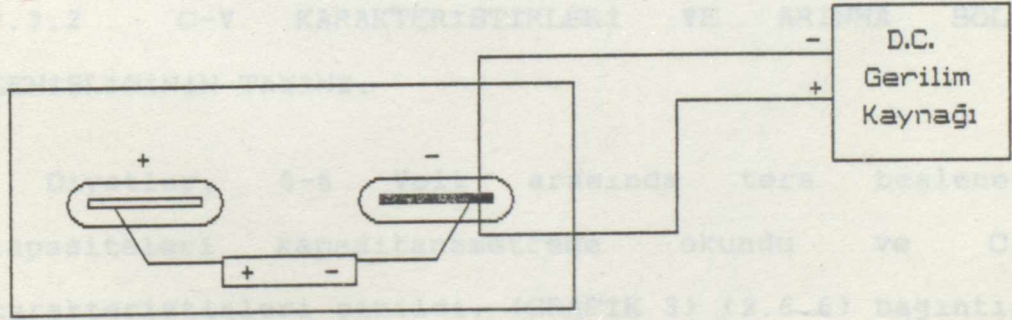
$$\begin{aligned} \Phi_{Bn1} &= 0,55 \text{ eV} \\ \Phi_{Bn2} &= 0,49 \text{ eV} \\ \Phi_{Bn3} &= 0,49 \text{ eV} \end{aligned}$$

Burada 1,2,3 sırasıyla BA157, BA159 ve MR856-8424 diyotlarını göstermektedir.

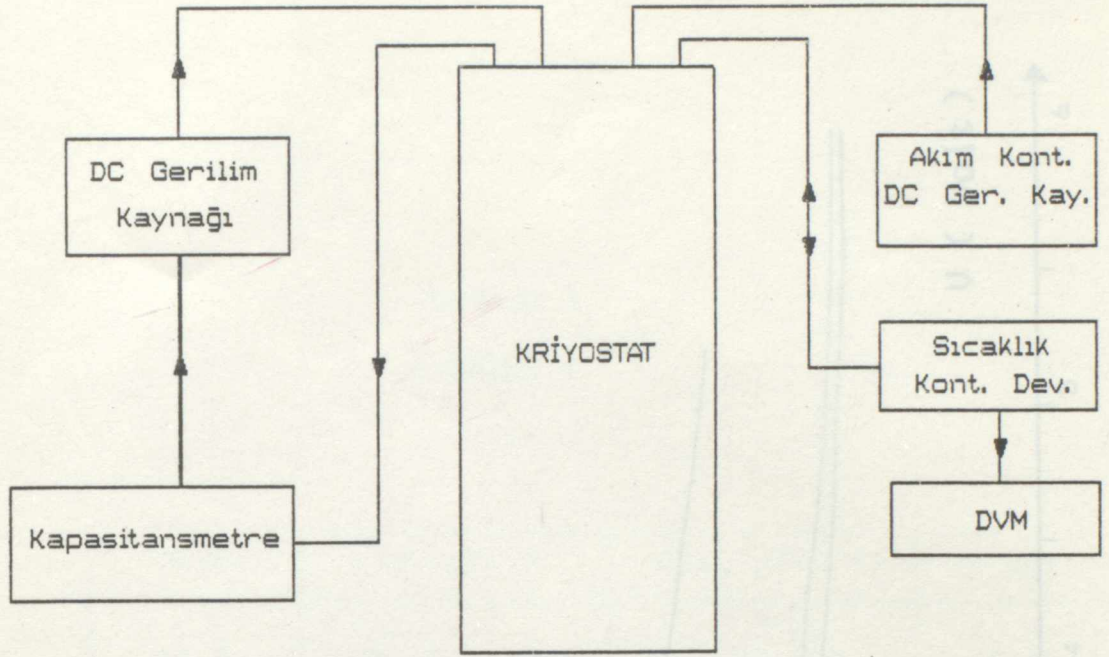
3.3 SCHOTTKY DİYOTUNUN KAPASİTESİNİN ÖLÇÜLMESİ:

3.3.1 DENEY SETİNİN HAZIRLANMASI:

Schottky diyotlarının kapasitelerini ölçmek için laboratuvarımızda bulunan AIM marka LCR Databridge 401 kullanılmıştır. İki tarafı bakır plaket kesilerek, şekil (3.3.1.a) daki gibi dışarıdan gerilim uygulanarak diyotların kapasiteleri ölçülebilir vaziyete getirildi. Daha sonra, Şekil (3.3.1.b) deki deney seti hazırlanarak, oda sıcaklığında (27°C) ve (80°C) de değerler alındı.



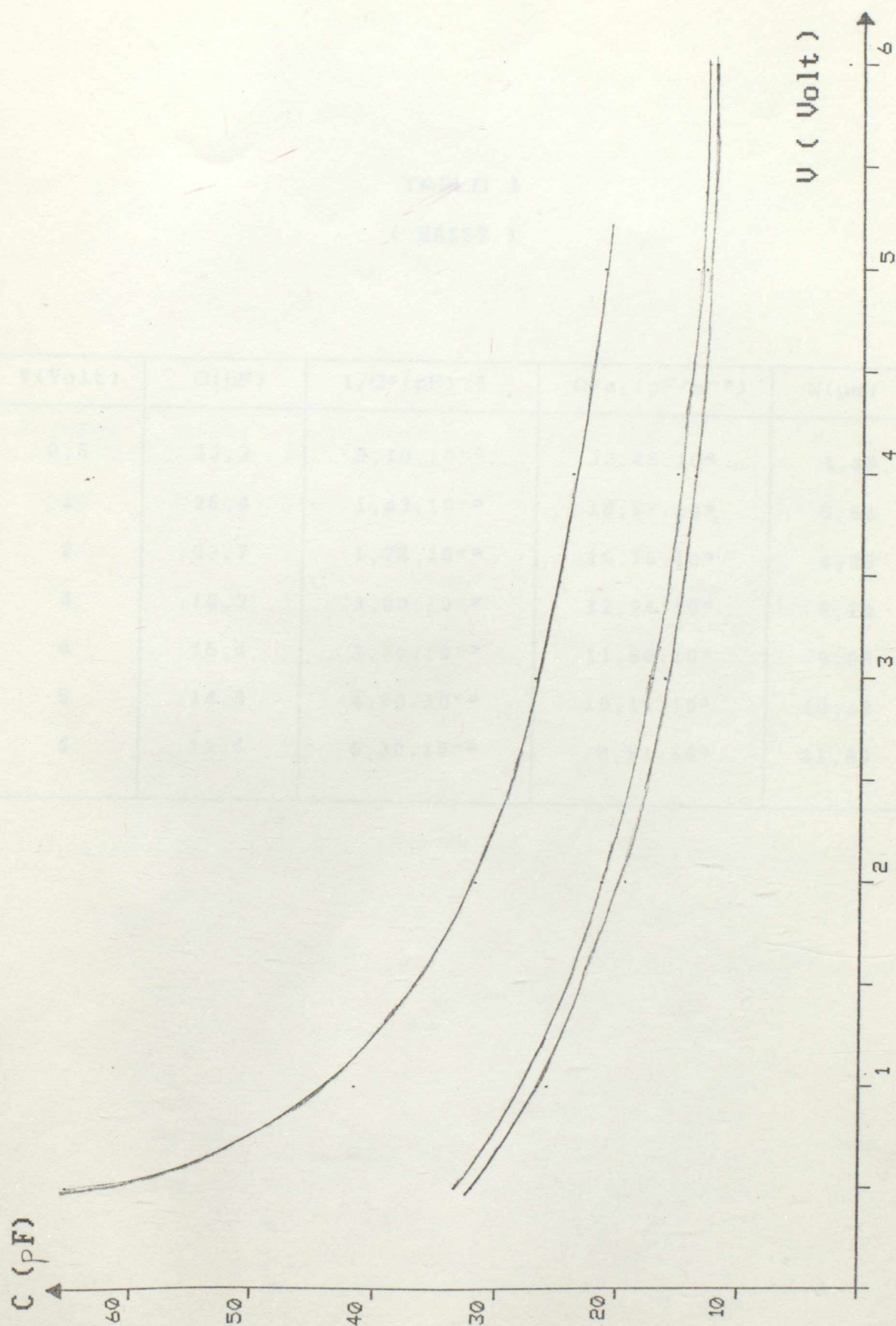
Şekil (3.3.1.a) KAPASİTANSMETRE



Şekil (3.3.1.a) DENEY SETİ

3.3.2 C-V KARAKTERİSTİKLERİ VE ARINMA BÖLGESİ GENİŞLİĞİNİN TAYINI:

Diyotlar, 0-6 Volt arasında ters beslenerek, kapasiteleri kapasitansmetrede okundu ve C - V karakteristikleri çizildi. (GRAFİK 3) (2.6.6) bağıntısına göre arınma bölgesi genişlikleri hesaplandı. Alınan ölçümler ve hesap sonuçları TABLO 1, TABLO 2 ve TABLO 3 dedir. Daha sonra diyotlar (10-20-30) Volt altında ters beslenerek, 27°C ve 80°C de kapasiteleri okundu, arınma bölgesi genişlikleri hesaplandı. Alınan ölçümler ve hesap sonuçları TABLO 4, TABLO 5, ve TABLO 6 dadır.



TABLO 1
(BA157)

V (Volt)	C (pF)	$1/C^2$ (pF) ⁻²	C/a_1 (pF/m ⁻²)	W (μm)
0,5	33,2	$9,10 \cdot 10^{-4}$	$23,48 \cdot 10^6$	4,49
1	26,4	$1,43 \cdot 10^{-3}$	$18,67 \cdot 10^6$	5,64
2	23,7	$1,78 \cdot 10^{-3}$	$16,76 \cdot 10^6$	6,28
3	18,3	$3,00 \cdot 10^{-3}$	$12,94 \cdot 10^6$	8,14
4	16,4	$3,70 \cdot 10^{-3}$	$11,60 \cdot 10^6$	9,08
5	14,3	$4,90 \cdot 10^{-3}$	$10,11 \cdot 10^6$	10,42
6	12,6	$6,30 \cdot 10^{-3}$	$8,91 \cdot 10^6$	11,80

TABLO 2

(BA159)

V(Volt)	C(pF)	$1/C^2(pF)^{-2}$	$C/a_1(pF/m^{-2})$	W(μm)
0,5	31,8	$9,88 \cdot 10^{-4}$	$26,32 \cdot 10^6$	4,00
1	25,7	$1,51 \cdot 10^{-3}$	$21,27 \cdot 10^6$	4,90
2	21,2	$2,24 \cdot 10^{-3}$	$17,55 \cdot 10^6$	6,00
3	17,2	$3,40 \cdot 10^{-3}$	$14,24 \cdot 10^6$	7,40
4	15,2	$4,52 \cdot 10^{-3}$	$12,58 \cdot 10^6$	8,38
5	13,6	$5,51 \cdot 10^{-3}$	$11,27 \cdot 10^6$	9,35
6	11,9	$7,00 \cdot 10^{-3}$	$9,86 \cdot 10^6$	10,69

TABLE 4

V(Volt)	T=300°K		T=353°K	
	C(pF)	W(μm)	C(pF)	W(μm)
10	15,0	11,9	8,9	16,7
20	7,2	17,2	5,8	25,7
30	5,0	25,3	5,0	29,6

TABLE 3

(MR856-8424)

V(Volt)	C(pF)	$1/C^2 \text{ (pF)}^{-2}$	$C/a_1 \text{ (pF/m}^{-2}\text{)}$	W(μm)
0,5	65,2	$2,35 \cdot 10^{-4}$	$14,35 \cdot 10^6$	7,34
1	41,4	$5,82 \cdot 10^{-4}$	$9,55 \cdot 10^6$	11,03
2	31,6	$9,98 \cdot 10^{-4}$	$7,30 \cdot 10^6$	14,43
3	26,9	$13,81 \cdot 10^{-4}$	$5,99 \cdot 10^6$	17,60
4	23,8	$17,65 \cdot 10^{-4}$	$5,48 \cdot 10^6$	19,22
5	21,2	$22,28 \cdot 10^{-4}$	$4,88 \cdot 10^6$	21,59
6	19,4	$26,54 \cdot 10^{-4}$	$4,47 \cdot 10^6$	23,57

HESAPLANMASI

TABLO 4

BA157	T=300°K		T=353°K	
V(Volt)	C(pF)	W(μm)	C(pF)	W(μm)
10	10,0	14,9	8,9	16,7
20	7,2	20,7	5,8	25,7
30	5,9	25,3	5,0	29,8

TABLO 5

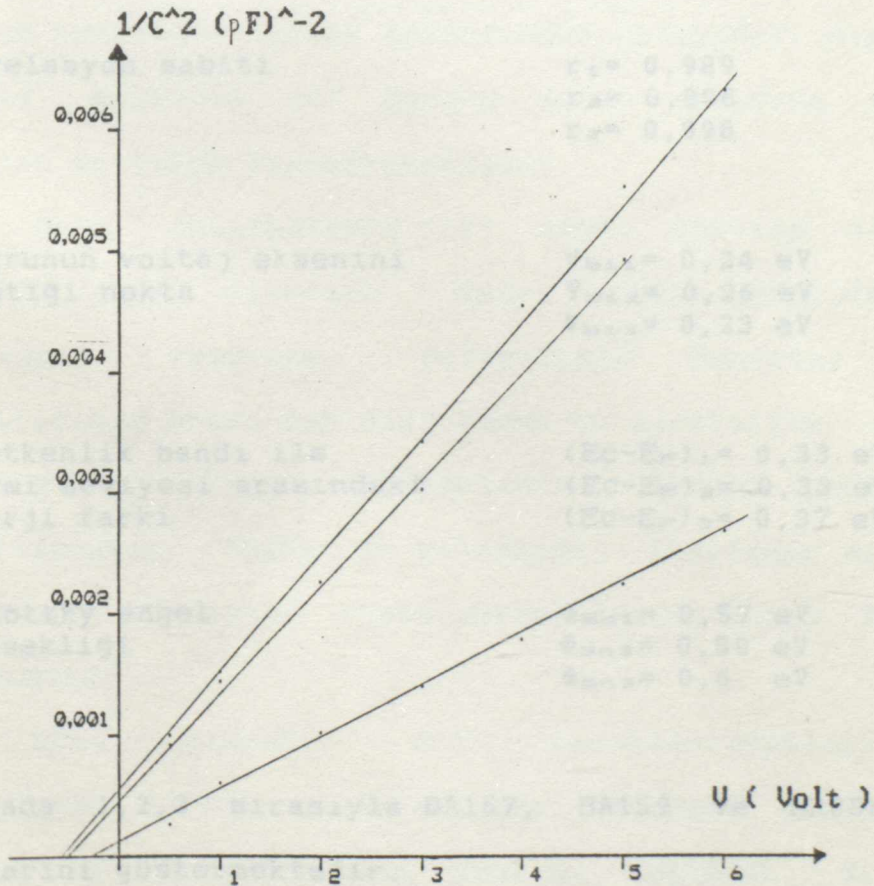
BA159	T=300°K		T=353°K	
V(Volt)	C(pF)	W(μm)	C(pF)	W(μm)
10	9,5	13,4	8,9	14,3
20	6,8	18,7	5,9	21,6
30	5,5	23,1	4,9	25,9

TABLO 6

MR856-8424	T=300°K		T=353°K	
V(Volt)	C(pF)	W(μm)	C(pF)	W(μm)
10	15,2	30,1	14,2	32,2
20	10,8	42,4	9,6	47,8
30	8,8	51,8	7,8	58,6

3.3.3 $1/C^2$, V KARAKTERİSTİKLERİ VE ENGEL YÜKSEKLİĞİNİN HESAPLANMASI:

Olçülen kapasitans değerlerine göre $1/C^2$ değerleri hesaplanıp, $1/C^2$ -V karakteristikleri çizildi. (Grafik 4) Doğruların eğiminden n-bölgesinin katkı konsantrasyonu N_D ve doğruların voltaj eksenini kestiği noktadan ise V_{B1} değerleri hesaplanarak Schottky engel yükseklikleri bulundu.



GRAFIK 4

3.3.4 SONUÇLAR

Çizilen doğruların eğimlerinden, n - bölgesinin katkı konsantrasyonları ve buradan iletkenlik bandı ile Fermi seviyesi arasındaki enerji farkları, (2.6.12) bağıntısına göre bulundu ve (2.6.11) bağıntısından Schottky engel yükseklikleri hesaplandı.

Eğim

$$B_1 = 1,89 \cdot 10^9 \text{ F}^{-2} \text{ V}^{-1}$$

$$B_2 = 1,57 \cdot 10^9 \text{ F}^{-2} \text{ V}^{-1}$$

$$B_3 = 7,99 \cdot 10^9 \text{ F}^{-2} \text{ V}^{-1}$$

Korelasyon sabiti

$$r_1 = 0,989$$

$$r_2 = 0,996$$

$$r_3 = 0,998$$

Doğrunun voltaj eksenini
kestiği nokta

$$V_{b11} = 0,24 \text{ eV}$$

$$V_{b12} = 0,26 \text{ eV}$$

$$V_{b13} = 0,23 \text{ eV}$$

iletkenlik bandı ile
Fermi seviyesi arasındaki
enerji farkı

$$(E_C - E_F)_1 = 0,33 \text{ eV}$$

$$(E_C - E_F)_2 = 0,33 \text{ eV}$$

$$(E_C - E_F)_3 = 0,37 \text{ eV}$$

Schottky engel
yüksekliği

$$\Phi_{Bn1} = 0,57 \text{ eV}$$

$$\Phi_{Bn2} = 0,59 \text{ eV}$$

$$\Phi_{Bn3} = 0,6 \text{ eV}$$

Burada 1,2,3 sırasıyla BA157, BA159 ve MR856-8424 diyotlarını göstermektedir.

4 . SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada, BA157, BA159, MR856-8424 diyotlarının kaçak akımları, sıcaklığa bağlı olarak incelenmiştir. 0°C - 120°C arasında değiştirilen sıcaklığa bağlı olarak, kaçak akımların üstel olarak arttığı gözlenmiştir. Bu diyotlar, 40 Voltluk bir gerilimle ters beslendiğinde, 0°C 'de akım, $(4-10) \text{ nA}$ mertebesinde iken, oda sıcaklığı bölgesinde $(30-100) \text{ nA}$ mertebesine, sıcaklık 120°C 'ye yükseldiğinde ise, $(4-10) \text{ }\mu\text{A}$ mertebesine ulaşmıştır. Akımdaki bu artış, sıcaklık arttıkça elektronların enerjilerinin, termoiyonik emisyon teorisine uyarak artmasından dolayıdır. Bir başka deyişle, engelden cm^2 başına geçen elektron sayısı, sıcaklık arttıkça fazlalaşmaktadır.

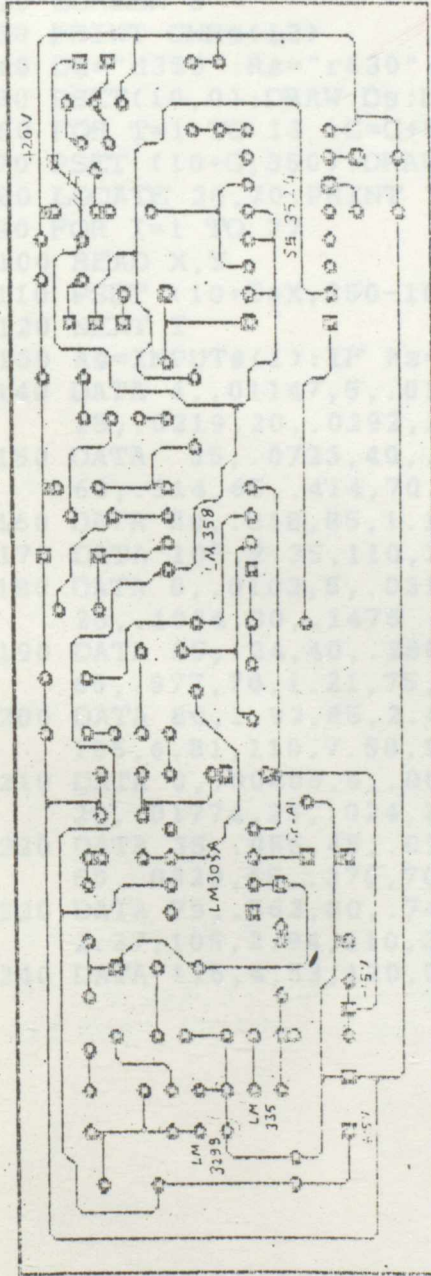
Bazı çalışmalarda,^[14] sabit gerilim altında, sıcaklık 450°C civarına kadar yükseldiğinde, I_s saturasyon akımının, dolayısıyla Schottky engel yüksekliğinin biraz azaldığı ancak bu sıcaklığın üzerine çıkıldığında, engel yüksekliğinde artma görüldüğü belirtilmiştir. Ancak bu çalışmada, incelenen sıcaklık aralığında, Schottky engel yüksekliğinin sabit kaldığı görülmüştür.

Aynı zamanda, C-V karakteristikleri de ölçülmüştür. $1/C^2$ -V çizimlerinden, taşıyıcı konsantrasyonları ve eğrinin ekseni kestiği noktadan, difüzyon potansiyelleri hesaplanmıştır. Bu hesaplar sonucunda, BA157, BA159, MR856-8424 için iletkenliğin ve öz direncin

sırasıyla, $\sigma_1 = 15\text{m}\Omega\text{cm}$, $\rho_1 = 66(\Omega\text{cm})^{-1}$; $\sigma_2 = 18\text{m}\Omega\text{cm}$
 $\rho_2 = 55(\Omega\text{cm})^{-1}$; $\sigma_3 = 3.55\text{m}\Omega\text{cm}$, $\rho_3 = 280(\Omega\text{cm})^{-1}$ olduğu
 bulunmuştur. Bu değerler taşıyıcı konsantrasyonundan
 hesaplanmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, ters gerilim
 (0.5-6) Volt arasında değiştirilerek, arınma bölgesi
 genişlikleri de hesaplanmıştır.

Kapasite değerleri, 300°K ve 353°K'de ters gerilim
 değiştirilerek tekrar ölçülmüş ve bu değerlerin sıcaklık
 arttıkça azaldığı görülmüştür. Bu da taşıyıcı
 konsantrasyonunun artmasından dolaydır. Taşıyıcı
 konsantrasyonu artınca, arınma bölgesinin genişliği
 artmakta, dolayısıyla kapasite azalmaktadır.

5 . EKLER



Elektronik Termometreli Sıcaklık Kontrolü Cihazının
Baskılı Devre Şeması

```

10 REM ' I - T KARAKTERİSTİĞİ
20 SCREEN 3
30 PRINT CHR$(12)
40 D$="d350":R$="r630":Y$="d5":L$="L5"
50 PSET(10,0):DRAW D$:DRAW R$
60 FOR T=1 TO 13 :G=G+50 : IF G>600 THEN G=0
70 PSET (10+G,350):DRAW Y$ :PSET(10,350-G):DRAW L$:NEXT
80 LOCATE 20,70:PRINT " Derece C":LOCATE 2,3:PRINT "I ^
90 FOR I=1 TO 77
100 READ X,Y
110 PSET (10+5*X,350-100*Y)
120 NEXT I
130 A$=INPUT$(1):IF A$=" " THEN STOP
140 DATA 4,.01147,5,.012,8,.01549,10,.01726,13,.01993,
15    15,.0219,20,.0292,23,.0345,25,.0392,30,.0525,32,.0598
150 DATA 35,.0723,40,.098,45,.134,50,.183,55,.237,
16    60,.314,65,.414,70,.547,75,.704
160 DATA 80,.818,85,1.103,90,1.271,95,1.565,100,1.921
170 DATA 105,2.35,110,2.9,115,3.52,120,4.29
180 DATA 0,.0103,5,.0215,10,.0346,15,.0491,20,.0745,
19    25,.1034,30,.1475
190 DATA 35,.24,40,.288,45,.36,50,.48,55,.62,60,.78,
20    65,.977,70,1.21,75,1.538
200 DATA 80,1.92,85,2.44,90,3.07,95,3.81,100,4.86,
21    105,6.81,110,7.58,115,8.73
210 DATA 0,.00406,5,.00626,10,.0091,15,.01315,
22    20,.01774,25,.024,30,.0388
220 DATA 35,.055,45,.0976,50,.1297,55,.1717,
23    60,.0229,65,.376,70,.43
230 DATA 75,.563,80,.74,85,.96,90,1.242,95,1.597,100,
24    2.37,105,2.94,110,3.98
240 DATA 115,4.53,120,5.13

```



```

10 REM ' lnJ - 1/kT KARAKTERİSTİĞİ
20 SCREEN 3
30 PRINT CHR$(12)
40 U$="u350":R$="r500":Y$="d5":L$="L5"
50 PSET(10,355):DRAW U$:DRAW R$
60 FOR T=1 TO 5 :G=G+50 : IF G>150 THEN G=0
70 PSET (110+2*G,0):DRAW Y$ :PSET(10,405-2*G):DRAW L$:NEXT
80 LOCATE 3,60:PRINT "1/kT (eV)^-1":LOCATE 23,5:PRINT "LJ
90 FOR I=1 TO 74
100 READ X,Y
110 PSET (-490+20*X,-395-50*Y)
120 NEXT I
130 A$=INPUT$(1):IF A$=" " THEN STOP
140 DATA 42.438,-14.906,41.827,-14.473,41.088,-14.099,
      40.375,-13.731,39.686,-13.431,39.02,-13.129,38.376,
      -12.649,37.753,-12.45,37.15,-11.96,36.566,-11.726
150 DATA 36,-11.442,35.551,-11.161,34.919,-10.873,
      34.402,-10.377,33.901,-10.243,33.414,-9.974,32.94,
      -9.7,32.48,-9.44,32.033,-9.183,31.589,-8.931,31.174,-8.
160 DATA 30.762,-8.321,30.36,-8.18,29.97,-8.05,29.59,-8.02
170 DATA 42.438,-14.08,41.827,-13.98,41.088,-13.616,40.375
      -13.378,39.686,-13.09,39.02,-12.796,38.376,-12.504,37.
      -12.184,37.15,-11.88,36.566,-11.567
180 DATA 36,-11.255,35.451,-10.996,34.919,-10.715,34.402,
      -10.439,33.901,-10.16,33.414,-9.908,32.94,-9.758,32.48
      -9.459,32.033,-9.317,31.598,-9.109,31.174,-8.904
190 DATA 30.762,-8.702,30.36,-8.492,29.97,-8.298,29.59,-8.
200 DATA 41.827,-14.517,41.088,-14.042,40.375,-13.692,39.6
      -13.275,39.02,-12.947,38.376,-12.592,37.753,-12.105,37
      -11.922,36.566,-11.699,36,-11.412
210 DATA 35.451,-11.156,34.919,-10.926,34.402,-10.701,33.9
      -10.487,33.414,-10.247,32.94,-10.025,32.48,-9.786,32.0
      -9.556,31.598,-9.34,31.174,-9.097
220 DATA 30.762,-8.869,30.36,-8.652,29.97,-8.511,29.59,-8.

```

```

10 REM ' C - V   KARAKTERİSTİĞİ
20 SCREEN 3
30 PRINT CHR$(12)
40 D$="d350":R$="r630":Y$="d5":L$="L5"
50 PSET(10,0):DRAW D$:DRAW R$
60 FOR T=1 TO 13 :G=G+50 : IF G>600 THEN G=0
70 PSET (10+G,350):DRAW Y$ :PSET(10,350-G):DRAW L$:NEXT
80 LOCATE 21,68:PRINT "   V ( Volt )":LOCATE 1,1:PRINT "C (
90 FOR I=1 TO 21
100 READ X,Y
110 PSET (10+100*X,349-5*Y)
120 NEXT I
130 A$=INPUT$(1):IF A$=" " THEN STOP
140 DATA 0.5,33.2,1,26.4,2,23.7,3,18.3,4,16.4,5,14.3,
        6,12.6,0.5,31.8,1,25.7,2,21.2,3,17.2,4,15.2,5,13.61,
        6,11.91,0.5,65.23,1,41.45,2,31.65,3,26.9,4,23.8,
        5,21.18,6,1

```



```

10 REM ' 1/C^2 - V      KARAKTERİSTİĞİ
20 SCREEN 3
30 PRINT CHR$(12)
40 D$="d350":R$="r350":Y$="d5":L$="L5"
50 PSET(10,0):DRAW D$:DRAW R$
60 FOR T=1 TO 13 :G=G+50 : IF G>300 THEN G=0
70 PSET (10+G,350):DRAW Y$ :PSET(10,350-G):DRAW L$:NEXT
80 LOCATE 21,38:PRINT " V ( Volt )"
90 LOCATE 1,2:PRINT "1/C^2 ( F)^-2"
100 FOR I=1 TO 21
110 READ X,Y
120 PSET (10+50*X,349-50*Y)
130 NEXT I
140 A$=INPUT$(1):IF A$=" " THEN STOP
150 DATA 0.5,0.91,1,1.43,2,1.78,3,3,4,3.7,5,4.9,6,6.3,0.5,
      0.988,1,1.51,2,2.24,3,3.4,4,4.52,5,5.51,6,7.06,0.5,0.2
      1,0.582,2,0.998,3,1.381,4,1.765,5,2.228,6,2.654
160 X=X+X(I)
170 S=S+X(I)
180 X5=X5+X(I)+S(I)
190 X2=X2+X(I)+X(I)
200 S2=S2+S(I)+S(I)
210 NEXT
220 H=V-2+1
230 UU=N*X5-X*S:U1=N*X0-X*U
240 WW=N*X2-X*X
250 TT=N*M2-S*S:T2=N*M2-U*U
260 B=UU/WW:E3=U1/WW
270 B=(S-S*X)/N:E3=(U-E3*X)/N
280 CC=UU/WW/(WW+TT):C3=U1/WW/(WW+TT)
290 PRINT "X=";E1;"B=";B;"C=";CC
300 DATA 4, 01747, 5, 012, 4, 01549, 10, 01736, 12, 01993,
      15, 0219, 20, 0292, 23, 0345, 25, 0392, 30, 0525, 32, 0598
310 DATA 35, 0723, 40, 098, 45, 134, 50, 187, 55, 227,
      60, 314, 65, 414, 70, 547, 75, 704
320 DATA 80, 812, 85, 1104, 90, 1371, 95, 1565, 100, 1721
330 DATA 105, 2, 35, 110, 2, 9, 115, 3, 52, 120, 4, 29

```

6. KAYNAKLAR

```

5 REM ' KORELASYON HESABI
10 DEFDBL A-P,R-Z
20 INPUT "ilk deney no";Z
30 INPUT " son DENEY NO";V
40 A=.01414:AA=252:KB=.000086
50 DIM Y(85),T(85),I(85),J(85),X(85),C(35),P(35),S(35)
60 FOR Q=1 TO 29
70 READ Y(Q),I(Q):NEXT:CLS
80 FOR Q=Z TO V
90 T(Q)=Y(Q)+273 :W=W+1
100 C(Q)=AA*T(Q)*T(Q)
110 X(Q)=(1/(KB*T(Q)))
120 J(Q)=I(Q)*.000001#/A:S(Q)=LOG(J(Q))
140 NEXT
150 L=L+X(Q)*S(Q)
160 X=0: S=0: XS=0: X2=0
170 FOR Q=Z TO V
180 X=X+X(Q)
190 S= S+S(Q)
200 XS= XS+X(Q)*S(Q)
210 X2=X2+X(Q)*X(Q)
220 S2= S2+S(Q)*S(Q)
230 NEXT
240 N=V-Z+1
250 UU=N*XS-X*S:U3=N*XU-X*U
260 WW=N*X2-X*X
270 TT=N*S2-S*S:T3=N*U2-U*U
280 E=UU/WW:E3=U3/WW
290 B=(S-E*X)/N:B3=(U-E3*X)/N
300 CC=UU/SQR(WW*TT):C3=U3/SQR(WW*T3)
310 PRINT "ES=";E,"BS=";B,"CS=";CC
320 DATA 4,.01147,5,.012,8,.01549,10,.01726,13,.01993,
15,.0219,20,.0292,23,.0345,25,.0392,30,.0525,32,.0598
330 DATA 35,.0723,40,.098,45,.134,50,.183,55,.237,
60,.314,65,.414,70,.547,75,.704
340 DATA 80,.818,85,1.103,90,1.271,95,1.565,100,1.921
350 DATA 105,2.35,110,2.9,115,3.52,120,4.29

```

ES=-.48526141165

BS= 6.228962342

CS=-

6 . KAYNAKLAR

- 1 - A.G. MILNES & D.C. FEUCHT
Heterojunctions and Metal - Semiconductor
Junctions, 1972, Academic Press.
- 2 - S.M. SZE
Physics of Semiconductor Devices,
1981, John Wiley & Sons.
- 3 - A. Van Der ZIEL
Solid State Physical Electronics
1964, Prentice - Hall.
- 4 - Richard DALVEN
Introduction to Applied Solid State Physics
1980, Plenum Press.
- 5 - G.I. EPIFANOV
Solid State Physics, 1979, Mir Publishers.
- 6 - Harold J. HOVEL
Semiconductors and Semimetals, 1975, Academic Press.

- 7 - Ralph J. SMITH
Electronics : Circuits and Devices, 1967,
Solid State Electronics, Vol. Per. Press
- 8 - Sait AKPINAR
Yarıiletkenler Fiziği, 1979, İ.Ü.Fen Fakültesi.
- 9 - Sait AKPINAR
Katıhal Fiziğinden Seçme Konular 5,
Solid State Electronics 1973 Vol.13 p.p 127-131
- 10 - A.Y.C. YU & C.A. MEAD
Characteristics of Al-Si Schottky Barrier Diode
Solid State Electronics. Per. Press 1970 Vol.13
p.p 97-104
- 11 - E.C. WURST, Jr., & E.H. BORNEMAN
Rectification Properties of Metal-Silicon
Contacts
Journal of Applied Physics, Vol.28, No 2, Feb.1957
- 12 - A.M. COWLEY & E.H. BORNEMAN
Surface States and Barrier Height of Metal-Semi-
conductor Systems
Journal of Applied Physics, Vol.36, No 10, Oct.1965

- 13 - F.A. PADOVANI & R. STRATTON

Field & Thermionic-Emission in Schottky Barriers
Solid State Electronics 1973. Vol. Per. Press
1966, Vol. 16, p.p 695-707

- 14 - A. Van CALSTER

Behavior of Al- Si Schottky barrier diodes under
heat treatment.

Solid State Electronics 1973. Vol.16 p.p 119-121

- 15 - A.Y.C.YU,

"The Metal-Semiconductor Contact:An Old
Device with a New Future"

IEEE Spectrum, 7, 83-89 (March 1970)

- 16 - Müzeyyen SARITAS

Schottky diyodunda potansiyel engelinin ölçülmesi.

Y.Ü. Mühendislik Fakültesi Sempozyumu, 1988.

- 17 - National Semiconductor Corporation

Linear Databook.



ÖZGEÇMİŞ

1957 yılında Kayseri'de doğdu. Orta öğrenimini T.E.D. Kayseri Koleji ve Kadıköy Maarif Kolejinde tamamladı. 1980 yılında İ.Ü.Fen Fakültesi Fizik Bölümünü bitirdi. 1986 yılından beri Y.Ü.Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.



