

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Elektronik Anabilim Dalı Elektronik I Dersi Laboratuvarı
DIYOT KARAKTERİSTİKLERİ

1. Deneyin Amacı

- Diyot çeşitlerinin karakteristiklerini anlamak
- Her diyot çeşidinin kendine özgü özelliklerini tanımak

2. Ön Bilgi

2.1. Terimler

1. Valans Elektronu: Atom çekirdeğine göre en dış yörüngede bulunan elektronlar *valans elektronları* olarak adlandırılırlar.

Maddelerin elektriksel karakteristikleri valans elektronlarının sayısına bakarak açıklanabilir:

- Bir tane gibi az sayıda valans elektronu bulunduran maddeler kolay bir şekilde elektron verebildiği için iletken olarak davranırlar.
- Valans elektron sayısı üç ile beş arasında olan elementler yarıiletken olarak davranırlar.
- Sekiz valans elektrona sahip olan elementler kararlı yapıda oldukları için elektron alma veya verme eğiliminde değildirler, yani yalıtkan olarak davranırlar.

2. Katkılama: Bir yarıiletkenden daha yüksek akım geçirebilmek için, üç valans elektronu olan elementler (boron, galyum veya indiyum gibi) ya da beş valans elektronu bulunan elementler (antimon, arsenik veya fosfor gibi), has yarıiletkenin içine daha çok delik ve serbest elektron elde etmek amacıyla eklenirler. Bu işlem *katkılama* olarak adlandırılır, söz konusu üç ya da beş valans elektronlu elementlere ise *katkı elementi* denir.

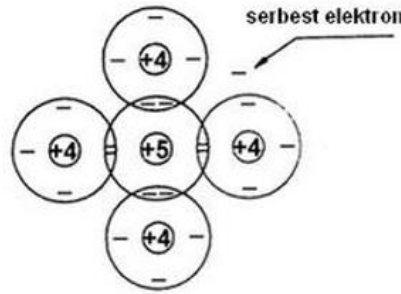
3. İyon: Bir atomun en dıştaki elektron yörüngesine bir veya daha fazla elektron eklenir ya da yörüngesinden bir veya daha çok elektron kopartılırsa, bu atom bir "*iyon*"a dönüşür. İyonlar elektron eklenmesi durumunda *negatif iyon*, elektron koparılması durumunda ise *pozitif iyon* olarak adlandırılırlar.

4. Has Yarıiletken: Has yarı iletkene hiçbir katkı eklenmemişken, en dış yörüngenin dört elektronu komşu atomlarla bir oktahedron oluşturur, ilgili her iki elektron da kovalent bağ yapar. Elektronlar, kovalent bağların oluşumundan sonra birleşeceğinden, has yarıiletken iletmeyen durumdadır. Ancak, ortam sıcaklığı mutlak sıfırdan (-273 C) büyük olduğu için, bazı elektronların hareketi artan sıcaklığa bağlı olarak artacak ve bu elektronlar sonuç olarak kovalent bağlardan kurtularak, serbest elektronlar olarak davranacaklardır.

Elektron kovalent bağdan koptuktan sonra, geriye kalan boşluğa "*delik*" adı verilir. Normalde elektriksel olarak nötr olan bir atomdan bir elektron serbest kaldığında, bu atom pozitif bir

iyona dönüşür. Oda sıcaklığında silikon ve germanyumda birkaç serbest elektron bulunduğu için (aynı zamanda eşit sayıda delik de bulunur, yani $n = p$), has yarıiletken tam anlamıyla yalıtkan değildir.

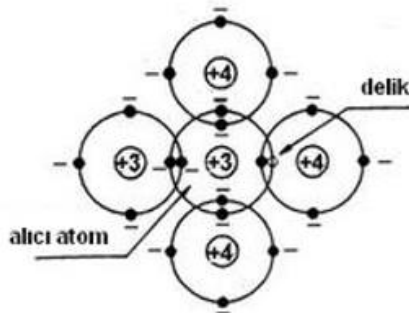
5. N-Tipi Yarıiletken: Beş valans elektronu olan elementler her noktada aynı olacak şekilde germanyum ve silikonun içine katkılandırılırken, valans elektronlar birbirleriyle kovalent bağ kurmak için birleşirler. Her beş valans elektronlu elementin bu şekilde komşu dört valans elektronlu elementlerle (germanyum, silikon) kovalent bağ yapmak amacıyla birleşmesi, Şekil 1'de görüldüğü gibi bir elektronun serbest kalması ile sonuçlanır. Bu tür bileşiklere *N-tipi yarıiletken* denir.



Şekil 1. N-tipi Yarıiletken

Beş valans elektronu bulunan elementler has yarıiletkenin içine katkılandırıldığı zaman, serbest elektron verilir. Beş valans elektronlu elemente bu yüzden "veren atom" denir. Bu beşinci grup elementleri has yarıiletkenine katkılandırıldıkları zaman, serbest elektronlar fazlaşır. Deliklere göre çoğunlukta olan elektronlar, bu yüzden "çoğunluk taşıyıcıları", az sayıda olan delikler ise "azınlık taşıyıcıları" olarak adlandırılırlar.

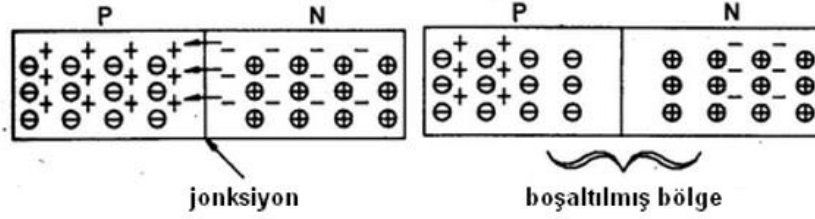
6. P-Tipi Yarıiletken: Üç valans elektronu olan (üçüncü grup) elementler (bor, galyum veya indiyum) her noktada aynı şekilde germanyum ve silikonun içine katkılandırılırlar, valans elektronlar birbirleriyle kovalent bağ kurmak amacıyla ortaklaşırlar. Her üçüncü grup elementi böylelikle komşu dördüncü grup elementleri (germanyum, silikon) ile kovalent bağ oluşturmak üzere ortaklaşır. Bunun sonucu olarak da bir elektron eksikliğine eşdeğer olan bir boşluk doğar. Şekil 2' de görülen bu noktaya boşluk, *delik* ya da *oyuk* adı verilir. Üçüncü grup elementi ile katkılandırılmış olan yarıiletken *P-tipi yarıiletken* denir.



Şekil 2. P-tipi Yarıiletken

2.2 Temel İlke

PN Jonksiyon Diyotu: Bir P-tipi yarıiletken bir N-tipi yarıiletkenle, Şekil 3'te görüldüğü gibi birleşsin. P-tipi yarıiletkende çok sayıda delik, N-tipi yarıiletkende ise çok sayıda elektron olduğundan, jonksiyona (birleşme noktasına) yakın olan elektronlar jonksiyona yakın olan delikleri P-N birleşecek şekilde dolduracaklardır. Jonksiyona yakın olan N-tipi yarıiletken elektron kaybettikten sonra pozitif iyonla dönüşürken, P-tipi yarıiletken ise delik kaybettikten sonra negatif iyonla dönüşecektir.



Şekil 3. P-N Jonksiyon Yapısı

Böylelikle jonksiyona yakın olan bölgede, taşıyıcılar (elektronlar ya da delikler) azalmıştır, burada sadece artı ve eksi yüklü iyonlar bulunabilir. Bu bölgeye *boşaltılmış bölge* denir. Boşaltılmış bölgede artı yüklü iyonlar delikleri, eksi iyonlar da elektronları ittiği için elektronlar ve delikler arasında sürekli kombinasyon engellenmiştir.

Elektronların ve deliklerin jonksiyondan geçmesini iyonların etkisiyle engelleyen kuvvete *engel (eşik) gerilimi* denir. Bazı diyotlar için eşik gerilimleri şöyledir:

- Germanyum (Ge) P-N jonksiyonunda 0.2-0.3V,
- Silikon (Si) P-N jonksiyonunda 0.6-0.7 V,
- Galyum arsenik (GaAs) P-N jonksiyonunda ise 1.3 V civarındadır.

Diyotun doğru (ileri yön) ve ters (geri yön) kutuplanması:

Doğru-kutuplamada, bir diyot üzerinde düşen gerilim eşik gerilimidir. Bu eşik gerilimi diyot karakteristik eğrisi üzerinde *büküm (kırılma)* noktasına karşılık gelir. Çünkü bu bölgede diyot üzerinde düşen gerilimle diyottan geçen akım değişmektedir. Bu eşik gerilim değerinin aşıldığı durumda *iletim akımı* " I_D " akar. Bu eşik geriliminden daha düşük değerlerde, diyot sadece küçük bir akımın geçmesine izin verir.

Diyotun ters kutuplanması halinde idealde diyotun akım iletmemesi gerekmektedir fakat çok küçük bir *sızıntı akımı* akar bu akıma " I_S " *ters satürasyon akımı* denir.

Diyot akım-gerilim ilişkisi (1) numaralı denklem ile modellenmektedir.

$$I_D = I_S [e^{V_D/nV_T} - 1] \quad (1)$$

Bu denklemde;

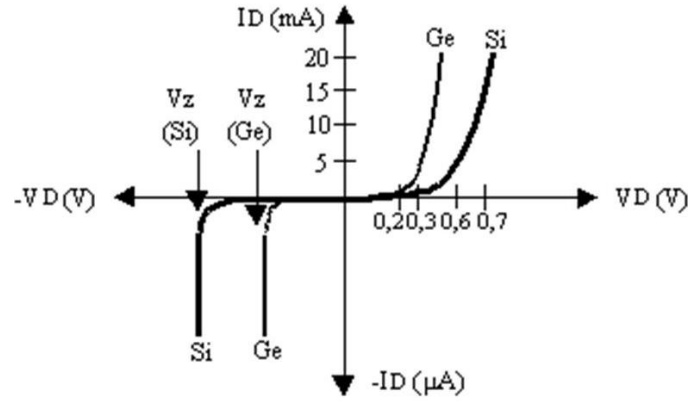
I_S : Ters satürasyon akımı (sızıntı akımı)

V_D : Diyota uygulanan gerilim

n : İdealden uzaklaşma faktörü

V_T : Termal voltaj olarak ifade edilir.

Bu denkleme göre bir diyot için akım-gerilim karakteristiği elde edilir. Si ve Ge diyotlarının karakteristiği Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Si ve Ge Diyotlarının Karakteristiği

3. Deneyin Yapılışı

Deneyler laboratuvar ortamındaki donanımlarla ve Multisim programı kullanılarak da simülasyon çalışması şeklinde gerçekleştirilecektir.

3.1. Deneyler

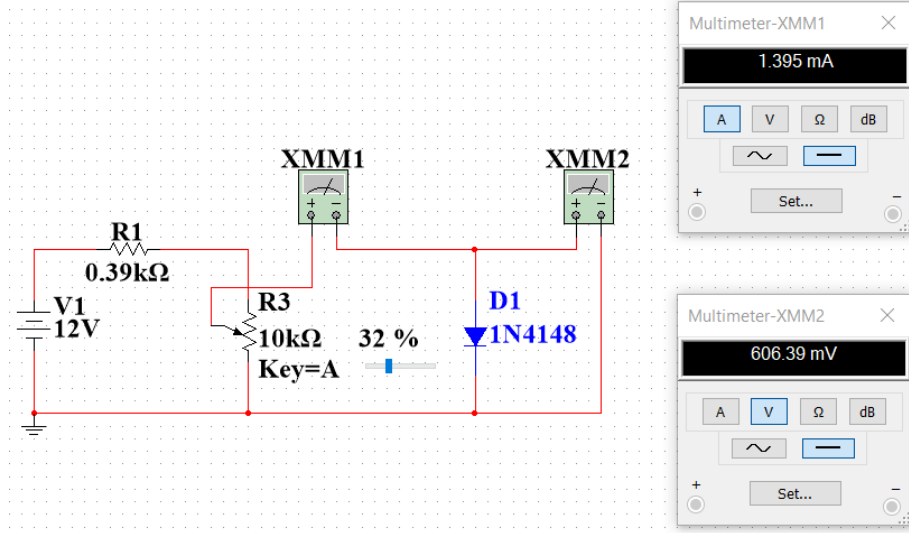
3.1.1. Silisyum Diyotun V-I Karakteristik Eğrisinin Çizilmesi

Bu deneyde silisyum diyotun akım-gerilim karakteristiği elde edilecektir. Devre kurulumu yapmak için Şekil 5'te Si diyota ilişkin deney düzeneği gösterilmektedir. Bu düzenek için gerekli eleman seçimleri ayrıntılı bir şekilde anlatılacaktır. Simülasyon için Multisim programında elemanlar türlere göre sınıflandırılmıştır. Bu deneyde kullanılacak elemanlar Tablo 1'de görülen bölümlerde yer almaktadır. Deney adımlarında bu bölüm isimleri kullanılacaktır.

Tablo 1. Multisim programında eleman sınıflandırmalarının isimleri

			
Place Source	Place Basic	Place Diode	Multimeter

Not: Bu deneyde 1- 6 arası adımlar sadece simülasyon aşaması için gereklidir. Laboratuvardaki deneylerde malzemeler malzeme kutusu içerisinde, cihazlar deney masasında hazır bulunacaktır.



Şekil 5. Si diyot doğru (ileri yön) kutuplanması

1. Adım: Simülasyon için Multisim arayüzündeki “Place Source” simgesine tıklayınız. Karşınıza çıkan menüden “POWER_SOURCES” ailesini seçiniz. Açılan listeden kuracağınız devre için gerekli olan “DC_POWER” ve “GROUND” elemanlarını ekleyiniz. Eklenen DC gerilim kaynağı elemanına çift tıkladığınızda açılan pencereden gereken elektriksel özellikteki ayarlamaları yapabilirsiniz. Bu devrede gerilim değerini 12 V olarak giriniz. Eklenen DC gerilim kaynağı elemanına sağa tıkladığınızda açılan pencereden ise elemanınızın ekranınızdaki görüntüsüyle ilgili gerekli ayarlamaları yapabilirsiniz. Bu ayarlama işlemleri ekleyeceğiniz tüm elemanlar için aynı şekildedir.

2. Adım: Elemanların bulunduğu üst bölmeden “Place Basic” simgesine tıklayınız. Karşınıza çıkan menüden “RESISTOR” ailesini seçiniz. İsterseniz gerekli olan değerdeki direnci bulabilir veya herhangi bir direnç ekleyip sonrasında değerini ayarlayabilirsiniz. Kurmanız gereken devre için 2 adet direnç elemanı ekleyiniz.

3. Adım: “Place Basic” bölümünde “POTENTIOMETER” ailesini seçiniz. İsterseniz gerekli olan değerdeki potansiyometreyi bulabilir veya herhangi bir tanesini ekleyip sonrasında değerini ayarlayabilirsiniz. Potansiyometrenin direnç değerinin değişim aralığını ayarlamak için çift tıkladığınızda **Increment** kısmına uygun değeri yazabilirsiniz. Devreniz için bu kısma “5” değerini giriniz.

4. Adım: Elemanların bulunduğu bölmeden “Place Diode” simgesini tıklayınız. Karşınıza çıkan menüden “SWITCHING_DIODE” ailesini seçiniz. Açılan listeden kuracağınız devre için uygun diyot elemanını bulmanız gerekecektir. Listenin üst kısmında **Component** olarak belirtilen arama çubuğuna **1N4148** kodunu yazarak çıkan elemanı ekleyiniz. Böylece devrenize bir Si diyot eklemiş olacaksınız. Deney ilk olarak diyotun doğru (ileri yön) kutuplanmasıyla gerçekleştirileceğinden kurulan düzenekte diyot kutuplama yönüne dikkat edilmelidir.

5. Adım: Multisim arayüzünün sağ bölümünde ölçü aletleri yer almaktadır. Bu sütumda yer alan “Multimeter” simgesine tıklayarak devrenize multimetre ekleyebilirsiniz. Kurmanız gereken devre için ampermetre ve voltmetre olarak kullanılacak 2 adet multimetre ekleyiniz.

6. Adım: Simülasyonda ekranınızda eklediğiniz elemanları istediğinizde şekilde hareket ettirebilirsiniz ve bulunma yönlerini ayarlayabilirsiniz. Deney düzeneğini tamamlamak için fare ile elemanlar arasında bağlantı işlemi gerçekleştiriniz. Son olarak ölçüm işlemine hazır olmak için multimetrelere çift tıklanarak ölçüm özellikleri belirlenecektir. Seri olarak bağlanan multimetrede ampermetre (A) özelliği, paralel olarak bağlanan multimetrede voltmetre (V) seçenekleri aktif edilecektir. Ayrıca AC ve DC seçeneklerinden de DC ayarını yapmayı unutmayınız. Devreniz hazır olduğunda Run (F5) ve Stop seçenekleri ile simülasyonunuzu çalıştırıp sonlandırabilirsiniz.

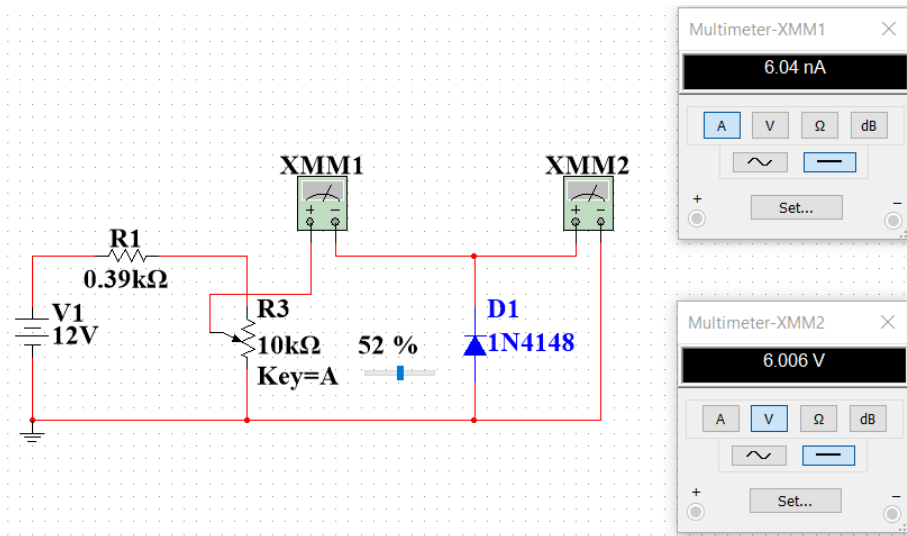
7.Adım: Hem simülasyon hem de laboratuvar ortamı için kurulan deney düzeneğinde yapılacak ölçüm işlemleri tablo şeklinde kaydedilecektir. Bu işlem düzenekteki potansiyometrenin yüzde ayarı değiştirilerek gerçekleştirilecektir. Potansiyometrenin yüzde değişimi “5” olarak (20’şer tane akım ve gerilim değeri elde edilecek şekilde) ayarlanmıştır. Her bir değişim için elde edilecek sonuçları yazınız.

Si diyot doğru (ileri yön) kutuplanma için ölçümler gerçekleştirilip sonuçları Tablo 2’ye kaydedilecektir.

Tablo 2. Si diyot doğru (ileri yön) kutuplanması ölçüm sonuçları

$I_D(mA)$																						
$V_D(V)$																						

8. Adım: Diyot karakteristiği elde edebilmek için diyotun ters (geri yön) kutuplanmasına ilişkin ölçüm sonuçları da elde edilmez. Bunun için Şekil 6’da gösterildiği gibi deney düzeneği üzerinde bulunan Si diyotun yönü değiştirilerek ters kutuplanması sağlanır.



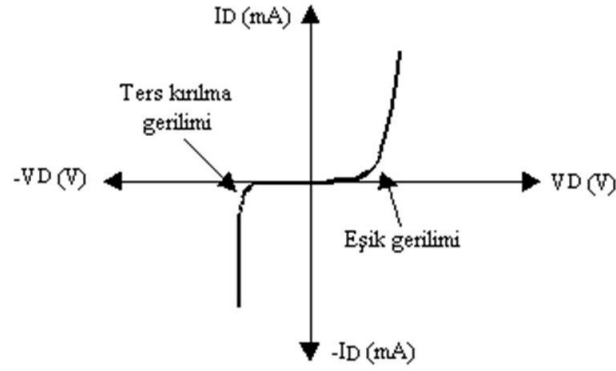
Şekil 6. Si diyot ters (geri yön) kutuplanması

Ölçüm işlemleri ters (geri yön) kutuplanma için de aynı şekilde gerçekleştirilip Tablo 3'e kaydedilecektir.

Tablo 3. Si diyot ters (geri yön) kutuplanması ölçüm sonuçları

I_D (mA)																			
V_D (V)																			

9. Adım: Ölçüm sonuçlarını kaydettikten sonra elinizde bulunan I_D (mA) ve V_D (V) değerleri ile Si diyotun karakteristiğini bilgisayar ortamında (Matlab kullanabilirsiniz) çizdiriniz. Grafik için Tablo 2 ve Tablo 3 verilerini birlikte kullanınız. Grafiğinizi oluştururken Şekil7'de gösterilen karakteristik eğrisinde eksenlerin hangi değerlerden ve birimlerden oluştuğuna dikkat ediniz.



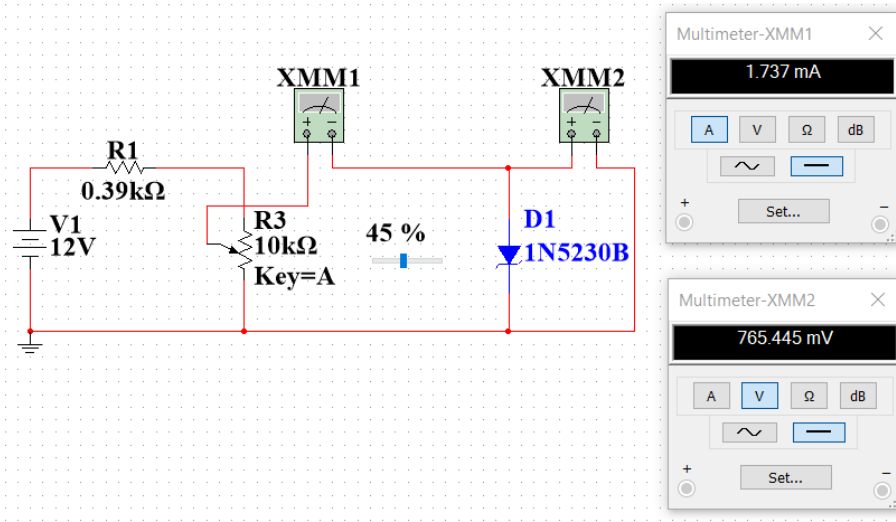
Şekil 7. Diyot Karakteristik Eğrisi

10. Adım : Silisyum diyot deney yorumunu yapınız.

3.1.2. Zener Diyotun V-I Karakteristik Eğrisinin Çizilmesi

Bu deneyde zener diyotun akım-gerilim karakteristiği simülatörün sağladığı ampermetre ve voltmetre kullanılarak adım adım ölçülecek ve Tablo 4 ve Tablo 5'e kaydedilecektir. Simülasyon ekranında devre kurulumu yapmak için Şekil 8'de zener diyota ilişkin deney düzeneği gösterilmektedir.

Not: Bu deneyde birinci adım sadece simülasyon aşaması için gereklidir. Laboratuvardaki deneylerde malzemeler malzeme kutusu içerisinde, cihazlar deney masasında hazır bulunacaktır.



Şekil 8. Zener diyot doğru (ileri yön) kutuplanması

1. Adım: Zener diyot deney düzeneği için gerekli adımlar Si diyot devresi ile aynı şekilde yapılmaktadır. Bu deneyde sadece Si diyot yerine zener diyot elemanı eklenecektir. Simülasyon için elemanların bulunduğu bölmeden "Place Diode" simgesini tıklayınız. Karşınıza çıkan menüden "ZENER" ailesini seçiniz. Açılan listeden kuracağınız devre için uygun diyot elemanını bulmanız gerekecektir. Listenin üst kısmında **Component** olarak belirtilen arama çubuğuna **1N5230B** kodunu yazarak çıkan elemanı ekleyiniz. Böylece devrenize bir zener diyot eklemiş olacaksınız. Deney ilk olarak diyotun doğru (ileri yön) kutuplanmasıyla gerçekleştirileceğinden kurulan düzenekte diyot kutuplama yönüne dikkat edilmelidir.

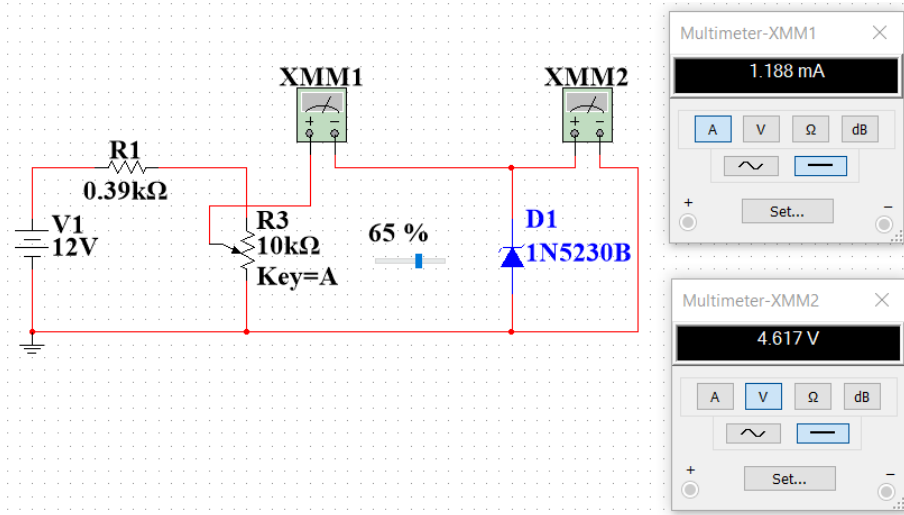
2. Adım: Kurulan deney düzeneğinde yapılacak ölçüm işlemleri tablo şeklinde kaydedilecektir. Bu işlem düzenekteki potansiyometrenin yüzde ayarı değiştirilerek gerçekleştirilecektir. Potansiyometrenin yüzde değişimi "5" olarak (20'şer tane akım ve gerilim değeri elde edilecek şekilde) ayarlanmıştır. Her bir değişim için elde edilecek sonuçları yazınız.

Zener diyot doğru (ileri yön) kutuplanma için ölçümler gerçekleştirilip sonuçları Tablo 4'e kaydedilecektir.

Tablo 4. Zener diyot doğru (ileri yön) kutuplanması ölçüm sonuçları

$I_D(mA)$																			
$V_D(V)$																			

3. Adım: Zener diyot karakteristiği elde edebilmek için zener diyotun ters (geri yön) kutuplanmasına ilişkin ölçüm sonuçları elde edilmedi. Bunun için Şekil 9’da gösterildiği gibi deney düzeneği üzerinde bulunan zener diyotun yönü değiştirilerek ters kutuplanması sağlanır.



Şekil 9. Zener diyot ters (geri yön) kutuplanması

Ölçüm işlemleri ters (geri yön) kutuplanma için de aynı şekilde gerçekleştirilip Tablo 5’e kaydedilecektir.

Tablo 5. Zener diyot ters (geri yön) kutuplanması ölçüm sonuçları

$I_D(mA)$																			
$V_D(V)$																			

4. Adım: Ölçüm sonuçlarını kaydettikten sonra elinizde bulunan $I_D(mA)$ ve $V_D(V)$ değerleri ile zener diyotun karakteristiğini bilgisayar ortamında (Matlab kullanabilirsiniz) çizdiriniz. Grafik için Tablo 4 ve Tablo 5 verilerini birlikte kullanınız. Grafiğinizi oluştururken Şekil 7’de gösterilen karakteristik eğrisinde eksenlerin hangi değerlerden ve birimlerden oluştuğuna dikkat ediniz.

5. Adım: Zener diyot deney yorumunu yapınız.

Raporda istenenler:

1. Diyotun genel çalışma prensibini anlatınız.
2. Deney raporunuzda Silisyum ve Zener diyotlar için elde ettiğiniz tabloları uygun bir yazılım kullanarak (Herhangi bir çizdirme programı olabilir) bilgisayar ortamında çizdirmeniz ve bu sonuçları yorumlamanız gerekmektedir.
3. Silisyum diyot ve zener diyot devrelerde hangi amaçlar için kullanılabilir yorumlayınız.
4. Elektronik devrelerde başka hangi tip diyotlar bulunmaktadır belirtiniz.