

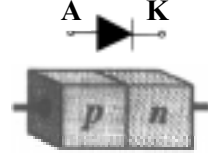
Bölüm 3: Diyotlar

A- DİYOTLARIN TEMEL YAPISI VE TANIMI

P ve N tipi iki yarı iletkenin birleştirilmesinden oluşan maddeye "diyot (*diod*, *diot*, *diyod*)" denir.

Diyotlar temelde iki gruba ayrılırlar:

- I- Doğrultmaç (*redresör*, *rectefier*) diyotları.
- II- Sinyal diyotları.



Şekil 3.1: Diyotların sembolü ve yapısı

Doğrultmaç diyotları güç kaynaklarında AC akımları DC'ye dönüştürmekte kullanılırlar. Bunlar, yüksek akımları taşıyabilirler ve yüksek ters tepe gerilimlerine dayanabilirler. Ancak, genelde 50-60 Hz gibi düşük frekanslı devrelerde kullanılırlar.

Sinyal diyotları ise lojik (*sayısal*) devre elemanı ya da radyo frekans (*RF*) devrelerinde demodülatör (*sinyal ayırıcı*) olarak kullanılırlar. Başka bir deyişle sinyal diyotları, yüksek frekanslarda çalışmaya duyarlı olmalarının yanı sıra, düşük gerilim ve akımlarda da çalışabilmektedirler.

Doğrultmaç ve sinyal diyotları silisyum ve germanyumdan yapılabilmektedir. Germanyumdan yapılan diyotlardan akım geçirildiğinde üzerlerinde yaklaşık 0,2 Volt'luk bir gerilim düşümü olurken, silisyumdan yapılmış diyotlarda bu değer 0,6 ila 0,7 Volt dolayındadır. İşte bu fark nedeniyle germanyum maddesi daha çok sinyal diyotu yapımında kullanılmaktadır.

P ve N tipi maddeler birleştirilerek diyodun oluşturulması

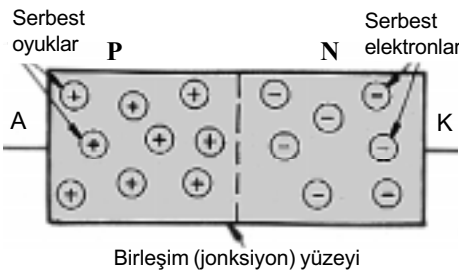
a- Polar masız P-N birleşimi

P ve N tipi yarı iletken madde kimyasal yolla birleştirildiğinde "PN birleşimli kristal diyot" elde edilir.

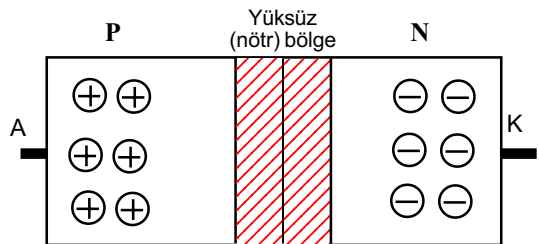
Şekil 3.2'de P-N tipi maddelerin birleştirilmesiyle oluşan diyotun yapısı verilmiştir.

P ve N tipi iki madde birleştirildiği zaman birleşim yüzeyinin yakınında bulunan elektron ve oyuklar birbirleriyle birleşmeye başlarlar. Birleşmeler sonucunda yüzey civarında nötr (*yüksüz*) atomlar oluşur.

P-N maddelerinin birbirine yakın olan kısımlarında oluşan elektron oyuk birleşimleri



Şekil 3.2: Polar masız P-N birleşiminde oyuk ve elektronların davranışı



Şekil 3.3: Polar masız P-N birleşiminde gerilim settinin oluşumu

şekil 3.3.'te taralı olarak gösterilen "gerilim setti" bölgesini ortaya çıkarır. Taralı bölge P-N maddelerinde bulunan tüm elektron ve oyukların birbiriyle birleşmesini önler.

Elektron ve oyukların yer değiştirmesini engelleyen bölgeye "gerilim setti" (*depletion layer*) denir. Settin kalınlığı 1 mikron kadar olup, 0,2 - 0,7 Volt'luk bir gerilim uygulandığı zaman yıkılır (*aşılır*).

P-N birleşiminde P maddesinin sağ bölümü elektron kazandığı için eksi (-) yüklü olur. N maddesinin sol bölümü ise oyuk kazandığı için artı (+) yüklü duruma geçer. İki yüzey arasındaki bu küçük potansiyel fark (*gerilim*), oyuk ve elektronların daha fazla yer değiştirmesini önler. Oluşan "gerilim setti" dışardan uygulanan gerilimle yok edilebilir.

İşte, P ve N tipi maddelerin birleştirilmesiyle elde edilen devre elemanlarına diyot denir.

Günümüzde, katkılama oranları değiştirilerek P-N temeli üzerine kurulu bir çok çeşitte diyot yapılmaktadır.

Not: P-N maddelerinin birleşiminden oluşan diyotlarda akım aslında eksienden artıya doğru olmaktadır. Ancak eskiden akımın artıdan eksiye doğru gittiği kabul edildiğinden günümüzde de bu yaklaşım benimsenmektedir. Bazı kitaplarda yapılan anlatımlar elektron hareketini temel almaktadır. Ancak kaynak eserlerin çoğunluğu klasik (eski) yaklaşımı uygun gördüğünden bu kitapta da klasik yaklaşıma göre anlatım yolu seçilmiştir.

b- Polarmalı P-N birleşimi

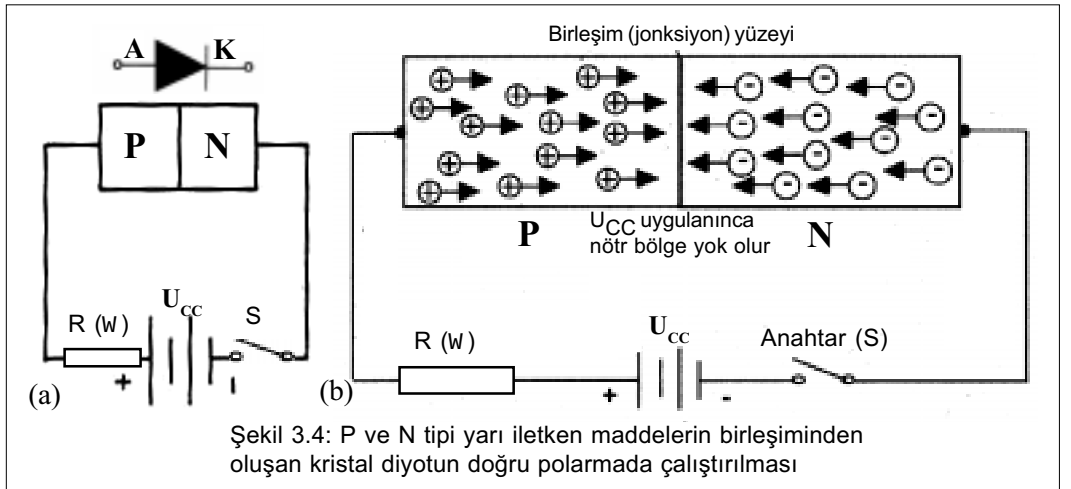
Polarmasız P-N birleşiminin orta yerinde karşılıklı yük dengesi olduğundan akım geçmez.

P-N birleşimine doğru yönde (*forward*) ve ters yönde (*reverse*) gerilim uygulandığında bazı elektriksel olaylar ortaya çıkar. Şimdi bu durumları inceleyelim.

1- P-N birleşimine doğru yönde akım uygulama (doğru polarizasyon)

Şekil 3.4-b'de görüldüğü gibi U_{CC} üretcinin artı (+) ucundan gelen yükler (*oyuklar*) P tipi maddenin artı (+) yüklerini birleşim yüzeyine doğru iter. Üretcin eksi (-) ucundan gelen elektronlar ise N tipi maddenin eksi (-) yüklerini birleşim yüzeyine iter.

Artı (+) ve eksi (-) yükler birbirini çekeceğinden elektronlar oyuklara doğru hareket ederler. Yani elektronlar, P tipi maddeye geçerler. Pilin artı (+) ucu P tipi maddeye geçmiş



olan eksi (-) yüklü elektronları kendine çeker. Bu şekilde P-N birleşiminde elektron akışı başlar. N tipi maddede bulunan her elektron yerinden çıktığı zaman buralarda oyuklar oluşur. Oyuklar artı (+) yüklü kabul edildiğinden, pilin eksi (-) ucu tarafından çekilirler. Görüldüğü üzere elektron akışı eksi (-) uçtan artı (+) uca doğru olmaktadır.

Ancak, eskiden, akımın artıdan eksiye doğru gittiği sanılarak (*konvansiyonel, klasik yaklaşım*) tüm teorik anlatımlar buna göre yapılmıştır. Günümüzde de klasik yaklaşım benimsenmektedir. Yapılan kabulün uygulamada hiç bir sakıncası yoktur.

Diyotların çalışma ilkesinin anlaşılması için yapılan deneyde:

**Ucc kaynağı ayarlı çıkış verebilen tipte olmalıdır.*

**Diyotun doğru polarmadaki davranışının incelenmesi için kurulan devrelerde kullanılan R direnci diyottan fazla akım geçmesini engellemek için bağlanmaktadır. Zira, doğru polarmada diyottan geçebilecek aşırı akım, yüksek ısı oluşturup elemanı bozabilir.*

2- P-N birleşimine ters yönde akım uygulama (ters polarizasyon)

Şekil 3.5'de görüldüğü gibi U_{CC} adı verilen üretelin eksi (-) ucu P tipi maddenin oyuklarını çeker. Üretelin artı (+) ucu ise N tipi maddenin elektronlarını kendine çeker. Birleşme yüzeyinde elektron ve oyuk kalmaz. Yani birleşim bölgesi artı (+) ile eksi (-) yük bakımından fakirleşir.

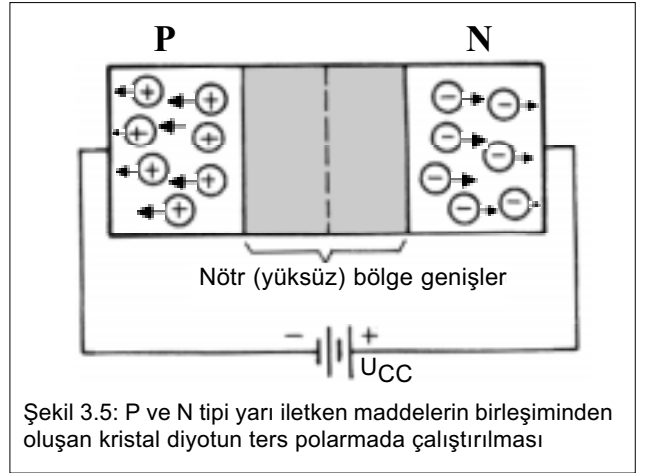
Bu yaklaşıma göre ters polarizasyonda diyot akım geçirmez. Ancak kullanılan maddelerin tam saflıkta olmaması nedeniyle "çok az bir sızıntı akımı" geçer. Mikro Amper (mA) düzeyinde olan bu akım yok sayılır (ihmal edilir).

Ters polarize edilen diyotlara uygulanan gerilim yükseltirse eleman delinebilir (*bozulur*).

Örneğin, 1N4001 adlı diyotun ters yönde uygulanan gerilime dayanabileceği üst değer 50 Volt'tur. Yani bu diyot 50 Volt'tan fazla ters gerilime maruz kalınca delinerek özelliğini kaybeder.

Diyotun delinmesi olayına "çığ etkisi" adı verilir. Çığ etkisinin oluşumu kısaca şöyle açıklanabilir: P tipi yarı iletkenin iletim bandındaki bir azınlık elektronu üretecten yeterli enerjiyi alınca, diyotun pozitif ucuna doğru gider. Bu elektron, hareket edince bir atoma çarpar ve yeterli enerjiyi sağlayarak bir valans elektronun yörüngesinden çıkıp iletim bandına geçmesini sağlar. Böylece iletim bandındaki elektron sayısı iki olur. Yörüngelerinden çıkan bu elektronlar, valans elektronlara çarparak her bir elektronu iletim bandına çıkarırlar. Böylece iletim bandında dört elektron olur. Bunlar, dört valans elektronunu daha iletim bandına sokarlar. Ters polarma geriliminin yüksekliğine göre harekete geçen elektron sayısı hızla artarak ters yönde geçen akımın artmasına neden olur.

Diyotların bir çoğu ters polarmasının aşırı arttırılması durumunda bozulacağından bu



Şekil 3.5: P ve N tipi yarı iletken maddelerin birleşiminden oluşan kristal diyotun ters polarmada çalıştırılması

noktada (*dayanma gerilimine yakın yerde*) çalıştırılmazlar. Yani 50 Volt'a kadar olan "ters gerilimlere" dayanabilen 1N4001 adlı diyot, en çok 40 Volt'luk bir devrede kullanılır. 50 Volt'un üzerindeki bir gerilim altında çalışan devre söz konusu ise 1N4002 ya da başka bir model diyot seçilir.

B- P-N YÜZEY BİRLEŞMELİ DİYOT ÇEŞİTLERİ VE YAPILARI

Elektronik alanında hızlı bir gelişme söz konusudur. Sürekli AR-GE (*araştırma-geliştirme*) yapan büyük firmalar her geçen gün yeni bir karakteristiğe sahip diyot üretmektedirler. Bu kısımda uygulamada en yaygın olarak kullanılan çeşitli diyotların yapısı, çalışması ve kullanım alanları açıklanacaktır.

a- Kristal diyotların elektriksel karakteristiklerinin P-N yüzey birleşmeli

diyotlarla açıklanması

Kristal diyotlar yapı olarak P ve N tipi iki yarı iletkenin birleşiminden oluşmuş elemanlardır. Uygulamada en çok AC'yi DC'ye çevirme (*doğrultma*) işlerinde kullanılır.

Doğru polarizasyonda, germanyumdan yapılan doğrultmaç diyotları yaklaşık 0,2 ila 0,3 Volt'ta, silisyumdan yapılanları ise yaklaşık 0,6 ila 0,7 Volt'ta iletme geçer. Yani, atom yapısının farklılığından ötürü germanyum ile silisyum diyotun gerilim setti değerleri (*iletme geçme voltajları*) farklı olmaktadır.

b- Doğrultmaç diyotlarının doğru ve ters polarizasyondaki karakteristik eğrileri

Şekil 3.6'daki grafikte görüldüğü üzere doğru polarizasyonda belli bir eşik geriliminden sonra diyotdan geçen akım artmaktadır. Ters polarizasyonda ise diyot ters dayanma gerilimine kadar akım geçirmez. Uygulanan ters yönlü polarizasyon gerilimi arttırılacak olursa eleman delinir (*özelliğini kaybeder*). Uygulamada kullanılan her diyotun ters dayanma (*delinme*) gerilim değeri farklıdır.

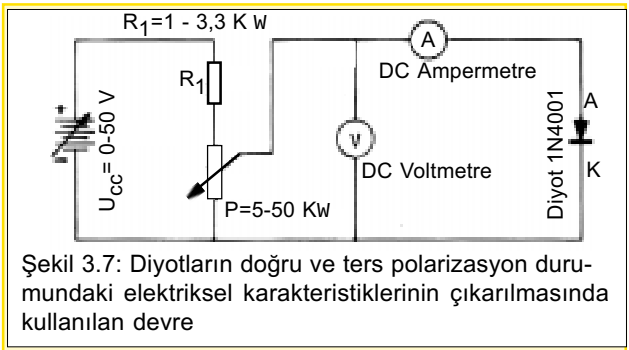
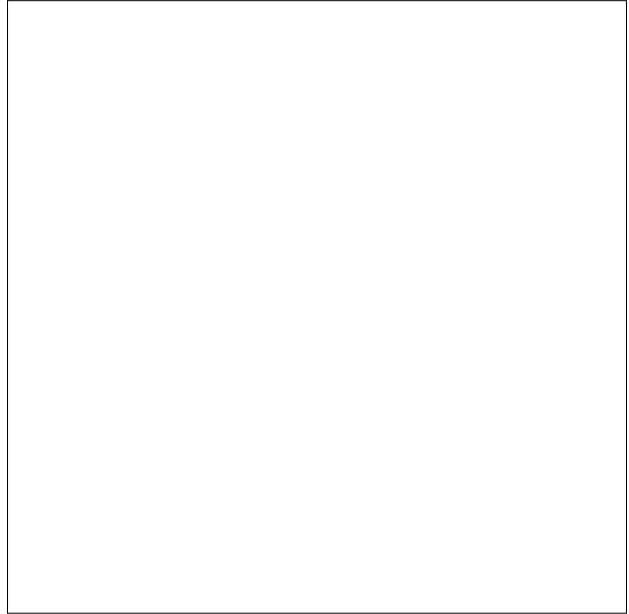
c- P-N birleşimli doğrultmaç

diyotların doğru ve ters polarizasyon

karakteristik eğrilerinin

çıkartılması

Şekil 3.7'de verilen devre ile doğru yön karakteristik eğrisini çıkarmak için potun değeri yavaş yavaş değiştirilir. Bu işlem sırasında ampermetre ve voltmetrede görülen



Şekil 3.7: Diyotların doğru ve ters polarizasyon durumundaki elektriksel karakteristiklerinin çıkarılmasında kullanılan devre

değerler bir kaç kez kaydedilir.

Daha sonra, voltmetreden alınan değerler yatay eksene, ampermetreden alınan değerler dikey eksene işaretlenerek, karakteristik eğrisi çizilir.

Şekil 3.7'de verilen devre ile ters yön karakteristik eğrisini çıkarabilmek için öncelikle, deneyde kullanılan diyot yerinden sökülerek ters çevrilir. Daha sonra potun mili çevrilerek diyota uygulanan gerilim sıfırdan itibaren artırılırken ölçü aletlerinden okunan değerler bir kaç kez kaydedilir. Ardından voltmetreden alınan değerler yatay eksene, ampermetreden alınan değerler dikey eksene işaretlenerek, ters polarma karakteristik eğrisi çizilir.

Diyotu ters yönde polarize ettiğimizde uygulanan gerilim belli bir seviyeye ulaşmaya kadar, çok küçük bir akım geçişinin olduğu görülür. Ters yönde uygulanan gerilimin değeri, diyotun dayanabileceği sınır değerin üstüne çıkarılırsa eleman bozulur (*delinir*).

Ters bağlantı durumunda belli bir gerilimden sonra diyotun yalıtkanlık özelliğini kaybederek iletken hale geçmesinin (delinmesinin) nedeni: Diyota uygulanan gerilimin büyümesiyle (ya da diyotun çalışma sıcaklığının artmasıyla), serbest elektronlara verilen enerji artmakta ve bu elektronların "çarpma" etkisiyle de pek çok elektron valans bandından iletkenlik bandına atlayarak elemandan geçen akımın aşırı derecede artmasına sebep olmaktadır.

d- "İdeal diyot" kavramı

Yukarıda, uygulamada kullanılan doğrultmaç diyotlarının doğru ve ters yönlü polarma gerilimlerine karşı davranışlarını açıkladık.

Bu açıklamaların sonunda şu yargıya ulaşabiliriz: Diyotun doğru polarmasında 0,2 - 0,7 Volt'luk gerilim değerinden sonra akım geçişi olmaktadır. Bunun sebebi ise, diyotun yapımında kullanılan maddelerin birleşim yüzeyinde oluşan gerilim settidir.

Eğer diyot yapımında kullanılan maddelerin elektronları kolayca hareket edebilseydi diyot doğru polarize iken hemen iletim söz konusu olurdu. Fakat bu pratikte mümkün değildir. Yani uygulamada kullanılan diyotların doğru ve ters polarma karakteristik eğrileri ideal diyottan farklıdır.

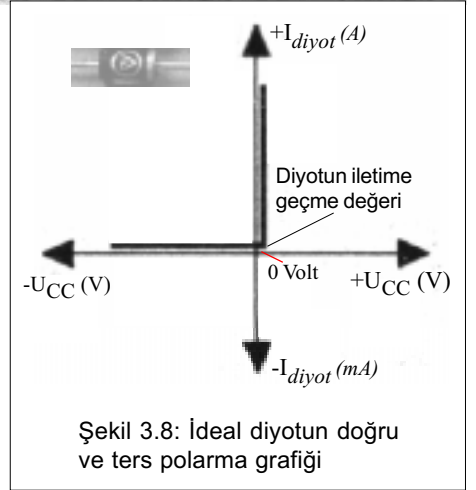
İdeal diyot, bir elektrik devresindeki anahtar gibi düşünülebilir. Diyotun doğru polarize edilmesi kapalı anahtarı, ters polarize edilmesi ise açık anahtarı ifade eder.

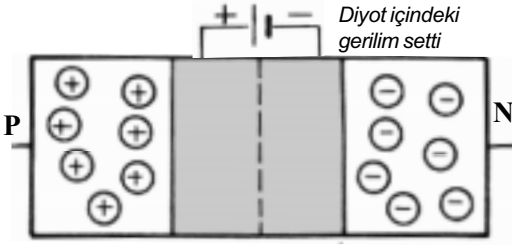
Diyotlarla ilgili hesaplamalarda bu elemanların belli bir gerilimden sonra ilettime geçme durumu göz önüne alınarak diyot, içinde ters bağlı bir DC üretici varmış gibi düşünülür. Şekil 3.9'a bakınız.

Bu durumu kısaca açıklayalım: Şekil 3.10'da görüldüğü gibi 12 Volt'luk bir üretece silisyum diyot (1N4001) ile bir flamanlı lambayı seri olarak bağlayalım ve lamba üzerinde düşen gerilimi ölçelim. Bu durumda lamba üzerinde yaklaşık 11,4 V görülecektir. Buradan da anlaşılacağı gibi 0,6 Volt'luk gerilim, diyotun üzerinde düşmektedir.

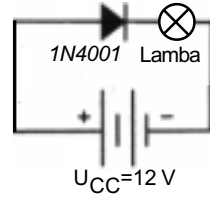
Devrede seri bağlı devrenin matematiksel denklemini:

$$U_{cc} = U_{diyot} + U_{lamba} = 0,6 + 11,4 = 12 \text{ Volt} \text{ şeklinde yazabiliriz.}$$





Şekil 3.9: Diyotların ilettime geçme geriliminin ana üretece (U_{CC}) ters bağlı pil gibi gösterilişi



Şekil 3.10: Diyot ile lambanın seri bağlanması

Özetlersek:

I- Diyotlar doğru polarize edildiğinde ilettime geçme ancak belli bir gerilim değerinden sonra gerçekleşmektedir.

II- Eşik gerilimi değeri diyotun üretildiği maddeye göre değişmektedir. Örneğin silisyumdan yapılmış diyotların ilettime geçmesi için gereken eşik gerilimi 0,6 ila 0,7 Volt'tur.

III- Eşik gerilimi diyotun çalışma sıcaklığına bağlı olarak bir miktar değişmektedir. Örneğin germanyumdan yapılmış dedektör diyotu 25 °C'da 0,2 Volt'ta, 60 °C'da 0,1 Volt'ta ilettime geçmektedir. Silisyum doğrultmaç diyotları ise -50 °C'da 0,8 Volt'ta, 25 °C'da 0,65 Volt'ta, 100 °C'da 0,5 Volt'ta ilettime geçmektedir.

IV- Diyotlar ters polarize edildiğinde sızıntı akımının miktarı, sıcaklığa, uygulanan gerilime, yarı iletkenin cinsine göre değişmektedir. Örneğin, Germanyum dedektör diyotundan 5 Volt altında, 25 °C sıcaklıkta 0,8 mA, 60 °C'da 1,8 mA sızıntı akımı geçtiği görülür. 1N4001 diyotundan ise 50 Volt'luk ters polarmada, 50 °C'da 5 mA, 100 °C'da 50 mA sızıntı akımı geçtiği görülür.

Diyotlarda çalışma sıcaklığı

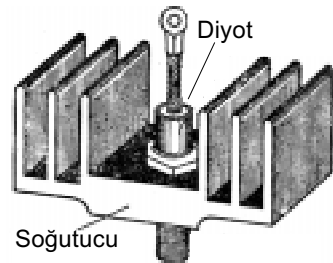
Her elektronik devre elemanında olduğu gibi diyotlarda da ortam sıcaklığı çok önemlidir. Yani, diyotun sıcaklığı arttıkça karakteristik özelliklerde de değişimler olmaktadır. Bu nedenle, germanyumdan yapılmış diyotların sıcaklığı 90°C'ı, silisyum diyotların sıcaklığı ise 175°C'ı geçmemelidir.

Diyotların soğutulması

Diyotların gövde sıcaklığının yükselmesine, elemanın içinde doğan ısı neden olur. Diyotta oluşan ısı da, elemandan geçen akım ve eleman üzerinde düşen gerilimle doğru orantılı olarak artar.

Bir diyot önerilen akım değerinde güvenli olarak çalışır. Yani, gövde sıcaklığının değeri tehlikeli düzeye çıkmaz. Diyottan yüksek akım geçirilirse, sıcaklık yükselir.

Diyotlar şayet, alüminyum plaka, vantilatör (fan) vb. ile soğutulursa, yüksek akımlardaki dayanıklılıkları artar. Şekil 3.11'e bakınız.



Şekil 3.11: Diyotların soğutulmasında kullanılan alüminyum soğutucular

Yüksek güçlü diyotlar

Yüksek akımlı DC elde etmek amacıyla kullanılan bu tip diyotların soğutucuyla birlikte kullanılması gerekir. Uygulamada 4000 Amper'e kadar akım taşıyabilen ve 4000 Volt'a kadar çalışma gerilimli olan diyotlar mevcuttur.

Yüksek güçlü diyotlar, kaynak makinaları, akü şarj cihazları, elektroliz sistemleri vb. yerlerde kullanılmak üzere üretilmektedir.

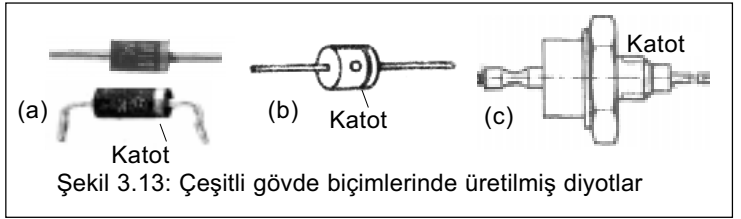


Şekil 3.12: Çeşitli yüksek güçlü diyotlar

Diyotların gövde şekilleri

Diyotlarda kılıf maddesi olarak cam, plastik ya da metal kullanılır.

Eğer diyotun gövdesinde gri çizgi şeklinde bir band (şekil 3.13-a), nokta biçiminde bir çıkıntı (şekil 3.13-b) bulunuyorsa bunlar katodu belirtir. Metal gövdeli diyotlarda ise (şekil 3.13-c) metal kılıf katod ile bağlı (irtibatlı) durumdadır.



Şekil 3.13: Çeşitli gövde biçimlerinde üretilmiş diyotlar

Basit doğrultmaç devrelerinde en çok 1N400... kodlu diyotlar karşımıza çıkar. Bunlar 1 Amper'lidir. Maksimum çalışma voltajları (*ters polarizasyon delinme gerilimi*) ise şu şekildedir: 1N4001: 50 V, 1N4002: 100 V, 1N4003: 200 V, 1N4004: 400V, 1N4005: 600 V, 1N4006: 800 V, 1N4007: 1000 V.

1N 400.. serisi diyotların akımı yukarıda da belirtildiği gibi 1 A'dir. Ancak bu akım en yüksek (*maksimum*) değeri gösterir. Uygulamada diyotun uzun süre görev yapabilmesi için en fazla 0,5-0,7 Amper'lik akım geçecek şekilde devre tasarlanır. Daha yüksek akımlı devre kurulmak istenirse kataloglara bakılarak uygun diyot seçilir. (*Örneğin 1 Amper'den fazla akımlı doğrultmaç devresi yapılırken 3 A taşıyabilen 1N5400 seçilebilir.*)

Bazı elektronik devre şemalarında diyot ismi olarak “**DUS, DUG**” rumuzları karşımıza çıkar. Bu durumda şu diyotlar kullanılabilir.

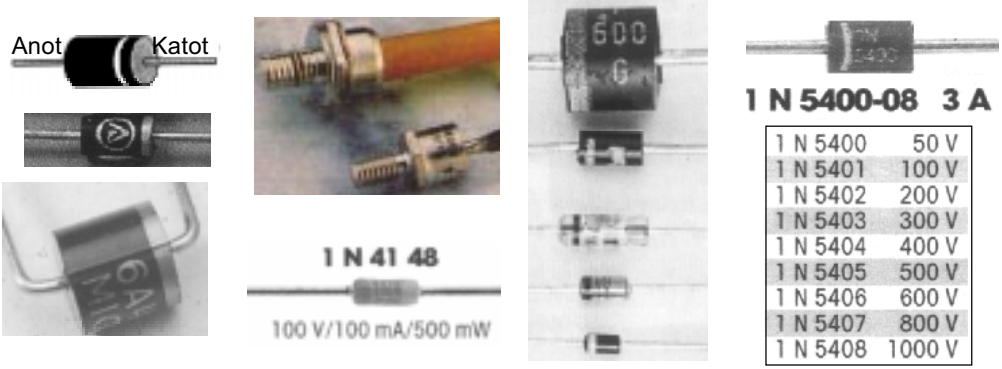
DUS: BA127, BA217, BA218, BA222, BA317, BA318, BAX13, BAY61, 1N904, 1N4148..

DUG: OA85, OA91, OA95, AA116...

Doğrultmaç diyotların ayaklarının bulunması

Diyotun bir kenarında gri band varsa burası çıkış (*katod*) ucudur. Eğer gri band silinmişse ohmmetreyle uçlar belirlenebilir. Sağamlık testi yapılırken küçük ohm (300 W -3000 W) okunan durumda analog tip (*ibreli*) ohmmetre'nin siyah probunun değdiği uç, diyotun anod (*artı*) ucudur. Diğer uç ise katottur.

Not: Analog (*ibreli*) avometreler ohm kademesindeyken siyah (-, com) prob artı (+) durumuna geçer.



Şekil 3.14: Uygulamada kullanılan çeşitli doğrultmaç diyotları

Doğrultmaç diyotların sağlamlık testi

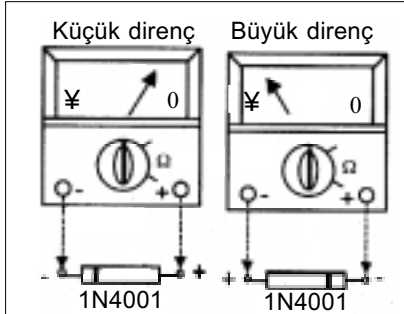
a- Ohmmetre ile sağlamlık testi

Ohmmetre komütatörü **X1K** ya da **X10K** kademesine alınır. Diyot bir yönde küçük direnç (300 W -3000 W), diğer yönde büyük direnç (50 KW-200 KW) gösteriyorsa sağlamdır. Şekil 3.15'e bakınız

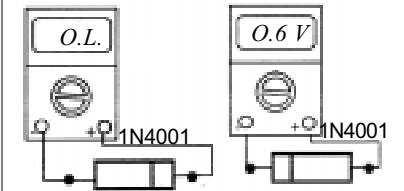
b- Polarma gerilimine bakılarak sağlamlık testi

Bazı dijital multimetrelerin (*avometre*) ölçme komütatörü diyot sembolünün bulunduğu yere getirilir. Yapılan ölçümlerde diyot üzerinde düşen gerilim bir yönde yaklaşık olarak 200-950 mVolt (0,2-0,95 Volt) olarak okunur, diğer yönde hiç bir değer okunamazsa eleman sağlam demektir. Yapılan iki yönlü ölçümün birisinde bu değerler okunamazsa diyot bozulmuştur. Şekil 3.16'ya bakınız.

Bir diyot (*doğrultmaç diyotu, zener diyot vb.*) devreye bağlıyken ohmmetre kullanılarak sağlamlık testi yapılacak olursa yanlış sonuçlar okunabilir. Ancak ölçme komütatöründe **diyot sembolü** bulunan bir ölçü aletiyle eleman devreden sökülmeden sağlamlık testi yapılabilir.



Şekil 3.15: Diyotların sağlamlık testinin analog ohmmetreyle yapılışı



Şekil 3.16: Diyotların sağlamlık testinin polarma gerilimine bakarak yapılışı

Not: Büyük güçlü diyotların ölçümünde, içinde 1,5 Volt'luk tek bir pil bulunan avometreler kullanılırsa bir değer okunamayabilir. Bu nedenle yüksek güçlü diyotların sağlamlık testinde, içinde 9 Volt'luk pil bulunan kaliteli avometreler kullanılmalıdır.

Diyotların bozulmasının nedenleri

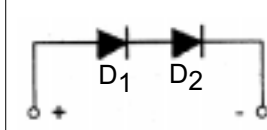
- I- Aşırı akım geçmesi.
- II- Ortam sıcaklığının yükselmesi.
- III- Lehimleme işleminin hatalı yapılması.

- IV- Uygulanan gerilimin aşırı artması.
- V- Mekanik (fiziksel) zorlamalar.
- VI- Diyodun kalitesiz olması

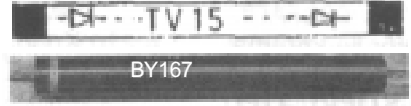
Diyotların seri ve paralel bağlanması

a- Seri bağlama

Ters dayanma gerilimi daha yüksek diyot elde etmek için seri bağlama yapılır. Şekil 3.17'de diyotların seri bağlanması gösterilmiştir.



Şekil 3.17: Diyotların seri bağlanması



Şekil 3.18: Yüksek gerilim diyotları

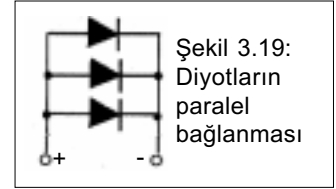
Örnek ile açıklarsak:

100 Volt'luk bir devre için ters dayanma gerilimi 50 Volt olan 2 adet 1N4001 diyot seri bağlanarak 100 Volt'a dayanabilen diyot yapılabilir.

Çok sayıda diyotun seri bağlanmasıyla elde edilmiş olan diyotlara ise yüksek gerilimli (EHT) diyotlar adı verilmektedir. Şekil 3.18'de yüksek gerilim diyot örnekleri görülmektedir.

b- Paralel bağlanması

Yüksek akımlı diyot elde etmek için paralel bağlama yapılır. Ancak bu yöntem sağlıklı değildir. Üretim kusurlarından dolayı diyotlar "aynı" özellikte yapılamaz. Bu nedenle, paralel bağlantıda diyotun birisi daha önce bozulur. Bu, diğer diyotlardan geçen akımı çoğaltır ve onların da yanmasına neden olur.



Şekil 3.19: Diyotların paralel bağlanması

Paralel bağlantıda ortaya çıkan sakıncaları biraz olsun gidermek için diyotlara 0,1-10 W arası güçlü (*Watt*'lı) dirençler seri olarak bağlanırsa elemanların bozulma olasılığı azaltılmış olur. Ancak bu da ek masrafa ve güç harcanmasına (enerji tüketimine) neden olduğundan tercih edilmez. O nedenle pratik uygulamalarda katalogdan bakılarak uygun akımlı diyot seçimi yapılır. Şekil 3.19'da diyotların paralel bağlanması gösterilmiştir.

Doğrultmaç diyotlarının korunma yöntemleri

Doğrultmaç diyotları aşırı akım ve gerilimlerden koruyacak önlemler alınarak kullanım ömürleri uzatılabilir. Küçük ve orta güçteki doğrultmaçları aşırı akımlardan korumak için sigorta kullanılır. Sigortanın akım değeri doğrultmaçın anma (nominal) akımına eşit olacak şekilde seçilir. Sigortalar genellikle doğrultmaç devresinde kullanılan trafonun primerine konur. Eğer doğrultmaçın çıkış devresine sigorta bağlamak gerekiyorsa, bu sigortanın hızlı (*çabuk, gecikmesiz*) atan tipte olması lazımdır. Bu durumda trafonun primerine de ayrıca bir sigorta bağlanır. Bu sigorta ise yavaş atan tipte olabilir.

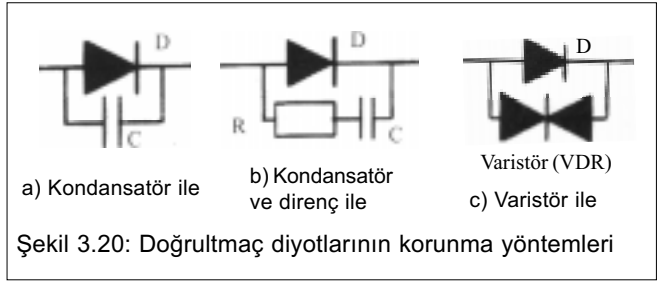
Büyük güçlü doğrultmaçlar termik, manyetik aşırı akım röleleri ve manyetik açaklarla korunurlar. Yüksek akımlı diyotların iyi korunması için ise elektronik yapılı sıcaklık kontrol röleli devreler kullanılmaktadır. Isı kontrol devresi sayesinde doğrultmaçın gövde sıcaklığı istenmeyen değere yükseldiğinde, koruma sistemindeki röle, elemanı devreden çıkartmaktadır.

Doğrultmaç devresini besleyen şebeke gerilimindeki değişme fazla olmaz. Yani şebeke gerilimi (220 V), doğrultmaçı bozacak yüksek değerlere çıkamaz. Ancak, buna rağmen yine de aşırı gerilime karşı koruyucu önlemler alınır. Çünkü doğrultmaç devresinin giriş ve çıkış devrelerinde bulunan anahtarların açılıp kapanması anında ya da devrenin enerjisinin kesildiği anlarda, trafonun sargılarında diyotları bozacak büyüklükte yüksek gerilimler oluşur. Yani, doğrultmaçta kullanılan trafonun primer sargısında bulunan anahtar

açıldığında, demir nüvedeki manyetik alan kısa zamanda sıfır (0) olur. Maksimum değerden sıfır değerine doğru hızlıca düşen akımın yarattığı manyetik alan, sekonder sargıda yüksek bir gerilim oluşturur. İşte sekonder sargılarında oluşan endüksiyon gerilimi, özellikle, trafo yüksüz çalışırken çok daha büyük olur. Endüklenen yüksek gerilim kısa süreli olmasına karşın doğrultmaçta kullanılan diyotların “delinmesine” neden olabilir.

Trafoda doğan yüksek endüksiyon gerilimlerini söndürmek için primer sargıya ya da diyotlara paralel olarak:

I- Kondansatör. **II-** Kondansatör ve direnç. **III-** VDR (*gerilime duyarlı direnç*) gibi elemanlar bağlanır. *Şekil 3.20'ye bakınız.*



Şekil 3.20: Doğrultmaç diyotlarının korunma yöntemleri

Uygulamada yaygın olarak kullanılan bazı diyotların elektriksel özellikleri

***AA112:** Yapıldığı madde: Germanyum (Ge). Ters gerilimi: 15 V. İleri yön akımı: 30 mA. Tepe akımı: 200 mA.
***AA116:** Yapıldığı madde: Ge. Ters gerilimi: 20 V. İleri yön akımı: 24 mA. Tepe akımı: 200 mA.
***AA117:** Yapıldığı madde: Ge. Ters gerilimi: 90 V. İleri yön akımı: 50 mA. Tepe akımı: 500 mA.
***BA127:** Yapıldığı madde: Silisyum (Si). Ters gerilimi: 60 V. İleri yön akımı: 100 mA. Tepe akımı: 200 mA.

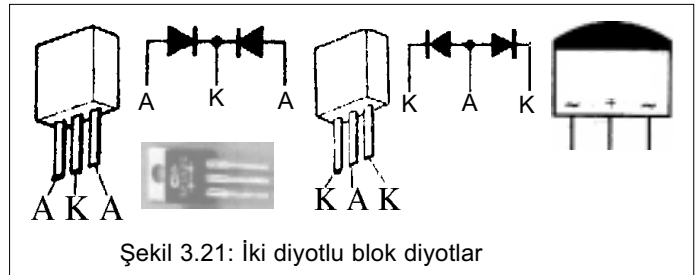
Maksimum güç harcaması: 250 mWatt.
***BA147:** Yapıldığı madde: Si. Ters gerilimi: 25 V. İleri yön akımı: 150 mA. Tepe akımı: 500 mA.
***BY126:** Ters gerilimi: 650 V. İleri yön akımı: 1 A. Tepe akımı: 40 A.
***BY127:** Ters gerilimi: 1250 V. İleri yön akımı: 1 A. Tepe akımı: 40 A.
***BY259/150:** 4 A/150 V
***IN914:** Yapıldığı madde: Si. Ters gerilimi: 100 V. İleri yön akımı: 75 mA. Maksimum güç harcaması: 500 mWatt.
***IN4150:** 0,2 A/50 V.
***IN4448:** 0,15 A/75 V.
***IN3381:** 6 A/200 V.

***IN3382:** 6 A/300 V.
***IN3384:** 12 A/50 V.
***IN3385:** 12 A/100 V.
***IN3388:** 12 A/400 V.
***IN5400:** 3 A/50 V.
***IN5401:** 3 A/100 V.
***IN5402:** 3 A/200 V.
***IN5403:** 3 A/300 V.
***IN5404:** 3 A/400 V.
***IN5405:** 3 A/500 V.
***IN5406:** 3 A/600 V.
***IN5407:** 3 A/800 V.
***IN5408:** 3 A/1000 V.
***MR500:** 3 A/50 V.
***MR1120:** 12 A/50 V.
***IN3208:** 15 A/50 V.
***IN2488:** 20 A/50 V.
***IN3659:** 30 A/50 V.
***IN1183:** 35 A/50 V.
***MR5005:** 50 A/50 V.

Köprü tipi (brige, block) diyotlar

a- İki diyotlu blok diyotlar

Orta uçlu trafolu tam dalga doğrultmaç devrelerinin yapımında kullanılır. Üç ayaklıdır. Kenardaki iki ayağa AC



uygulanırken, orta ayakta ise DC (DA) çıkış alınır. İki diyotlu blok diyotlar günümüzde çok az kullanılmaktadır.

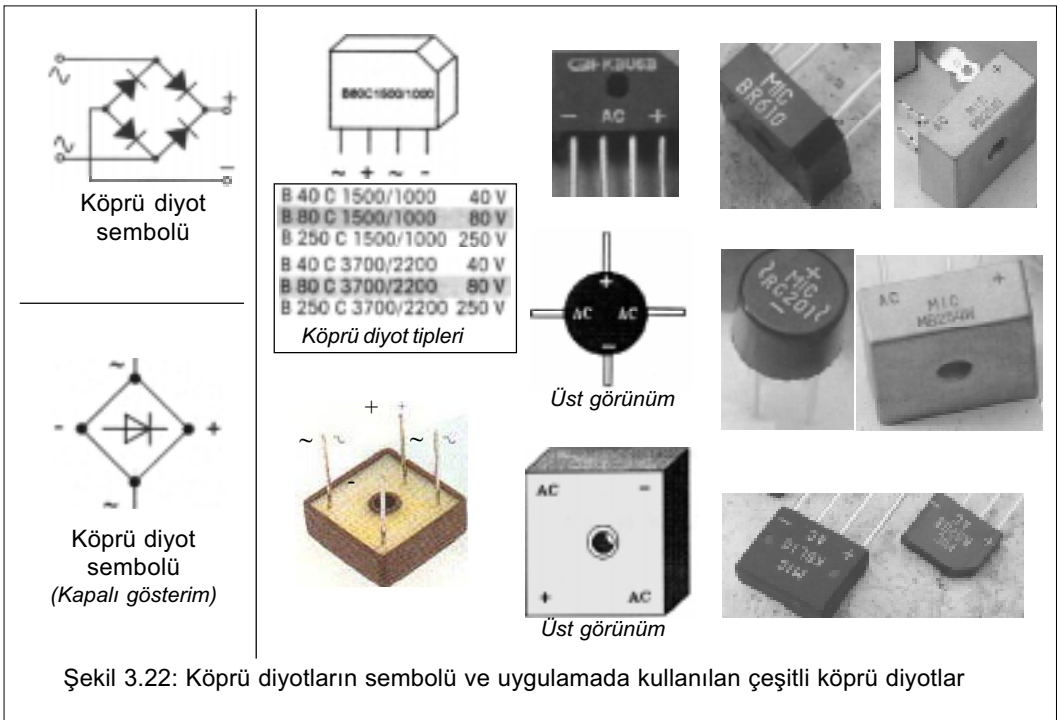
Şekil 3.21'de iki diyotlu köprü diyot örnekleri verilmiştir.

İki diyotlu blok diyotların sağlamlık testi: Kenardaki uçlarla orta uç arasında yapılan ölçümlerde bir yönde 300 W -3000 W , diğer yönde 50 KW -200 KW 'luk değerler okunmalıdır.

b- Dört diyotlu blok (köprü) diyotlar

Dört adet doğrultmaç diyotunun bir gövde içinde birleştirilmesiyle elde edilmiş olup dört ayağa sahiptirler. Bunlar devreye montajda kolaylık sağlar. Gövde üzerinde sinüsoidal (~) işareti bulunan ayaklar AC giriş uçlarıdır. (+) ve (-) işareti bulunan ayaklar ise DC çıkış uçlarıdır. Şekil 3.22'de çeşitli köprü diyotlar görülmektedir.

Köprü diyotların sağlamlık testi: Ohmmetreyle yapılan ölçümlerde, AC giriş uçları iki ölçümde de yüksek direnç (50 KW -200 KW), DC çıkış uçları bir yöndeki ölçümde küçük direnç (300 W -3000 W), diğer ölçümde ise yüksek direnç (50 KW -200 KW) göstermelidir.



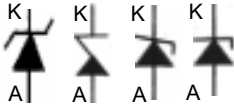
Şekil 3.22: Köprü diyotların sembolü ve uygulamada kullanılan çeşitli köprü diyotlar

Köprü diyot örnekleri

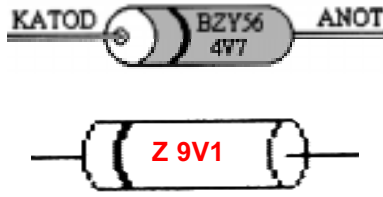
B40C1500: 40 V/1,5 A.
 B40C2200: 40 V/2,2 A.
 B40C3200: 40 V/3,2 A.
 B40C10000: 40 V/10 A.
 B80C5000: 80 V/5 A.
 B380C1500: 380 V/1,5 A.

B600C500: 600 V/0,5 A.
 B80C1500/1000: 40 V/1,5 A.
 B250C1500/1000: 250 V/1,5 A.
Not: Dikkat edilirse bazı köprü diyotların akım değerinin iki şekilde yazıldığı görülür. Örneğin, B80C1500/1000 gibi. Bunun anlamı şudur: Diyot

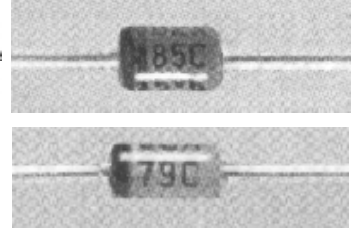
devreye bağlandıktan sonra metal bir soğutucuya bağlanacaksa üzerinden maksimum 1,5 A geçirilebilir. Eğer soğutucu kullanılmıyacaksa elemanın taşıyabileceği maksimum akım 1 A olacaktır.



Şekil 3.23: Zener diyet sembolleri



Şekil 3.24: Çeşitli zener diyetler



Zener (zenner, gerilim sabitleyici, regüle) diyetler

P ve N tipi iki yarı iletkenin birleşiminden oluşmuş, uçlarına uygulanan gerilimi sabit tutmaya yarayan diyetlerdir. Zener diyetlerde kullanılan P ve N tipi yarı iletkenlerin "katki madde" oranları doğrultmaç diyetlerinden biraz daha fazladır.

Zener diyetler devreye ters bağlanırlar (*ters polarma altında çalışırlar*). Bu nedenle ters polarmada gerilim kırılması değişimi doğrultmaç diyetlerinden farklıdır. Yani, belli bir gerilime kadar akım geçirmezler. Kırılma (*zener*) noktası adı verilen voltaj düzeyine gelindiğinde ise aniden iletkenleşirler. Bu diyetlerin kırılma gerilimi, üretim aşamasında katkı maddesi miktarı ayarlanarak belirlenir.

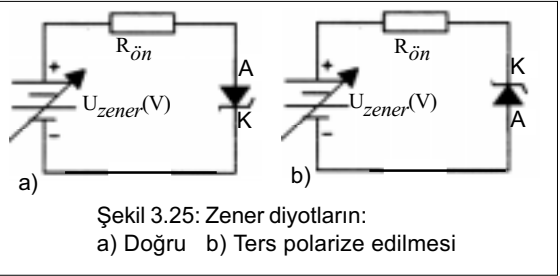
Zener diyeti şekil 3.25-a'da görüldüğü gibi devreye doğru polarizeli olarak bağlayıp gerilimi yavaş yavaş arttırsak, elemandan geçen akımın da arttığı görülür.

Zener diyeti şekil 3.25-b'de görüldüğü gibi devreye ters polarizeli olarak bağlayıp gerilimi yavaş yavaş arttırsak, elemandan geçen akımın belli bir gerilim değerine kadar çok az olduğu, gerilim zenerin üst sınır değerini aştığında ise geçen akımın aniden çok yüksek bir değere çıktığı görülür. Ters polarmada karşılaşılan bu durum uygulamada kullanılan bir çok devrede bize fayda sağlar. (*Gerilimin sabitlenmesi, sinyal kırma, eleman koruma vb. gibi*).

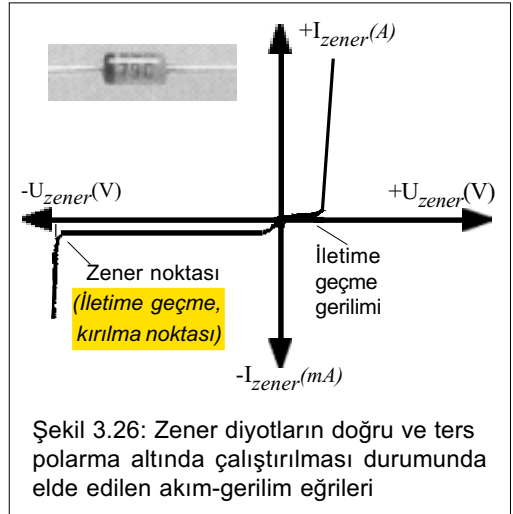
Şekil 3.26'da zener diyetlerin doğru ve ters polarizeli olarak çalıştırılması durumunda elde edilen karakteristik eğrisi verilmiştir.

Zener diyetlerin çalışma voltajları:

1- 1,8-2,4-2,7-3,3-3,6-3,9-4,3-4,7-5,1-5,6-6,2-6,8-7,5-8,2-9,1-10-11-12-13-15-16-18-20-22- 24-27-30-33-36-39-43-47-51-55-62-68-75-82 -91-100-200 Volt...



Şekil 3.25: Zener diyetlerin:
a) Doğru b) Ters polarize edilmesi



Şekil 3.26: Zener diyetlerin doğru ve ters polarma altında çalıştırılması durumunda elde edilen akım-gerilim eğrileri

Burada verilen voltaj değerlerinin ne anlama geldiğini bir örnekle açıklayalım: 12 Volt'luk zener diyot, üzerine uygulanan ters yönlü gerilim 12 Volt olana kadar akım geçirmez. Gerilim 12 Volt'u aştığında ise zener diyot aniden iletkenleşerek akım geçirmeye başlar. Bu esnada zener diyota paralel olarak bir voltmetre bağlanıp ölçüm yapılacak olursa, eleman üzerinde 12 Volt'luk bir gerilim düşümünün olduğu görülür.

Zener diyotlar düşük akımlı olduklarından mutlaka ön dirençle korunmaları gerekir.

Zener diyotun gücü biliniyor ve elemana bağlanacak ön direncin değeri belirlenmek isteniyorsa,

$U_{zener} \cdot I_{zener maks} < P_{zener}$ kuralı gözönüne alınır. (Yani zener diyota uygulanan gerilimle, elemandan geçen akımın değerlerinin çarpımı zener diyotun gücünden büyük olmamalıdır.)

Zener diyota bağlanması gereken ön direncin değeri ise:

$R_{ön} = (U_{giriş} - U_{zener}) / I_{zener maks} [A]$ denklemi ile bulunur.

Örnek

a) Gücü 200 mW (0,2 W) çalışma gerilimi 12 V olan zener diyotun dayanabileceği maksimum akım nedir?

b) Kullanılan zener diyotun bozulmaması için 15 V giriş gerilimi olan bir devrede zener diyota bağlanması gereken ön direncin değerini hesaplayınız.

Çözüm

a) $I_{zener maks} = P_{zener} / U_{zener} = 0,2 / 12 = 0,0166 A = 16,6 mA$.

b) $R_{ön} = (U_{giriş} - U_{zener}) / I_{zener maks} = (15 - 12) / 0,0166 = 180 \Omega$.

Basit DC güç kaynağı devrelerinde zener diyotun ters yönde geçirebileceği akım yaklaşık 0,005-0,01 A (5-10 mA) olarak kabul edilir. Hassas uygulamalarda en doğru akım değeri için diyot kataloglarına bakılmalıdır.

Zener diyotların ters bağlantı durumunda belli bir gerilimden sonra iletken olmasının nedeni: Eğer, P-N maddeleri ters yönde polarize edilirse (*reverse bias*) ters yönde küçük bir sızıntı akımı oluşur. Normal olarak bu akım küçük oluşundan dolayı yok sayılabilir. Ancak, ters yönlü olarak uygulanan gerilim belli bir değeri aşarsa diyot ters yönde ilettime geçer. Diyotun ters yönde akım geçirmeye başlaması yarı iletken fizikinden (yapısından) kaynaklanan bir durumdur.

Yani, zener diyota uygulanan ters polariteli gerilimin büyümesiyle, serbest elektronlara verilen enerji artmakta ve bu elektronların çarpma etkisiyle de pek çok elektron valans bandından iletkenlik bandına atlayarak geçen akımın artmasına neden olmaktadır.

Uygulamada kullanılan diyotlarda iki çeşit ters kırılma (zener) durumu vardır

I- Çığ olayı: Normal diyotlarda yüksek gerilimin etkisiyle çığ olayı (*avalanche effect*) ortaya çıkar ve diyot bozulur. Yani normal diyotlara uygulanan ters gerilim izin verilen değerin üzerine çıkarılırsa eleman tamamen bozularak kullanılamaz hale gelir.

II- Zener etkisi: Zener diyotlarda ise çığ etkisi küçük değerli ters gerilimlerde oluşur. Bu olayda zener diyot hemen bozulmaz. Çünkü zener diyotların kırılma gerilimini düşürmek için yüksek oranda katkı maddesi eklenmektedir. Ters polarite altında kırılma gerilimine yakın değerlerde, valans bandındaki elektronlar hareket ederek ters yön akımının geçmesini

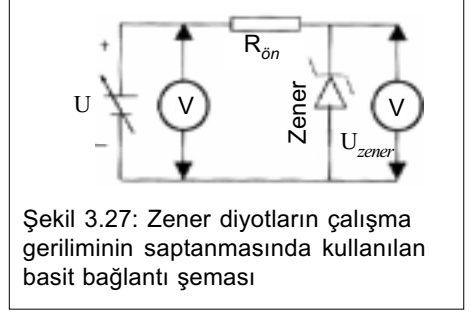
kolaylaştırır. Ters yönlü akımın zener diyotun taşıyabileceğinden fazla olmaması için koruyucu olarak ön dirençler kullanılır.

Zener diyotların çalışma geriliminin belirlenmesi

Zener diyotun üzerinde yazılı olan çalışma voltajı okunamıyorsa, Şekil 3.27'de verilen basit devreyle elemanın kaç volt'luk olduğu saptanabilir. Şekilde görülen devrede, girişe 0 Volt'tan başlayarak arttırılan DC uygulanır. Çıkıştaki voltmetrenin gösterdiği gerilim değeri sabitleştiği anda zener diyotun çalışma voltajı belirlenmiş olur.

Zener diyot gerilimi belirlenirken diyota seri bağlanacak direnç 220 W - 10 KW dolayında, kullanılacak güç kaynağı ise 0 - 30 V arası çıkış veren tipte olabilir.

Eğer 30 Volt'tan büyük gerilime sahip bir diyotun kaç volt'luk olduğu bulunmak isteniyorsa (örneğin tv'lerde kullanılan yüksek gerilimli zener diyotlar), bu durumda şebeke gerilimi 1N4004 ya da 1N4007 diyotla DC'ye çevrildikten sonra seri dirençle (50 KW - 220 KW'luk) korunan zener diyota uygulanarak elemanın çalışma gerilimi belirlenebilir.



Şekil 3.27: Zener diyotların çalışma geriliminin saptanmasında kullanılan basit bağlantı şeması

Zener diyotların sağlamlık testi: Bir yönde küçük (300 W - 3000 W), diğer yönde büyük ohm (50 KW - 200 KW) okunmalıdır.

Zener diyotların kodlanması: Zener diyotların üzerinde teknik özellikleri açıklayıcı çeşitli harf ve rakam kodlamalar bulunur.

Örneğin BZY85C9V1 kodlu diyotun özellikleri şöyledir:

B: Silisyumdan yapılmıştır.
Z: Zener diyottur.
Y: Doğrultmaç devrelerinde kullanılır.
C: Elemanın hata oranı $\pm \% 5$ 'dir.

Tolerans değerini gösteren diğer harfler
A: $\pm \% 1$. **B:** $\pm \% 2$. **D:** $\pm \% 10$.
85: Firmanın üretim numarasını belirtir.
9V1: Zener diyotun gerilim değeridir.

Zener diyotların kullanım alanları

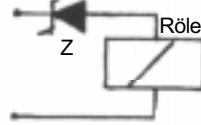
a- Zener diyotlu regüle devresi: Zener diyotlarla "basit paralel", "seri", "şönt" ve "hata yükselteçli" regüle devreleri yapılabilir. Bu devrelerin görevi, giriş gerilimi değişmesine rağmen çıkış gerilimini sabit tutmaktır. (Bu konu güç kaynaklarıyla ilgili bölümde açıklanmıştır.)

b- Röleyi belirli bir gerilimden sonra çalıştıran zener diyotlu devre: Şekil 3.28'de verilen bağlantı kullanılarak rölenin çalışmaya başlayacağı gerilim değeri ayarlanabilir. Devrede mini rölenin çalışma gerilimi 9 V ve seri bağlı zener diyot ise 6,2 Volt'luk olsun. Buna göre besleme uçlarına uygulanan gerilim yaklaşık 15,2 Volt olmadan röle çalışmaz.

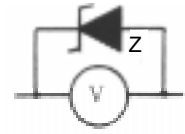
c- Ölçü aletlerini aşırı (yüksek) gerilimden koruyan zener diyotlu devre: Bu tip uygulamalarda korunacak elemana paralel olarak bağlanan zener diyot, devreye aşırı gerilim uygulanması durumunda ilettime geçerek koruma yapar.

Örneğin, iç yapısı döner çerçeveli olan bir voltmetrede, aletin ibresinin hareketini sağlayan bobin ve yaylı ibre düzeneğinin besleme uçlarına şekil

3.29'da görüldüğü gibi paralel olarak bağlanan zener diyot, voltmetrenin bobin düzeneğine yüksek gerilim gelmesi durumunda ilettime geçerek koruma yapar.



Şekil 3.28: Seri bağlı zener diyot ile rölenin çalışma geriliminin yükseltilmesi



Şekil 3.29: Ölçü aletlerinin zener diyot ile yüksek gerilimden korunması

Uygulamada kullanılan zener diyot örnekleri

ABD normuna göre kodlanmış bazı zener diyotların gerilim değerleri

1N4728A: 3,3 V.

1N4739A: 9,1 V.

1N4742A: 12 V.

1N4764A: 100 V.

Avrupa normuna göre kodlanmış bazı zener diyotların özellikleri

BZY63: 9,1 V. Toleransı: $\pm\% 5$. Gücü: 0,28 W.

BZY69: 12 V. Toleransı: $\pm\% 5$. Gücü: 0,28 W.

BZX14: 9,1 V. Toleransı: $\pm\% 5$. Gücü: 0,4 W.

BZX17: 12 V. Toleransı: $\pm\% 5$. Gücü: 0,4 W.

Ledler (light emitting diode, ışık yayan diyot, ssl, solid state lamps)

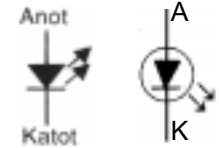
Işık yayan flamansız lambalara led denir. Bu elemanlar çeşitli boyutlarda (1-1,9-2-2,1-3-5-10 mm vb.) üretilirler. 2-20 mA gibi çok az bir akımla çalıştıklarından ve sarsıntılara dayanıklı olduklarından her türlü elektronik devrede karşımıza çıkarlar.

Işık, bir yarı iletken, P tipi madde içine enjekte edilen bir elektronun oyukla birleşmesi ya da N tipi madde içine enjekte edilen bir oyuğun elektronla birleşmesi sonucunda oluşur. Bu olaydaki temel esas, elektronların enerji kaybının, ışıma olarak ortaya çıkmasıdır.

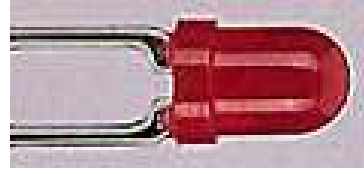
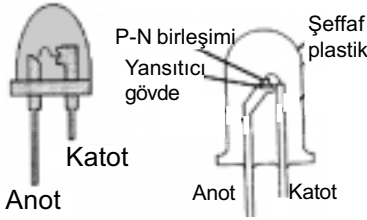
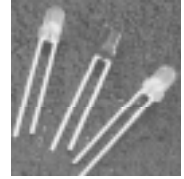
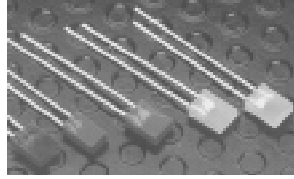
Led diyotların yapısında kullanılan galyum arsenik (GaAs), galyum arsenik fosfat (GaAsP), galyum fosfat (GaP), çinko, nitrojen vb. gibi maddelere göre ortaya çıkan ışığın rengi de farklı olmaktadır. Yani, yarı iletken içine yerleştirilen elementler ledin yaydığı ışığın rengini belirlemektedir. Yeşil renk veren ledlerin içinde nitrojen bulunmaktadır. Nitrojen miktarı arttırıldıkça ışık sarı olmaktadır. Kırmızı renk elde etmek için ise çinko ve oksijen kullanılmaktadır.

Ledlerin yaydığı ışınların renkleri: Sarı, yeşil, turuncu, kırmızı, pembe vb. şeklindedir. Bunlardan kırmızı led en yüksek verimli olan tiptir. Ayrıca ledler, normal koşullarda yaklaşık 100.000 saat boyunca ışık verebilirler.

Kırmızı led en az 1,5 - 1,6 Volt ile çalışırken, turuncu 1,7 Volt, sarı 1,8 Volt, yeşil 2,2 - 2,4 Volt'ta ışık yaymaya başlar. Yaklaşık 2,5 ila 4 Volt'tan yüksek gerilimler ledlerde bozucu



Şekil 3.30: Led diyot sembolleri



Şekil 3.31: Çeşitli led diyotlar

etki yapar. Yüksek DC gerilimlere bağlanacak ledlere şekil 3.32'de görüldüğü gibi seri olarak ön direnç bağlanır. Lede bağlanması gereken ön direncin değeri,

$$R_{\text{ön}} = (\text{Besleme gerilimi} - \text{Led gerilimi}) / \text{Led akımı [W]}$$

Başka bir deyişle,

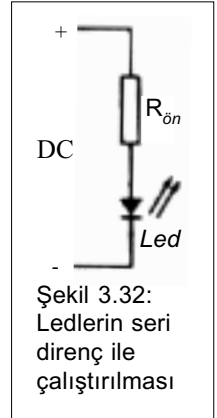
$$R_{\text{ön}} = (U_{\text{devre}} - U_{\text{led}}) / I_{\text{led}} \text{ [W]} \text{ denkleminde bulunur.}$$

Not: Pratik hesaplamalarda $I_{\text{led}} = 10 - 20 \text{ mA}$ (0,01- 0,02 A) olarak kabul edilir.

Örnek: 12 Volt'luk devrede kırmızı lede seri bağlanacak koruma direncinin değerini bulunuz. ($U_{\text{led}} = 1,5 \text{ Volt.}$)

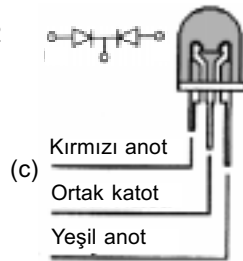
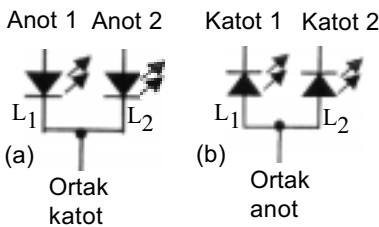
$$\text{Çözüm: } R_{\text{ö}} = (12 - 1,5) / 0,01 = 10,5 / 0,01 = 1050 \text{ W} = 1000 \text{ W} = 1 \text{ KW.}$$

Ledin çektiği akım mA düzeyinde olduğundan lede seri olarak bağlanacak direncin gücünün 1/4 W olması yeterlidir.



Şekil 3.32: Ledlerin seri direnç ile çalıştırılması

Led diyotların sağlamlık testi: Doğrultmaç diyotuyla aynıdır. Ohmmetreyle yapılan ölçümde bir yönde 300 W - 3000 W, diğer yönde 50 KW - 200 KW okunmalıdır.

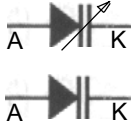


Şekil 3.33: Çok renkli led diyotların yapısı ve çok renkli led örnekleri

Çok renkli ledler

Uygulamada iki ya da üç ledin bir gövde içinde birleştirilmesiyle oluşturulmuş, iki hatta üç renk yayan ledler de kullanılmaktadır.

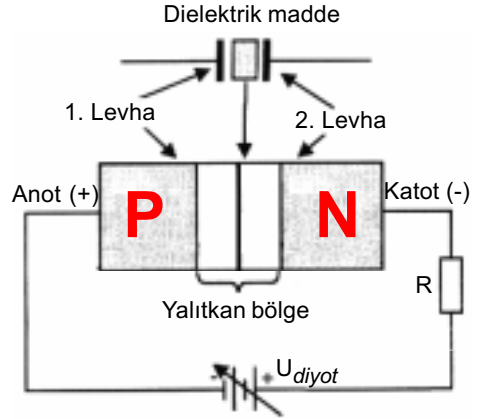
Şekil 3.33-a'daki ledden üç farklı renk elde edilebilir. Anot 1 ve anot 2'ye DC üretcin artı (+) ucunu, ortak katoda ise DC üretcin eksi (-) ucunu bağlarsak, gövde içinde bulunan iki ledin çalışması sonucu karma bir renk (üçüncü renk) oluşur. Anot 1 ile ortak katoda DC uygulandığında L_1 ışık yayar. Anot 2 ile ortak katoda DC uygulandığında ise L_2 ışık yayar.



Şekil 3.34: Kapasitif diyot sembolleri



Şekil 3.35: Kapasitif diyotların yapısı



Şekil 3.36: Kapasitif diyotların ters polarize edilmesi

Kapasitif diyotlar (varikap, varaktör)

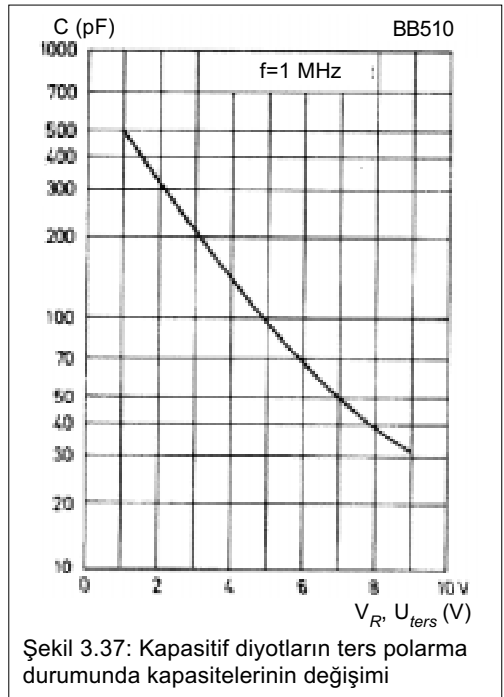
Uçlarına uygulanan ters polariteli gerilime bağlı olarak kapasite değeri değişen elemanlara kapasitif diyot denir.

Yarı iletkenlerde P-N birleşmesinde, geçiş bölgesi, ters polarizasyon ile genişletilebilmekte ve bu sayede de diyotun kapasite değeri değişmektedir.

Kapasitif diyotlar "ters bağlı olarak" devredeyken P-N birleşim yüzeyinde elektron ve oyukların uzaklaştığı geçiş bölgesi oluşur. (Şekil 3.35 ve 3.36'ya bakınız.)

Bu bölge, diyota uygulanan gerilimle doğru orantılı olarak değişir. Gerilim arttırılırsa nötr (boş) bölge genişler. P-N kristalleri iletken levha durumuna geçerken, nötr bölge de dielektrik (yalıtkan) özelliği gösterir. Böylece küçük kapasiteli bir kondansatör elde edilmiş olur. Oluşan kapasite, devre gerilimi ile ters orantılıdır. Yani diyota uygulanan gerilim arttıkça kapasite azalır. (Şekil 3.37'ye bakınız.)

Hareketli plakalı ayarlı kondansatörler elektronik devre emprimelerinde (bakırlı plaket) çok yer kapladığından, küçük boyutlu ve dijital tabanlı devrelerde varikap diyotlar kullanılmaktadır.

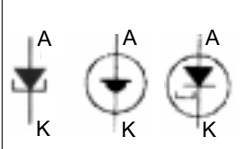


Şekil 3.37: Kapasitif diyotların ters polarizasyon durumunda kapasitelerinin değişimi

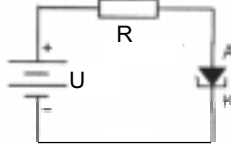
Kapasitif diyotlar, tv, radyo vb. cihazların yayın (*frekans*) seçici (*tuner*) devrelerinde kullanılırlar.

Bazı varikap diyot çeşitleri

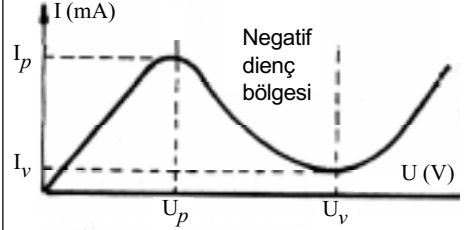
- BB105A, B:** UHF frekanslı devrelerde kapasite değiştirmek için kullanılır.
- BB121A, B:** VHF/UHF frekanslı devrelerde kapasite değiştirmek için kullanılır.
- BB143A, B:** FM/VHF frekanslı devrelerde kapasite değiştirmek için kullanılır.
- BB110:** FM/VHF frekanslı devrelerde kapasite değiştirmek için kullanılır.
- BB112:** GM frekanslı devrelerde kapasite değiştirmek için kullanılır.



Şekil 3.38: Tünel diyot sembolleri



Şekil 3.39: Tünel diyotların karakteristiğinin çıkarılmasında kullanılan devre



Şekil 3.40: Tünel diyotların elektriksel (U-I) karakteristik eğrisi

Tünel (tunnel, tunel, esaki) diyotlar

Doğru polarma altında çalışan, gerilime göre dirençleri değişen devre elemanlarıdır.

Tünel diyotlar "fazla" katkılı germanyum ya da galyum arsenikten yapılırlar. Katkılama maddesi olarak galyum, arsenik, berilyum, altın vb. kullanılır.

Bu elemanlar *küçük polarma gerilimlerinde* iletken duruma geçebilirler. Ayrıca diğer diyotlardan daha iyi iletkenlerdir.

Şekil 3.39'da verilen bağlantı şeması yapıldıktan sonra U gerilimi sıfırdan itibaren artırılacak olursa, diyottan geçen akım da artmaya başlar. (Şekil 3.40'a bakınız.) U_p değerine gelindiğinde akım maksimum (I_p) değerine ulaşır. U gerilimi arttırılmaya devam edildikçe U_p değerinden sonra diyottan geçen akımın azalmaya başladığı görülür. Akımın azalmaya başladığı aralığa diyotun "negatif direnç bölgesi" denir.

Gerilim U_v değerine ulaştığında akım en düşük düzeye (I_v) iner. U_v geriliminden sonra eleman "normal diyot" gibi davranır. Ancak, tünel diyotlar bu bölgede çalıştırılmazlar.

Tünel diyotlar çok küçük güçlü olup, çoğunlukla, çalışma frekansı 10.000 MHz'e kadar olan osilatörlerde, yükselteçlerde ve hızlı anahtarlama devrelerinde (multivibratörler, gecikmeli osilatörler) vb. kullanılırlar.

1N2939 adlı tünel diyotun bazı teknik özellikleri:

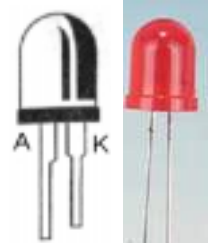
İleri yön akımı: 5 mA. Ters yön akımı: 10 mA. Ters yön gerilimi: 30 mV. İleri yönde tepe nokta akımı gerilimi: 450-600 mV.

Enfraruj (infrared) led diyotlar

P ve N tipi iki yarı iletkenin birleşiminden oluşmuştur. Yarı iletkenlere çeşitli maddeler eklenerek insan gözünün göremeyeceği



Şekil 3.41: Enfraruj diyot sembolü

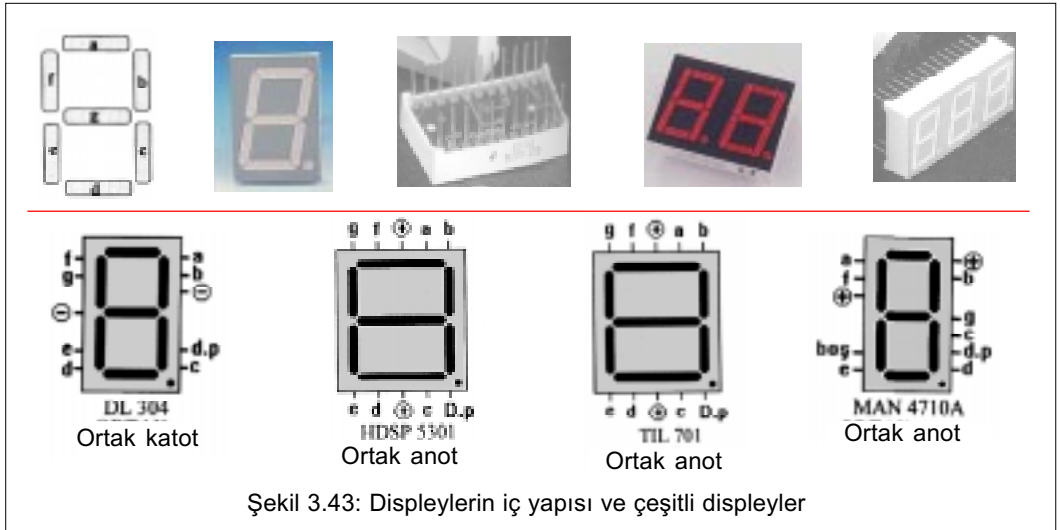


Şekil 3.42: Çeşitli enfraruj diyotlar

frekanslarda (kızıl ötesi) ışık yayan led elde edilmiştir. Dış görünüm olarak led diyotlara benzeyen enfraruj diyotlar en çok, uzaktan kumanda (tv, video, müzik seti, otomatik çalıştırılan endüstriyel makinalar vb.) sistemlerinde kullanılırlar.

Bazı enfraruj led diyotlar: LD271, LD274, CQW13, CQY99, TSHA-6203, VX301...

Enfraruj led diyotların sağlamlık testi: Ohmmetreyle yapılan ölçümde bir yönde küçük ohm (300 W - 3000 W) diğer yönde büyük ohm (50 KW - 200 KW) okunmalıdır.

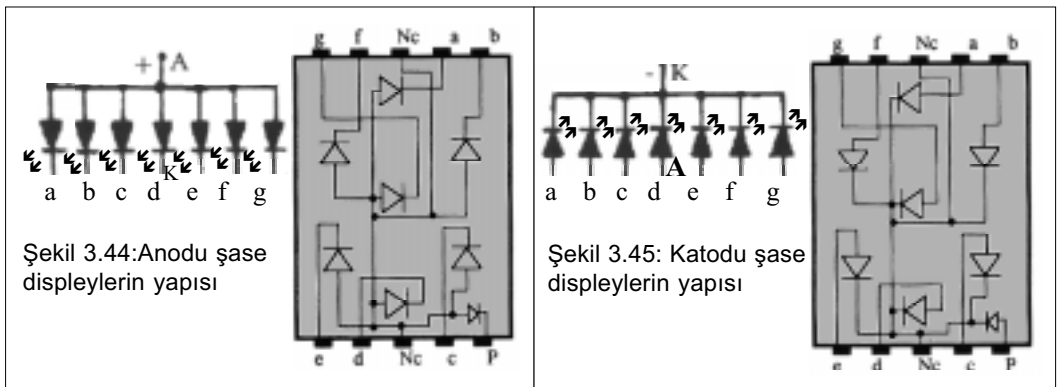


Ledli displayler (display, rakam-harf göstergeler)

Led kullanılarak yapılan rakam, harf gösterici devre elemanlarına display denir. Yaygın olan yedi parçalı led göstergeler "anodu şase (ortak)" ve "katodu şase" olmak üzere iki tipte üretilir.

a- Anodu şase (common anode, anodu ortak) displayler

Bu tip displaylerin içinde bulunan tüm ledlerin **anodları gövde içinde birbiriyle birleştirilmiştir**. (Şekil 3.44'e bakınız.) Eleman çalıştırılırken artı (+) besleme ortak anoda uygulanır. Diğer uçlara uygulanan eksi beslemelere göre displayde çeşitli rakamlar oluşur.



b- Katodu şase (common cathode, katodu ortak) displayler

Anodu şasenin tam tersi özelliktedir. Yani, gövde içindeki ledlerin tümünün katot uçları birbirine bağlıdır. (Şekil 3.45'e bakınız.)

Not: Anodu şase ve katodu şase displayleri çalıştırabilmek için 74LS42, 74LS47, 74LS48... gibi kod çözücü entegreler kullanılır. Kod çözücü entegreler "bir" ve "sıfır" şeklindeki iki tabanlı (binary) bilgileri on tabanlı (desimal) sayıya çevirirler.

5 V ile çalışan devrelerde kullanılan displaylerin içindeki ledleri yüksek akım ve gerilime karşı korumak için 220 ila 330 W'luk ön dirençler kullanılır.

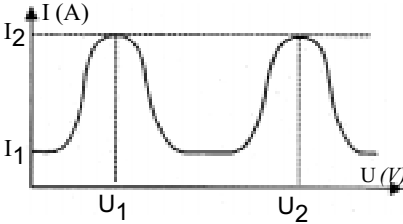
ELEKTRONİK DEVRELERDE KULLANILAN DİĞER DİYOTLAR

a- Gunn (gan) diyotlar

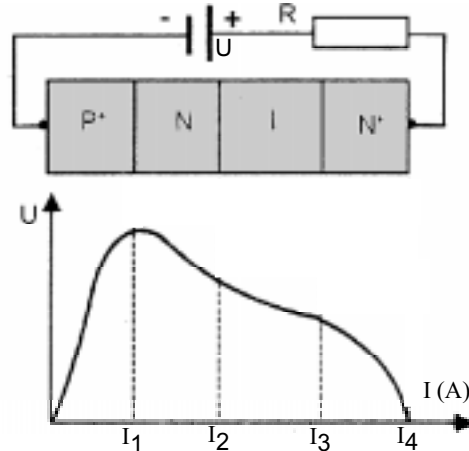
1963 Yılında J. B. Gunn adlı bilgin tarafından bulunan diyot çeşididir. Daha çok osilatör devrelerinde kullanılır. Gunn diyotlar polarma gerilimi uygulandığında belli voltaj değerinden sonra sürekli olarak iletim ve kesime giderek kare dalgaya benzeyen sinyallerin oluşmasını sağlarlar. Şekil 3.47'de Gunn diyotların elektriksel karakteristiği verilmiştir.



Şekil 3.46: Gunn diyot sembolü



Şekil 3.47: Gunn diyotların elektriksel karakteristik eğrisi



Şekil 3.48: İmpatt diyotların yapısı ve elektriksel karakteristik eğrisi

b- Impact (impatt, avalanş, çığ) diyotlar

Gunn diyotlara göre P ve N maddesindeki yabancı madde oranları fazladır. Ayrıca çalışma gerilimleri ve güçleri Gunn diyotlardan daha büyüktür.

Çığ diyotlar silikon ve galyum arsenik kullanılarak üretilirler. Düşük gürültü ve hızlı tepki zamanı gerektiren yüksek frekanslı devrelerde kullanılırlar. Şekil 3.48'de impatt diyotların yapısı ve elektriksel karakteristiği verilmiştir.

c- Schottky (şotki, baritt, hot carrier) diyotlar

Çok hızlı olarak iletim-kesim olabilen diyotlardır. Ayrıca bu elemanların iletime geçme gerilimleri çok düşüktür. Normal diyotlar, alçak frekanslarda, uçlarına uygulanan gerilimin yönü değiştiğinde, bu değişime uygun olarak hemen iletken ya da yalıtkan durumuna geçebilirler. Ancak yüksek frekanslarda (10 MHz ve daha üstü), diyot uçlarına gelen gerilimin yönü değiştiği halde diyot bir durumdan ötekine (iletim-yalıtım

durumları) hemen geçemez.

İşte bu nedenle yüksek frekanslı devreler için hızlı davranabilen şotki diyotlar yapılmıştır.

Şotki diyotlarda, birleşim yüzeyi platin ile kaplanmıştır. Bu durum birleşme

yüzeyindeki yalıtkan tabakayı inceltmekte ve bu sayede diyotun iletim ya da yalıtıma geçme hızı artmaktadır. Bu elemanların, birleşim yüzeyleri çok küçük olduğundan doğru polarmada 0,25 Volt'luk gerilimlerde bile iletime geçebilmektedirler.

Şotki diyotların bazı kullanım alanları: Mikro dalga alıcıları, modülatörler, demodülatörler, dedektör devreleri vb.

d- Nokta teması (kedi bıyığı, dedektör) diyotlar

Germanyum ve silisyumdan üretilirler. Diyotun iç görünümü şekil 3.52'de görüldüğü gibi kedi bıyığına benzediğinden elemana bu ad verilmiştir.

Nokta temaslı diyotlarda P tipi parça, N tipi parçaya göre noktasal küçüklüktedir. P elemanı ile kontağı (teması), 0,1 mm çapında tungsten-molibden alaşımli kıvrık tel sağlar. Kedi bıyığına benzeyen ince telin kaynak olduğu uç, katot ucudur.

Nokta kontaklı diyotların iki ucu arasında oluşan kapasite **1-2 pF** gibi küçük bir değere düşürülebildiğinden bu elemanlar, yüksek frekanslı dedektör (seçme, ayırma) devrelerinde vb. kullanılır.

Nokta temaslı germanyum diyotlar: Radyo frekans devreleri, ölçü aletleri vb. kullanılır.

Nokta temaslı silisyum diyotlar: Tv ile videoların dedeksiyon devrelerinde vb. kullanılır.

Nokta temaslı diyot örneği.

AA134 Nokta değmeli diyot: Doğru yöndeki direnci 75 W, ters yöndeki direnci 3,5 MW kadardır.

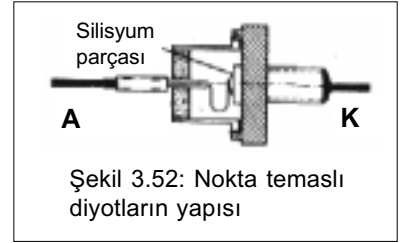
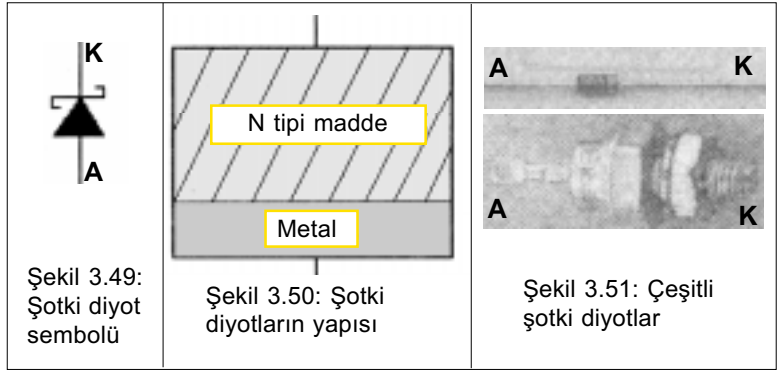
e- Yarı iletken lazer (laser) diyotlar

Lazer, çıkarılan ışığın yükseltme yoluyla canlandırılıp yayılması anlamına gelir. Bu yolla ışık ışınları ince ve yoğun bir ışık hüzmesi (demeti) haline getirilebilir.

Yarı iletken lazer, basit olarak N tipi yarı iletken (GaAs) ve difüzyon yoluyla içersine çinko konmuş P tipi yarı iletken maddeden oluşur.

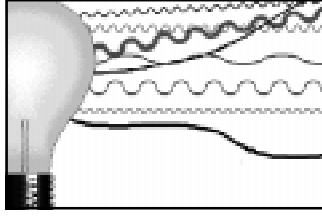
Şekil 3.55'de lazer diyotun yapısı basit olarak gösterilmiştir. Gerilim uygulandığında yalıtkan yüzey ışın veya koharent enfraruj ışın yayar. Lazerlerin bir tür ölümcül ışın olduğu düşünülebilir. Son yıllarda lazerler laboratuvarlardan çıkıp, endüstrinin kullandığı yararlı bir araca dönüşmektedir.

Lazer ışığı, normal bir kaynaktan çıkan ışıktan iki bakımdan ayrılır. Birincisi, lazer

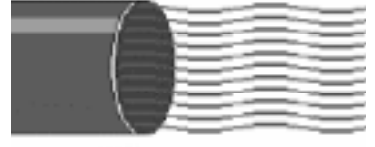


tamamıyla tek renklidir. (Şekil 3.54'e bakınız.) Yani sadece bir frekanstaki ışıktan oluşur. Diğerisi ise, lazer dağınık değildir. Yani, bütün ışık (hepsi elektromanyetik radyasyonun bir formu olduğu için) doğadaki dalga formuna benzer. Sıradan kaynaklardan elde edilen ışık, rastgele yayılır. (Şekil 3.53'e bakınız.) İşte bu nedenle ışık tek renkli olsa bile, bir miktar yok olma oluşacaktır. Lazerden çıkan ışık ise yok olmaz (zayıflamaz).

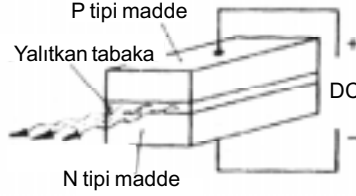
Yarı iletken lazerler, fiber optik kablolarla bilgi iletiminde, gece görme aygıtlarında, mesafe ölçmede, tıbbi aygıtlarda, barkod okuyucularda vb. kullanılırlar.



Şekil 3.53: Normal lambaların yaydığı ışınlar
Şekilde görüldüğü üzere yayılan ışınların frekansları değişiktir



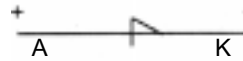
Şekil 3.54: Lazer ışınları.
Şekilde görüldüğü üzere yayılan ışınların frekansları aynıdır



Şekil 3.55: Lazer diyotların yapısının basit olarak gösterilişi



Şekil 3.56: Lazer diyot örneği



Şekil 3.57: Dört tabaka (4D) diyotların sembolü



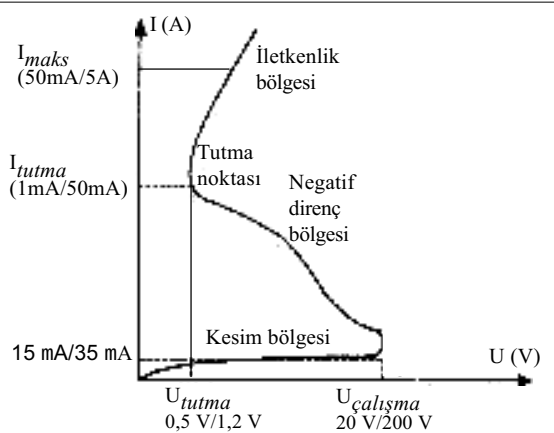
Şekil 3.58: Dört tabaka (4D) diyotların yarı iletken iç yapısı

f- Shockley (şokley, PNPN, dört tabaka, 4D) diyotlar

Şokley diyotlar Şekil 3.58'de görüldüğü gibi dört yarı iletkenin birleşmesinden oluşmuş elemanlardır. Bu diyotlar doğru polarıma altında çalışırken uçlarına uygulanan gerilim iletim seviyesine ulaşınca kadar, ters polarize edilmiş normal diyot gibi çalışır. Uygulanan gerilim yükselerek iletim gerilimi seviyesine ulaştığında ise diyot aniden iletime geçerken, eleman üzerinde düşen gerilim de azalmaya başlar. Gerilim belirli bir değere azaldıktan sonra, tekrar yükselmeye başlar. Bu noktadaki gerilime "tutma gerilimi" denir.

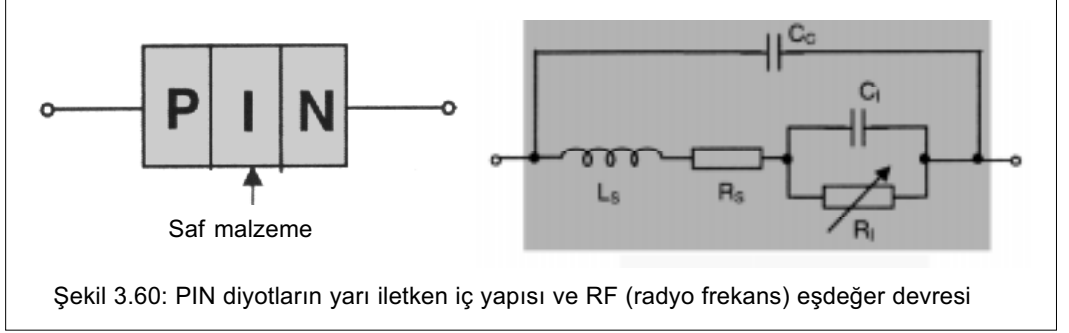
4D diyotu tutma geriliminden sonra, gerilimini ve akımını artırarak düz polarmalı normal diyot gibi çalışır.

Başka bir anlatımla 4D diyotlar



Şekil 3.59: Dört tabaka diyotların elektriksel karakteristik eğrisi

başlangıçta ters polarmalı normal diyotlar gibi, tutma geriliminden sonra düz polarmalı normal diyotlar gibi çalışır. Bu iki çalışma noktası arasında gerilim düşerken akımın arttığı bir karakteristik gösterirler. İşte bu özellikleri nedeniyle, darbe jeneratörleri, hafıza devreleri vb. de kullanılırlar Şekil 3.59'da 4D diyotların elektriksel karakteristik eğrisi verilmiştir.



g- PIN (pin, p-i-n, pozitif-has-negatif) diyotlar

Katkı madde (yabancı madde) oranları yüksek P ve N tipi yarı iletken maddelerinden oluşan diyotun P-N eklemi arasına ince bir yalıtkan tabaka olan "I" parçası yerleştirilmiştir.

Bu diyotlar doğru polarmada ayarlı bir direnç, ters polarmada ise sabit değerli bir kondansatör gibi çalışırlar. Şekil 3.60'da Pin diyotların yapısı ve radyo frekans eşdeğer devresi verilmiştir.

Pin diyotlar, alçak frekanslı (AF) ses sinyalleriyle, yüksek frekanslı (YF, HF) radyo sinyallerinin modülasyonunda (karıştırılmasında), doğru polarma gerilimi değiştirilerek elektronik zayıflatıcı olarak kullanılırlar.

h- Sabit akımlı diyotlar

Gerilimdeki değişmelere rağmen akımı sabit tutabilen diyotlardır. Örneğin 1N5305 kodlu diyota uygulanan gerilim 2 - 100 V arasında değişmesine rağmen geçen akım 2 mA olarak sabit kalır. Bu elemanlar akım regülasyonunu sağlamak için kullanılırlar.

ı- SMD tip (chip) diyotlar

Küçük boyutlu elektronik devrelerde (bilgisayar, yazıcı, faks, tv, telefon, video vb.) kullanılan diyotlardır.

SMD tip diyotların özellikleri diğer diyotlarla aynıdır. Sadece boyutları çok küçük olduğundan söküp takılmaları zordur. Söküp-takma işlemleri üretilmiş ince uçlu havya ve kaliteli lehim yoksa SMD tip elemanların montaj işleri yapılmamalıdır.

Bazı SMD diyot tipleri

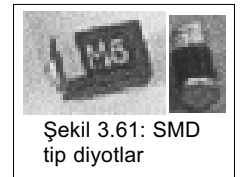
BAS16 (SMD kodu: JU/A6):75 V/250 mA

BAL74 (SMD kodu: JC): 50 V/250 mA

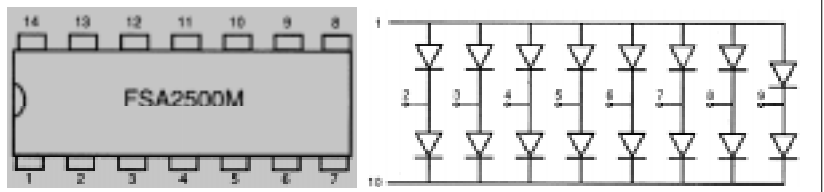
BYM1050: 50 V/1 A...

i- Entegre tipi diyotlar (diyot dizileri)

Karmaşık yapılu elektronik devrelerde diyotlar entegreye benzer şekilde bir gövde içinde toplanmış halde olabilmektedir. Şekil 3.62'de verilen entegre tipi diyot modelinde



görüldüğü gibi 16 adet diyot bir gövde içinde birleştirilerek kullanıma sunulmuştur.



Şekil 3.62: Entegre tipi diyotlar

Optoelektronik

Led, fiber optik kablo, foto diyot, foto transistörün birer optoelektronik araç olduğunu vurgularsak kelime ne kadar yabancı olsa da hangi konularla ilgili olduğunu kavrayabiliriz.

Optoelektronik aletler, ışık yayan, ışığı algılayan, ya da ışığın bir yerden başka bir yere iletilmesini sağlayan araçlardır. Bu aletler, iletişim, güç elektroniği, ölçüm ve denetim yapma gibi bir çok alanda kullanılmaktadır.

Genel bir tanımla ışık, radyo dalgaları, gama ışınları, kızılötesi ışınlam ve röntgen ışınlarına benzer nitelikleri olan elektromanyetik ışınlam (*radyasyon*) şeklinde bir enerjidir.

Girişim ve kırınım özellikleri göz önüne alındığında ışık, Maxwell'in teorisine uymaktadır. Yani ışık düzgün bir enerji dağılımına sahip elektrik ve manyetik alandan oluşan dalgadır.

Başka bir deyişle ışık, enerji taşıyan parçacıklardan yani fotonlardan oluşmaktadır.

"Dalga kuramı" da, "parçacık kuramı" da, ışığın özelliklerini tam olarak açıklayamamaktadır. Işığın dalga ve parçacıktan oluşan ikili bir yapısı vardır. Bazen parçacık özelliği bazen de dalga özelliği ağırlık kazanır. Ancak mutlak olan husus, ışığın enerji taşıdığıdır. Işığın elektronik alanında kullanılmasını sağlayan, bu özelliğidir.

Elektromanyetik ışınlam, dalgaların bir sıvıda yayılmasına benzer bir şekilde boşlukta yayılmaktadır. Bu nedenle bir elektromanyetik ışınlam, frekansı, dalgaboyu ve yayılma hızı ile tanımlanabilir.

Radyo dalgaları ile gözle görülebilir ışık arasındaki tek fark, "ışınlamın" frekansının farklılığıdır.

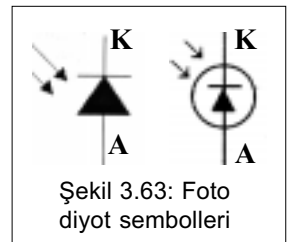
Optoelektronik 0,3 mm'den 30 mm'ye kadar dalga boylarındaki elektromanyetik ışınlamlarla ilgilenir. Yani bu aralık hemen morötesinin içinden başlar, gözle görülür aralığın geçerek kızılötesi bölgesinin epey içine kadar uzanır.

Gözle görülür ışık, renkli olarak algılanmakta olup, rengi, "dalga boyu"nın belirlediği anlaşılmaktadır. Kırmızı ışık en uzun dalga boyuna sahip olup, 0,78 mm, mor ışık ise 0,4 mm'dir. 0,8 mm'den 100 mm'ye kadar olan aralık "kızılötesi", 0,01 mm'den 0,4 mm'ye kadar olan bölüm de "morötesi" olarak adlandırılır.

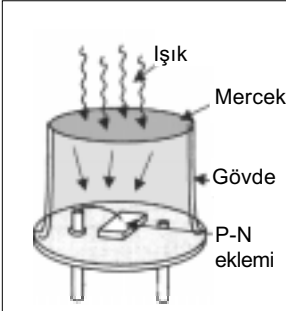
Optoelektronikle ilgili devre elemanları

Foto diyotlar (photo diode, ışığa duyarlı diyot)

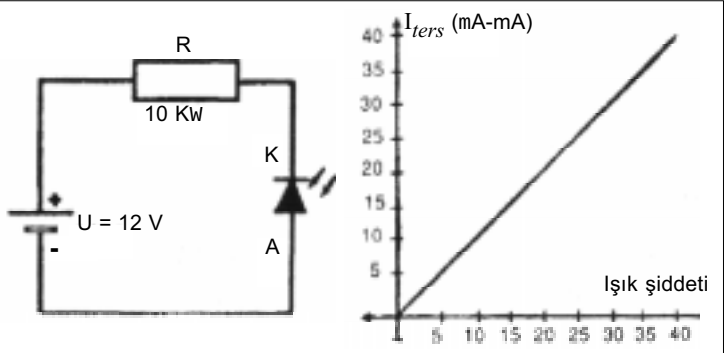
Üzerine ışık düştüğünde iletken olarak katot ucundan anot ucuna doğru akım geçiren elemanlardır. Foto diyotlar doğrultmaç diyotlarına benzerler. Tek fark şekil 3.64'de görüldüğü gibi foto diyotların birleşim yüzeyinin aydınlatılmış (*ışık alabiliyor*) olmasıdır.



Şekil 3.63: Foto diyot sembolleri



Şekil 3.64: Foto diyotların yapısı



Şekil 3.65: Işığa bağlı olarak foto diyotların üzerinden geçen akımın eğrisi

Bu elemanlar devreye ters bağlanırlar ve ışık ile ters yöndeki sızıntı akımlarının artması suretiyle kontrol yaparlar. Bu kontrol, ışıqla yarı iletkenin kristal yapısındaki bağların bazı noktalarda kopması sonucu elektron ve oyukların hareketiyle doğan akım ile çoğalmasıyla olur. Şekil 3.65'te ışığa bağlı olarak foto diyotlardan ters yönde geçen akımın değişim eğrisi verilmiştir.

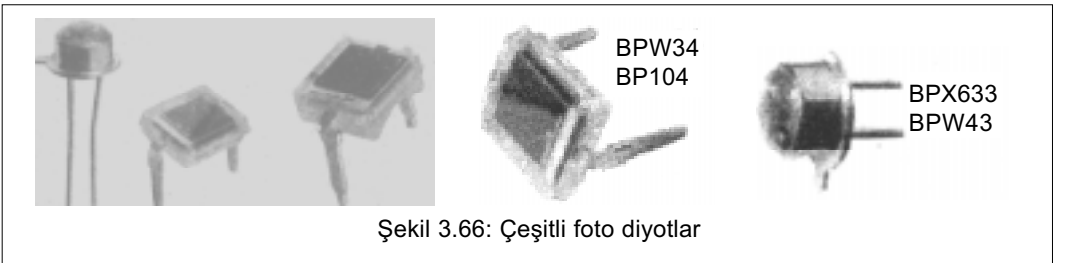
Foto diyotlarda mercekli kısma gelen ışığa göre katotdan anoda doğru akan düşük değerli akım değişir. Geçen akım, ışığın şiddetine bağlı olarak 100 mA ila 150 mA, gerilim ise 0,14 ila 0,15 Volt arasında değişmekte olup çok küçüktür.

Foto diyotların çalışma hızı son derece yüksektir (yaklaşık 1 nSn ila 0,2 mSn). Bu hızlı davranışları ve boyutlarının küçük olması sayesinde fiber optik kabloyla veri iletiminde kullanılmaktadırlar.

Foto diyotlar enfraruj ışınlar karşı da duyarlıdır. *Bunu sağlamak için, diyetin gövdesindeki alıcı kısmın merceği renkli cam ya da plastikten yapılarak normal ışınların etkide bulunması önlenir.*

Foto diyotlar, ışık ölçüm aygıtlarında, ışık dedektörlerinde, elektronik alarm düzeneklerinde, elektronik flaşlarda, optokuplörlerde vb. kullanılırlar.

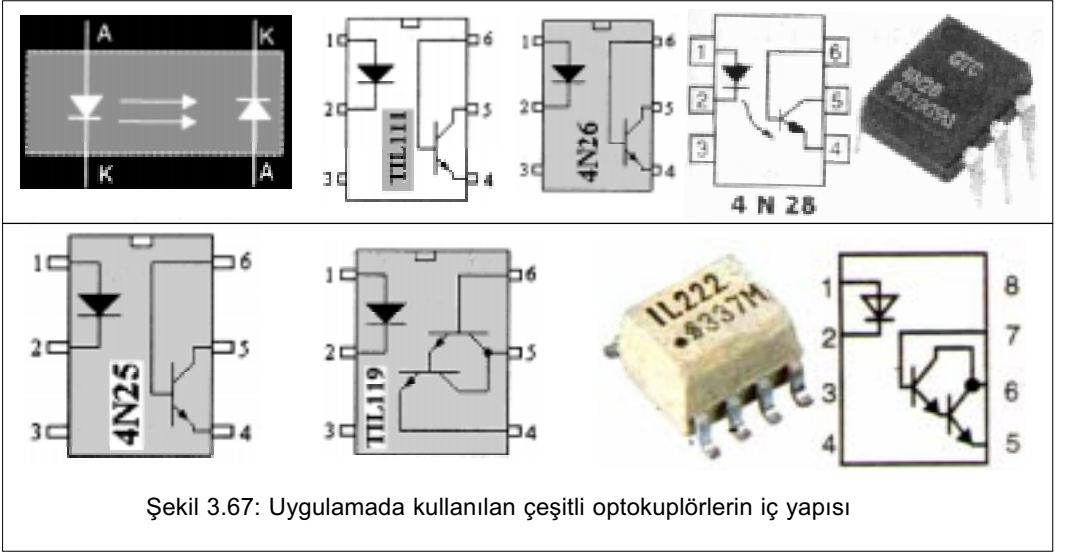
Yaygın olarak kullanılan foto diyot tipleri: BPW12, BPW20, BPW30, BPW33, BPW34, BPW63, BPW65.



Şekil 3.66: Çeşitli foto diyotlar

Optik kuplajlayıcılar (optokuplör, optocoupler, optoizolatör, opto switch)

Işık yayan eleman ile ışık algılayan bir elemanın aynı gövde içinde birleştirilmesiyle elde edilen elemanlara optokuplör denir. Bu elemanlarda ışık yayan eleman olarak "led", "enfraruj led" kullanılırken ışık algılayıcı olarak "foto diyot", "foto transistör", "foto tristör",



Şekil 3.67: Uygulamada kullanılan çeşitli optokuplörlerin iç yapısı

"foto triyak" vb. gibi elemanlar kullanılır.

Optokuplörler daha çok, ışık yoluyla, iki ayrı özellikli devre arasında elektriksel (*galvanik*) bağlantı olmadan irtibat kurulmasını sağlayan devrelerde kullanılırlar. Şöyleki, düşük gerilimle çalışan bir devreyle yüksek gerilimli bir güç devresine optokuplör aracılığıyla kumanda edilebilir.

Optokuplörler 2000 ila 5000 Volt'luk gerilimlere dayanıklı olduğundan en hassas kontrol sistemlerinde vb. güvenle kullanılır.

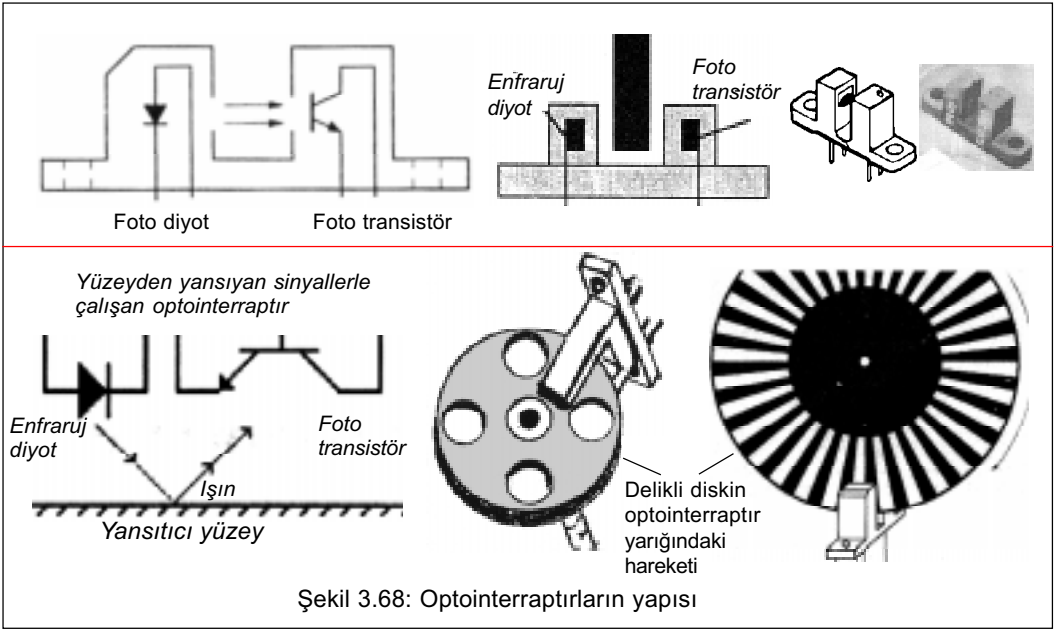
Burada verilen voltaj (gerilim) değerleri iki ayrı özellikli devrenin birbiri arasında akım geçişinin olabilmesi için uygulanması gereken değeri belirtir. Şöyleki, kumanda devresi 5 Volt ile çalışsın. Bu devrenin tetikleme akımı göndermesiyle enfraruj led ışın yayarak karşısında bulunan ışığa duyarlı elemanı tetikler. Tetiklenen eleman ise ilettime geçerek yüksek voltajlı devrenin çalışmasını sağlar.

Optokuplörler, tv'lerde, bilgisayarlarda, PLC cihazlarında, otomasyon sistemlerinde vb. kullanılır.

Optointerraptırlar (optointerrupter, açık tip optokuplör)

Optokuplörlere çok benzeyen devre elemanlarıdır. Tek fark, ışık yayan eleman ile ışığı algılayan eleman arasına bir cisim girmesi mümkün olacak şekilde (*açık gövdeli*) dizayn edilmiş olmalarıdır. Bu elemanlarda ışık yayan elemana akım uygulandığında oluşan ışık algılayıcıya ulaşır. Algılayıcının çıkışında maksimum değerde akım oluşur. Araya bir cisim girdiğinde ışık geçişi sona ereceğinden algılayıcı elemanın çıkış akımı sıfır olur. Şekil 3.68'de çeşitli optointerraptırlar verilmiştir.

Optointerraptırlar bilgisayar farelerinde (mouse), otomasyon sistemlerinde, robot kontrollerinde vb. kullanılırlar.



Ek bilgi - Bilgisayar faresinin yapısı: Bilgisayar faresi (mause) hareket ederken, gövde içindeki bilye, elimizle yaptığımız hareketlerin miktarlarını birbirine dik olarak yerleştirilmiş iki silindir yardımıyla ikiye ayırır. Led ve foto diyotlar (ya da foto transistörler) arasında kalan delikli disk, silindirin dönme hızı ile orantılı olarak döner. Bu sırada foto diyotlar led tarafından yayılan ışığın engellerden geçmesi anında bir sinyal (kare dalga) üretirler. Doğal olarak birim zamanda üretilen bu sinyallerin sayısı delikli diskin dönme hızı, yani komşu silindirin dönme hızıyla orantılı olacaktır. Sonuçta farenin altında dönen topun hareketleri entegreli devre aracılığıyla bilgisayarın işlem devrelerine aktarılabilmektedir.

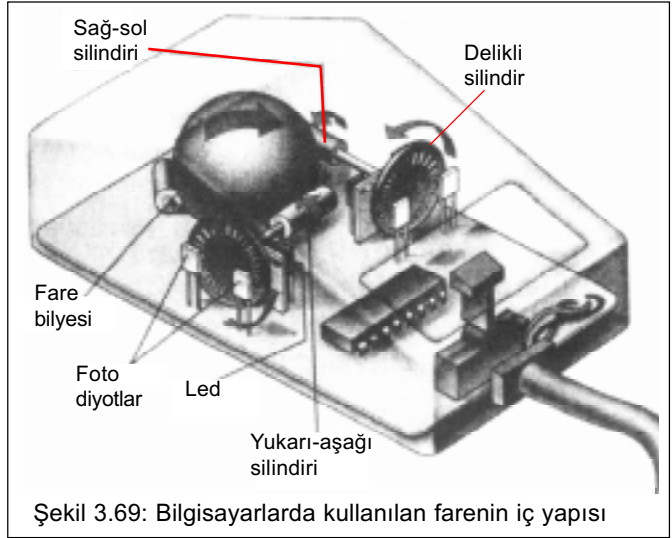
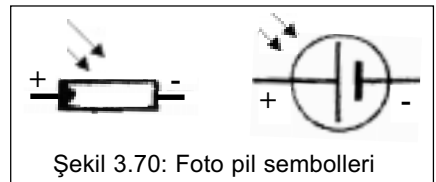
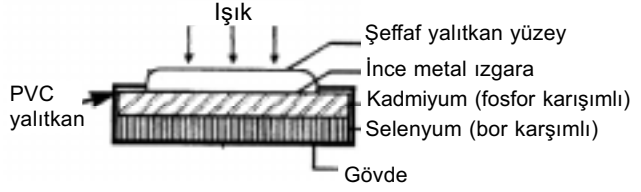
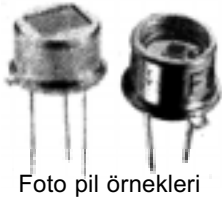


Foto piller (solar cell, fotosel, güneş pili, photo voltaic cell)

Güneş enerjisini (gün ışığını) elektrik enerjisine dönüştüren elemanlara ışık pili denir.





Şekil 3.71: Foto pillerin yapısı

Foto pillerin yapısı ve çalışması: Foton absorplanmasıyla (*emilmesiyle*) oluşan yük taşıyıcılar çoğunlukta oldukları bölgelere sürüklenirler. Birleşim yüzeyinden "I" akımı geçer ve N tipi madde eksi (-), P tipi madde ise artı (+) yüklenmiş olur. "I" akımı, birleşim yüzeyinin ileri yönde kutuplaşmasına ve birleşim potansiyel setinin alçalmasına neden olur. Dış devre açık ise (alıcı yoksa) P'den N'ye akım geçer ve birleşim yüzeyindeki set tekrar yükselir. P bölgesi eksi (-), N bölgesi artı (+) yüklenir. Sonra tekrar foton absorplanarak (*emilerek*) olay devam eder.

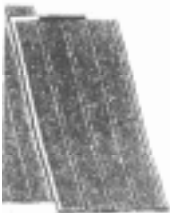
Dış devreden akım çekilirse P-N birleşim yüzeyindeki potansiyel, elektronları daha yüksek potansiyele çıkaran batarya (*pil*) rolü oynamaktadır.

Enerjisi yeterli bir ışık demeti P-N birleşim yüzeyine düşürülecek olursa, foton, elektronlarla karşılaşır enerji verebilir. Serbest haldeki elektronlar valans elektronlarının ancak $1/10^4$ kadar olduğundan, bu ihtimal zayıftır. Foton, muhtemel valans elektronu ile karşılaşır ve ona enerjisini bırakarak iletkenlik bandına çıkarır. Valans bandına giden elektron arkasında bir boşluk (*artı yük*) bırakır. Sonuç olarak P tipi bölge artı (+), N tipi bölge eksi (-) yüklenerek bir elektriksel potansiyel farkının oluşmasına yol açar. Bu da elektrik akımını doğurur.

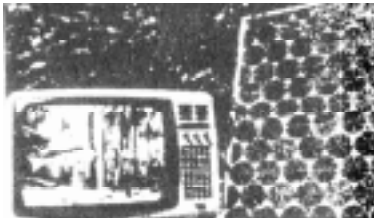
Foton akısı, ışık demetine birim yüzeyden, birim zamanda geçen foton sayısı olarak tanımlanır. Işık ışınları (fotonlar) foto pil üzerine düştüğünde küçük yarı iletken temelli hücrelerde yaklaşık 0,4-0,5 Volt/8-100 mAmper'lik elektrik akımının oluşmasını sağlarlar.

Güneş pilleriyle 3 Volt gerilim elde etmek isteniyorsa 6 tanesi birbirine seri olarak bağlanır. Sistemden alınan akım yükseltmek istendiğinde ise, elemanlar paralel bağlanır. Yüksek gerilim ve akım elde etmek için yapılmış güneş enerjisi panellerinde yüzlerce güneş pili seri-paralel bağlı durumdadır. Güneş pili üzerine düşen ışığın şiddeti bir noktadan sonra arttırılsa da (*örneğin 4000 lüks'den sonra*) alınan gerilim sabit kalmaktadır.

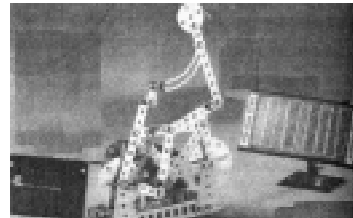
Bu elemanlar, güneş ışığıyla çalışan, saat, radyo, hesap makinası, otomobil, sokak lambası, uydu vericisi, uçak vb. gibi aygıtlarda kullanılır.



Güneş pili paneli



Güneş pili paneliyle çalışan televizyon



Güneş pili paneliyle çalışan mini motorlu bisiklet maketi

Şekil 3.72: Foto pil örnekleri

Diyot kataloglarının kullanılışı

Üretici firmalar uygulamalarda istenilen sonuçları elde edebilmek için ürettikleri elemanlar hakkında ayrıntılı bilgi katalogları yayımlarlar.

Elektronik devre tasarımcıları ve onarım işiyle uğraşanlar piyasaya sürülmüş olan kitap ya da CD-ROM halindeki tanıtım kataloglarını alarak başvuru kaynağı olarak kullanırlar.

Diyot kataloglarında bulunan kısaltmaların anlamları

$+I_{diyet} = I_F$: Diyotun doğru polarmada geçirebileceği akım (*forward current*).

$-I_{diyet} = I_R$: Diyotun ters yön akımı (*reverse current*).

R_F : Diyotun iletim direnci (*forward resistance*).

R_R : Diyotun ters yön direnci (*reverse resistance*).

$U_{iletim} = V_F$: Diyotun iletim gerilimi (*forward voltage*).

$U_{ters} = V_R$: Diyotun ters yön gerilimi (*reverse voltage*). Diyota uygulanabilecek maksimum gerilim değeri. (*1N4001 diyot için bu değer 50 Volt'tur*).

$t_j = t_{stg}$: Diyotun çalışma sıcaklığı.

C_j : Diyotun kapasitesi.

f : Diyotun çalışma frekansı.

P : Diyotun gücü.

Diyotların kodlanması

1. Harf: Yarı iletkeni belirtir.

A: Germanyumdan yapılmıştır.

B: Silisyumdan (silikondan) yapılmıştır.

C: Galyum-arsenikten yapılmıştır.

D: İndiyum-antimuandan, indiyum arsenikten yapılmıştır.

R: Polikristal (çoklu kristal) yarı iletkenlerden (*kadmiyum sülfat vb.*) yapılmıştır.

2. Harf: Diyotun cinsini (genel işlevini) belirtir.

A: Dedektör diyotu, yüksek hızlı diyot, mikser diyotu, doğrultmaç diyotu.

B: Kapasitif (varikap) diyot.

P: Photo (foto) diyot.

E: Tünel diyot.

N: Optokuplör.

P: Işık belirleme (hissetme) elemanı.

Q: Işık yayan diyot (led).

X: Çarpan (çoklayıcı, multiplier) diyot.

Y: Doğrultmaç ya da benzeri diyot.

Z: Gerilim referansı ya da regülatör diyot.

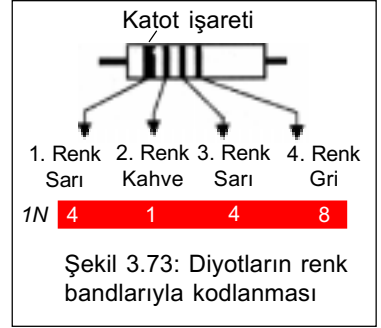
Diyot üzerinde bir ve ikinci harften sonra gelen numaralar, elemanın özel kullanım alanlarını belirtir.

1N, 1/4M, 25N, 4M, 1/2Z: Amerikan standartında kullanılan kodlama.

1S: Japon standartında kullanılan kodlama.

2T, 3T, 4T: ITT firmasının kodlaması.

5A, 5D, 8D, 10B-C-D, A, AA, AAY, AB, AC, AD, AE, AZ, BA, BAX, BAY, BB... çeşitli üretici firmalarca kullanılan diyot kodları.



Diyotlarda renk kodlaması

1N serisi diyotların bazı modellerinde elemanın adı renk bandlarıyla gösterilmektedir. Renklerin sayısal karşılıkları şöyledir:

Siyah: 0	Kahverengi: 1	Kırmızı: 2	Turuncu: 3	Sarı: 4
Yeşil: 5	Mavi: 6	Mor: 7	Gri: 8	Beyaz: 9

Örnek: Gövdesi üzerinde *sarı, kahverengi, sarı, gri* renkleri bulunan diyotun modelini belirleyiniz.

Çözüm: Sarı: 4. Kahverengi: 1. Sarı: 4. Gri: 8 = 1N4148

Sorular

- 1- Diyot nedir? Tanımlayınız.
- 2- Zener diyotların kullanım alanları hakkında bilgi veriniz
- 3- Foto diyotun yapısı ve çalışmasını anlatınız.
- 4- Varikap diyotun kullanım alanları hakkında bilgi veriniz.
- 5- Doğrultmaç diyotunun doğru ve ters polarma karakteristik eğrilerini çizerek açıklayınız.
- 6- DC 24 Volt'ta çalışacak led 15 mA çektiğine göre kaç ohm'luk direnç ile korunmalıdır? Hesaplayınız.
- 7- Displeyler hakkında bilgi veriniz.
- 8- Led, zener diyot, köprü ve doğrultmaç diyotların sağlamlık testinin yapılışını açıklayınız.
- 9- Germanyumdan yapılan diyotlarla silisyumdan yapılmış diyotlar arasında ne gibi farklar vardır? Yazınız.
- 10- Optokuplör nedir? Açıklayınız.
- 11- Köprü diyot nedir? Sağlamlık testi nasıl yapılır? Yazınız.

