

# Optoelektronik

İlk kez duyduğumuzda, optoelektronik kelimesi birçoğumuza pek birşey ifade edemeyebilir ya da kelimeyi parçalara ayırarak az çok hangi konuyla ilgili olduğunu tahmin edebiliriz. Her iki durum da gündelik hayatımızla ne gibi bir ilgisi olduğu konusunda şüpheye düşebiliriz. Fakat LED'ler, foto algılayıcılar ve fiber optik kabloların birer optoelektronik alet olduğunu söylersek, kelime ne kadar yabancı gelse de, hangi konularla ilgili olduğunu kavramamız kolaylaşır. Optoelektronik, elektronik ve optik bilgisinin birarada kullanıldığı alana verilen isimdir. Optoelektronik aletler, ışık yayan, ışığı algılayan ya da ışığın bir yerden başka bir yere iletilmesini sağlayan aletlerdir. Bu aletler, iletişim, güç elektroniği, ölçüm yapma ve denetim gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Bu kavramın bir bölümünü oluşturan optiğin ana konusu olan ışık, ister istemez bu aletlerin yapısında önemli rol oynamaktadır. Girişim ve kırınım özellikleri göz önüne alındığında, ışık Maxwell'in teorisine uymaktadır. Yani, ışık düzgün bir enerji dağılımına sahip elektrik ve manyetik alandan oluşan bir dalgadır. Buna göre ışık elektromanyetik spektrumunda yer almaktadır. Öte yandan ışığın diğer özellikleri incelendiğinde, enerji taşıyan parçacıklardan yani fotonlardan oluştuğu söylenebilir. Dalganın 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 ışığın enerji taşıdığıdır. Işığın elektronik alanında kullanılmasını sağlayan bu özelliğidir.

Dış dünyanın elektronik ortamda algılanabilmesi için enerji değişiminin, elektriksel enerjiye dönüştürülmesi gerekmektedir. Yıllardan beri bu amaca uygun birçok mekanik alet kullanılmaktadır. Optoelektronik aletlerde ise ışığın sahip olduğu enerji, elektrik enerjisine ya da elektrik

enerjisi ışığa çevrilmektedir. Algılayanın temelini oluşturan enerji dönüşümü bu alanda da belirleyici rol oynamaktadır. Optoelektronik aletler daha ucuz ve daha küçük olduklarından, elektronikte kullanılan mekanik aletlere karşı üstünlük sağlamaktadır. Ayrıca bu aletler daha hızlı çalışmaktadır ve daha uzun ömürlüdür.

Optoelektronik oldukça yeni bir teknoloji sayılsa da, çeşitli denetim mekanizmalarında optik aletler uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Özellikle, havaalanlarında kapıları açılıp kapanmasını sağlayan motorlar, vakumlu fotosellerin yardımıyla kontrol edilmekteydi. Bunun yanı sıra mekanik bir aksamla beraber kullanılan ışık algılayıcı yardımıyla bir fotoğraf üzerine kaydedilen sesler okunabilmekteydi. Günümüzde benzer bir yöntem, malların üzerindeki barkodlardan malın fiyatının okunmasında kullanılmaktadır. Optiğin elektronikte, fotosel kullanımıyla başlayan beraberliği yarı iletken teknolojisindeki gelişmelerle daha da hız kazanmıştır. P tipi yarı iletkenle, N tipi yarı iletkenin birleştirilmesi ve daha sonra transistörün geliştirilmesiyle elektronikte optiğe verilen önem daha da artmıştır. Uygun şartlar altında, P ve N tipi yarı iletkenlerin birleşiminde ışın oluşmaktadır. Bir diyodun ışınması olarak da adlandırabileceğimiz bu olay, bir LED'in yanmasından başka bir şey değildir. LED'in yapısına göre bu ışın elektromanyetik spektrumunda mor ötesiyle kızıl ötesi arasında yer almaktadır. LED'lerin dışı plastik veya metallerle kaplanarak odaklama sağlanmaktadır. P-N birleşimi doğru yönde bir akımla beslendiğinde ışın gerçekleşir. Ters yönde beslendiğindeyse, üzerine düşen ışığa göre bir elektron akımı oluşmaktadır. Bu özellikten yararlanılarak NPN tipinde transistörler geliştirilmiştir. Bazıları açık bırakılan bu transistörlerin üzerine ışık düştüğünde bazla kollektör arasında elektron akımı oluşur. Işınla gerçekleşen ve ışınmayı algılayan bu aletler kapalı ortamlarda bir araya getirilerek



ikililer oluşturulur. Kapalı ortama ışığın sızması engellendiğinden ikiliden birinin gerçekleştirdiği ışın diğer tarafından algılanmaktadır. Böylece bir devredeki değişim, diğer bir devre tarafından algılanarak denetim ya da iletişim gerçekleştirilebilir. Teknolojinin gelişimi bu ikilinin aynı yerde küçük bir hacim içerisinde olması şartını ortadan kaldırmıştır. Bu ikilinin bir elemanı diğerinde kilometrelerce uzakta bulunabilir. İkisinin haberleşmesini sağlayan ışın, optoelektronik en önemli parçalarından biri olan fiber optik kablolar sayesinde, uzak mesafelere taşınabilmektedir. Optoelektronik günümüzde ulaştığı en son noktaysa lazerlerdir. Gelişimini kısaca özetlediğimiz optoelektronik aletlerin çalışma prensiplerinin daha iyi anlaşılabilmesi için bazı aletlerin yapısını incelemek gerekir.

## Işık Algılayıcıları

Işığı algılayan optoelektronik aletler ne kadar farklı yapıda olurlarsa olsunlar çalışma prensipleri hemen hemen aynıdır. Bu algılayıcılar bir voltaj kaynağı olarak ya da değişken bir direnç yani potansiyometre olarak düşünülebilirler. Birçoğunun çalışması için belirli bir besleme voltajının uygulanması gerekir. Üzerlerine ışık düştüğünde, aletin üzerindeki gerilim ya da kendi direnci değişir. Bu değişim aletin üzerine düşen ışıkta dik foton akısına bağlıdır. Algılanan ışığa göre gerilim ya da direnç değiştiğinde, besleme devresiyle beraber oluşturulan devrenin çıkış sinyalinde değişimler olur. Sinyaldeki bu değişimler ışıkla ilgili olduğundan bir anlamda ışıkla ilgili bir ölçüm yapılmış olur. Bir başka deyişle farklı tipteki ışıklar algılanabilmektedir. Daha önce de değindiğimiz gibi ışık elektromanyetik spektrum içinde yer almaktadır. Işığın enerjisi frekansıyla orantılıdır. Bu nedenle optoelektronik aletlerin farklı frekansa yani farklı dalgaboyuna sahip ışığa karşı etkinlikleri değişmektedir. Daha da net-

leştirilecek olursak farklı frekanstaki ışık oluşturdıkları gerilim yada dirençlerindeki değişimi etkilemektedir. Bu nedenle farklı dalgaboyundaki ışıklara karşı aletlerin performansı değişmektedir.

## Fotodirenç

Fotodirençler genelde CdS (kadmium sülfür) ya da CdSe (kadmium selenit)'den imal edilmektedir. Bu aletler, seramik ya da silikon üzerine yarı iletken taneçiklerin yerleştirilmesiyle oluşturulan ince bir katmandan oluşur. Daha sonra bu yapı ışığı odaklanmasını sağlamak amacıyla cam ya da şeffaf plastikle kaplanmaktadır. Üzerlerine ışık düşmediğinde yarı iletken içinde serbest halde birkaç elektron bulunmaktadır. Ancak fotodirenç üzerine ışık düştüğünde elektron akımı artmaktadır. Buna bağlı olarak da direnç azalmaktadır. Normalde dirençleri 30 ile 50 M ohm civarındayken, üzerlerine ışık düşürüldüğünde direnç 5 K ohm'un altına düşebilmektedir. Karanlık ve aydınlık ortamdaki dirençlerin oranı 10.000/1 gibi büyük bir orandır. Dirençteki değişimin gerçekleşme süresi fotodirençin değişimlere cevap verme hızının göstergesidir. Bu aletler, üzerlerine bir an için ışık gönderildiğinde, ışığı algılayamayabilirler.

Fotodirençleri yapımında selenyum, germanyum ve silikon da kullanılmaktadır. Kullanılan madde algılayıcının hassasiyetini ve algılama süresini belirlemektedir. Oluşturulan yarı iletken tabakanın şekli de algılayıcının duyarlılığını etkilemektedir. Fotodirençler osilatörlerin ve amplifikatörlerin besleme voltajının ayarlanmasında kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra osilatörlerin frekans ayarlamasında da fotodirençler kullanılmaktadır. Osilatörlerin frekans uygulanan ışık şiddetine bağlı olarak değişmektedir. Diğer yaygın kullanım alanları arasında sokak aydınlatma ve süreç denetimi gelmektedir. Fotodirençlerin kullanıldığı bir diğer alanda tıptır. Kanın renk yoğunluğunun belirlenmesinde fotodirençlerden faydalanılmaktadır.

## Fotodiyod

Görülebilir düzeyde ya da kızılötesi ışık yayan araçlar elektrik enerjisini ışığa çevirmektedir. Işımanın gerçekleşmesini sağlayan diyod üzerinden doğru yönde bir akım geçirilmesidir. Ancak uygun şartları altında bu çalışma şekli tersine çevrilebilmekte yani diyodlar ışığa duyarlı bir hâl almaktadır. Temelde P ve N tipi yarı iletkenlerin yan yana getirilmesiyle oluşturulan diyod ters yönde beslendiğinde yani N tipi yarı iletkenle P ti-

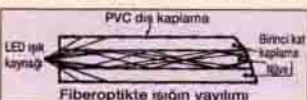


pi yarı iletken arasına pozitif bir gerilim uygulandığında elektronlar ve pozitif yüklü delikler birbirlerinden uzaklaşırlar. Böylece P ve N tipi yarı iletkenler arasında özel bir bölge oluşturulur. Uygun dalgaboyundaki ışık bu bölgeye düştüğünde pozitif yüklü boşluklarla elektronlar çift oluştururlar. Böylece ters yöndeki besleme voltajının oluşturduğu akıma ters yönde bir akım oluşturulur. Uygulanması gereken dalgaboyunun ve algılamanın duyarlılığın aletin yapımında kullanılan yarıiletken ve ışığın ne kadar derine nüfuz edebildiği belirlenmektedir. Silikonun kullanıldığı ve PIN adı verilen fotodiyodlar diğer fotodiyodlara karşı belirli bir üstünlüğe sahiptir. PIN fotodiyodlar fotovoltaik, voltaj kaynaklarıdır yani fotonların enerjisini elektrik enerjisine çevirmektedirler. Ancak PIN diyodların en önemli özelliği bu fonksiyonu yerine getirirken belirli bir besleme voltajına ihtiyaç duymamalarıdır.

Fotodiyodlar kart okuması, ışık kontrolü ve televizyonlar da yaygın olarak kullanılmaktadır. Fotodiyodlar sıgısı küçük olduğunda ışıktaki değişimleri daha hızlı algılayabilmektedirler. Ancak birçok fotodiyodun oluşturduğu akım mikroamperler seviyesindedir. Bu yüzden transistörler ya da entegre devreler yardımıyla ürettikleri sinyallerin güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu parçalarla beraber kullanıldıklarında fotodiyodların algılama yeteneği birçok uygulamada mükemmel denetleme yeteneği sağlamaktadır.

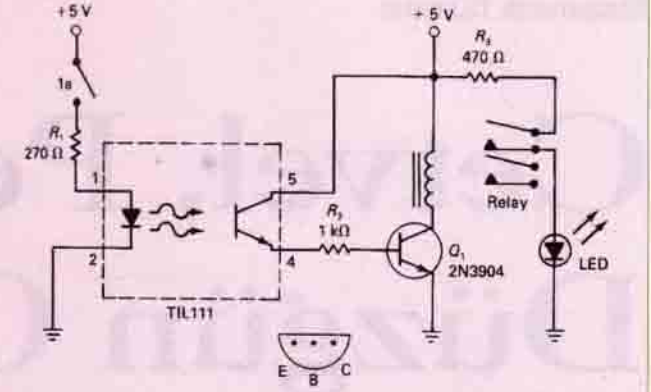
## Fototransistör

Bir fototransistör, kollektöründen emitörüne doğru akan akım, bazına düşen ışığın şiddetiyle orantılı olan bir algılayıcıdır. Üzerine ışık düşürülen herhangi bir fototransistör bir fotoalgılayıcı görevi görmektedir. Fototransistöre ait bazı özellikler, belirli dalgaboyundaki ışıklara karşı diğer algılayıcılardan daha hassas olmasını ve değişimleri daha çabuk algılamasını sağlamaktadır. Bir fototransistörün çalışma şekli elektronikte kullanılan herhangi bir transistörden çok farklılık göstermemektedir. PNP tipi bir fototransistörün çalışması için tıpkı herhangi bir transistörde olduğu gibi kollektör baz birleşiminin ters yönde baz emitör birleşiminin doğru yönde beslenmesi gerekmektedir. Ancak bir fototransistörün basınç elektrik sinyali uygulanmamaktadır. Baz akımı optik yardımıyla yaratılmaktadır. Uygun dalgaboyundaki ışık baz üzerine düştüğünde elektronlar ve pozitif yüklü delikler çiftler oluşturur. Bu çiftler belirli bir baz akımının oluşmasına neden olurlar. Akımın büyüklüğü baza düşen ışığın parlaklığıyla orantılıdır. Bazdan geçim akım da kollektör-



## Açma Kapama Denetleyicisi

Şekildeki devrede TIL111 elemanı optoelektronik bir ikilidir. Kapalı bir hacim içerisinde yerleştirilmiş bir diyod ve fototransistörden oluşmaktadır. Diyod, üzerinden akım geçtiğinde ışık yayar. Fototransistör de bu ışığı algıladığında çalışmaya başlar. İki parça da izole edilmiş aynı hacim içerisinde olduğundan, dış ortamdaki ışıktan etkilenmezler. Ayrıca her ikisinin bağlı olduğu devreler elektriksel açıdan bağımsızlardır. Şekildeki 1a anahtarı kapatıldığında diyod üzerinden akım geçer, bu da TIL111 içerisinde ışımaya başlar. Işık fototransistöre ulaştığında, fototransistör çalışmaya başlar. Q1 transistörü fototransistörün emitörüne bağlı olduğundan, bazına yüksek değerde akım girer. Q1 transistörünün kazancı nedeniyle kollektöründen daha da yüksek akım akar. Q1'in kullanıma amacı akımı rölenin kapatılması için gerekli değere



yükseltmektedir. Röle kapandığında LED üzerinden akım geçer ve yanmaya başlar. Şekildeki rölenin yerine daha yüksek voltaj-

da kullanılan bir röle bağlandığında, devrenin motor veya diğer güç aletlerini açıp kapaması sağlanabilir.

den emitöre doğru transistörün kazancıyla orantılı bir akımın geçmesine neden olmaktadır. Fototransistörün bazı hiçbir yere bağlanmadığından dolayı giriş direnci oldukça yüksektir bu nedenle transistörün zaman sabiti, değişimlerin çok daha çabuk algılanmasını sağlamaktadır. Bir fototransistörün duyarlı olduğu ışık morötesinden kızıl ötesine kadar geniş bir aralıktadır. Ayrıca fototransistörün elektronik devreye kolayca bağlanabilmektedir. Fotodiyodların oluşturdukları akım mikroamper düzeyindedir, fakat fototransistörlerin kazancı nedeniyle kollektör ve emitör akımları miliamperler düzeyindedir. Bu akım değerlerinin yüksek olması fototransistörün birçok uygulamada tercih edilmesine neden olmaktadır. Ayrıca karanlık ortamda bile sızıntı akımının fotodiyottan daha yüksek olması, fototransistöre daha hızlı algılama yeteneği sağlamaktadır.

## İşıma

İşığın algılanmasını sağlayan aletlerin yanı sıra, elektrik enerjisinden ışık elde eden aletlerde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sınıftan en belirgin temsilcisi olan LED'ler elektronik devrelerin göstergesi olarak kullanılmaktadır. LED kelimesi İngilizce ışık yayan diyod kelimelerinin baş harflerinden oluşturulmuştur. Bir yarıiletkende ışık, p-tipi bir madde içine enjekte edilen bir elektronun bir delikle birleşmesi veya n-tipi bir madde içine enjekte edilen bir deliğinin bir elektronla birleşmesi sonucunda oluşur. Bu olaydaki temel esas elektronların enerji kaybının, işıma olarak ortaya çıkmasıdır. LED'ler genelde, SiC, ZnSe, GaP, GaAs, InP, InAs ve GaSb gibi yarı iletkenlerden yapılır. Ancak en çok kullanılanlar, GaP içine çeşitli elementlerin yerleştirilmesiyle imal edilirler. Yarı iletken içine yerleştirilen elementler LED'in yaydığı ışığın rengini belirlemektedir. Yeşil renk veren LED'lerin içinde nitrojen bulunmaktadır. Nitrojen miktarı artırıldıkça ışık sarı renk almaktadır. Kırmızı renk elde edilmesi içinse çinko ve oksijen kullanılmaktadır.

Elektronikte birçok uygulamada ışığı algılayan ve işıma gerçekleştirilen aletler beraber kullanılmaktadır. Bu amaçla bu iki tip alet, dış dünyadan izole edilen yani ışığın içeri sızmasını engelleyen bir kapalı hacim içinde yer alırlar. Optik ikili olarak alandırabileceğimiz bu aletler birçok yarar sağlamaktadır. Daha önce değindiğimiz gibi algılayıcılar belirli dalga boyuna sahip ışığın algılanmasında daha etkin çalışmaktadır. Kapalı bir hacim içinde yer alan bu ikililer dış ortamdan belirli ölçülerde izole edildiğinden istenilen dalgaboyunda ışık yayan LED'ler kullanılabilir. Böylece daha verimli çalışmaları sağlanabilir. Öte yandan ısımayı yapan ve algılayan devreler tamamen birbirinden farklı iki elektrik devresidir. Ancak iki devre arasında sinyaller gönderilebilmektedir. İkilerinin bağımsızlığı nedeniyle düşük voltajlı bir kaynak yüksek voltajda çalışan elemanların kontrol edilmesini mümkün kılmaktadır. Günümüz teknolojisinde bu ikililerden birinin çok daha uzak bir yerde bulunması sağlanabilmektedir. Bunun için fiber optik kablolar kullanılmaktadır.

## Fiber Optik

Fiber optik kablolar fiber nüvesi olarak adlandırılan kablounun iki defa farklı maddelerle kaplanmasıyla oluşturulur. Birinci kaplamaya "cladding" adı verilir. Daha sonra kablo polivinil klorür ya da poliüretanla kaplanır. Kaplamaların amacı fiber nüvedeki ışığın dış ortama geçmesini engellemektir. Işık fiber nüvesinin içine verilir. Nüveyle birinci kaplamanın indisleri farklı olduğundan nüvenin duvarlarına çarpan ışık yansır ve diğer ortama geçmez. Böylece ışık nüvenin duvarlarından yansıyarak yol alır. Ancak bazı ışıklar birinci kaplamanın içine geçerler ve duvarlarından yansımayla uğralar. Bu da enerji kaybına neden olmaktadır. Kullanılan kablounun hangi dalgaboyundaki ışığın kayba uğrayacağını belirlemektedir. Birçok çeşide sahip fiber optik kablounun seçimini belirleyen en önemli etken hangi dalgaboyundaki ışığın iletilece-

ğidir. Fiber nüve içinde ilerleyecek ışığın dalgaboyunu ışığın yaratılmasında kullanılan kaynak belirlemektedir. Genelde ışık kaynağı olarak lazerler ya da LED'ler kullanılmaktadır. Fiber nüve içinde ışığın yansımaları için, ışığın kablo içine belirli açılarda girmesi gerekmektedir. Bu açıya göre fiber optik kabloların hangi frekanstaki sinyalleri iletebileceği belirlenmektedir.

Fiber-optik kablolar, diğer kablolar gibi yüksek voltajdan ve elektriksel aletlerden etkilenmemektedir. Bunun yanı sıra bakır gibi malzemelerin kullanıldığı diğer kabloların çok daha hafif ve küçüktür. Ayrıca aynı ölçüdeki kablolar arasında fiber optik kablolar daha geniş bir frekans aralığındaki sinyalleri iletilebilmektedir. Kablo bağlantıları sinyal kaybına neden olmayacak şekilde imal edilmiştir ve fiber-optik kablolar daha dayanıklıdır. Bütün bu üstünlükleri nedeniyle fiber-optik kablolar birçok uygulamada tercih edilmektedir.

Sadece en temel tiplerine değindiğimiz optoelektronik aletler sanayide ve günlük hayatta birçok alanda kullanılmaktadır. Bunun en önemli nedeni ışığın üstün özelliklerinin elektronik ortamda kullanılabilmesini sağlamasıdır. Bu özellikler arasında hız ve insanın önemli duyularından olan görme duyusuna hitap etmesidir. Bu özellikler nedeniyle optoelektronik aletler elektronik devrelerin çıkışlarında gösterge olarak kullanılmaktadır. Öte yandan bir hatın yüzlerce sinyalinin iletmesini sağladığından hem analog hem de dijital iletişimde yaygın kullanım alanına sahiptir. Bunların yanı sıra özellikle güç elektroniğinde ve bazı üretim denetiminde kullanılmaktadır. Hiç kuşkusuz artan bilgi düzeyiyle beraber optoelektronik daha birçok alana damgasını vurmaya aday bir teknoloji dahadır.

Kaynaklar  
Tuchler Morris, *Optoelectronics, Fiber Optics and Lasers*, McGraw-Hill, 1992  
Jones A. Kenneth, *Introduction to Optical Electronics*, John Wiley Jones, 1987.