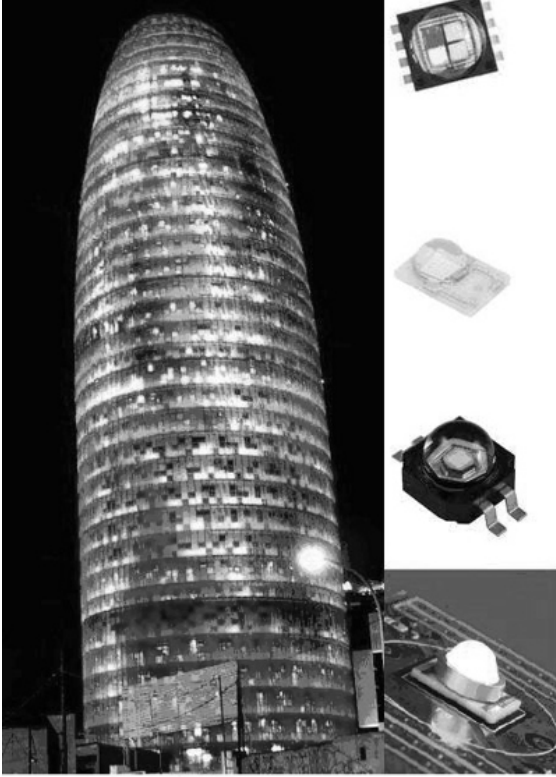


Led ve Led Aydınlatmanın Geleceği

Elektronik Mühendisi Mesut Çınar
mesut.cinar@emo.org.tr



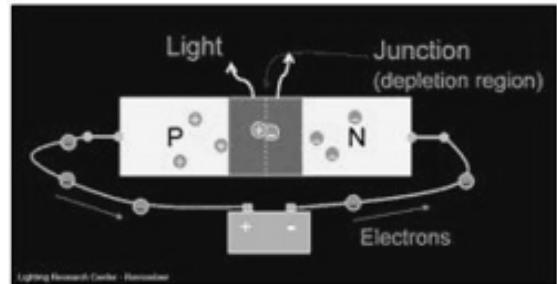
Bu yazımızda Led hakkında genel bilgileri paylaşıp, tarihsel seyrini göstereceğiz. Aynı zamanda gelecekte Led'lerin ne durumda olacağını ve geleneksel aydınlatma ürünleriyle karşılaştırıldıklarında performanslarını inceleyeceğiz.

Her ne kadar yazının başlığını "Led ve Led Aydınlatmanın Geleceği" olarak belirlesem de giriş Katı Hal Aydınlatma ile yapmak doğru olacaktır. Çünkü yarı iletkenleri kullanarak elektrik enerjisini ışığa çeviren teknoloji ; Katı Hal Aydınlatma (Solid State Lighting) olarak isimlendirilmektedir. Katı hal aydınlatma Led (Light Emitting Diode) ve Organik Led'i (Oled-Organic Light Emitting Diode) içine alan bir teknolojidir. Ledler inorganik (karbon tabanlı olmayan) ve Oled organik (karbon tabanlı) ürünlerdir. Organik led (Oled), Ledlerin aksine küçük nokta kaynaklardır ve üretim teknolojileri farklıdır. Genelde ekran uygulamalarında kullanılmaktadır. Örneklerini günümüzde PDA ve cep telefonları ekranlarında görmekteyiz. Organik ledler (Oled) ışık parlaklıkları çok düşük olması, renksel problemlerinin olması, üretim maliyetlerinin yüksek olması uzun ömürlü olmamaları nedeniyle genel aydınlatmada tercih edilmemektedir. Fakat önümüzdeki beş yıl

inde yukarıda saydığım dezavantajlar giderilerek ışık parlaklıklarının 100 lm/w seviyelerine ulaşacağı söylenmektedir. Organik Ledler hakkındaki genel bilgileri verdikten sonra bu yazımızda sizlere asıl anlatacağım katı hal aydınlatmanın sadece diğer bir kolu olan Led ve Led aydınlatmaya gelelim.

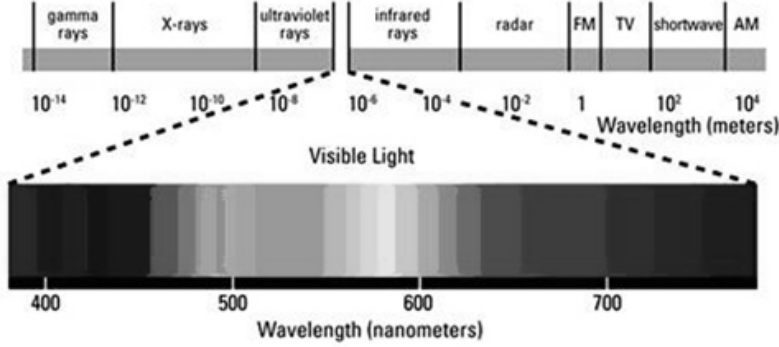
Led Nedir?

Led elektrik enerjisini ışığa çeviren (katıhal) yarı iletken ışık yayan diyottur. Bir LED yongası yapı itibarı ile N ve P tipi yarıiletken katmanlar arasına sandviç şeklinde yerleştirilmiş aktif katman tabakasından ve bunların elektriksel bağlantılarından oluşan opto elektronik bir elemandır. LED'den doğru yönde bir akım geçirildiğinde elektronlar aktif katmanı uyarır ve aktif katmanda ışık üretilir. Üretilen ışık doğrudan veya reflektörden yansıma ile pencere katmanından yayılır.



Şekil 1 : P ve N tipi malzemelerin birleşimi

LED'ler aktif katmanın materyal yapısına bağlı olarak, görülebilir ışık tayfının belirli bir bölümünde ışık yayarlar. Başka bir deyişle tek renk ışık üretilir ve aktif katmanda kullanılan materyal LED ışığının rengini belirler. Yüksek seviyede ışık veren renkli LED'lerde aktif katman olarak farklı materyaller kullanılır (AlGaAs-aliminyum galyum arsenid, GaAs-galyum arsenid, GaP-galyum fosfor, GaN-galyum nitrid, AlInGaP-aliminyum galyum indiyum fosfat ve InGaN-indiyum galyum nitrid). Renkli ledler dalga boylarıyla tanımlanır. Aşağıdaki şekilde dalga boylarına göre led'lerin nasıl isimlendirildiğini gösterilmektedir.



Şekil 2

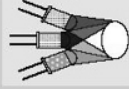
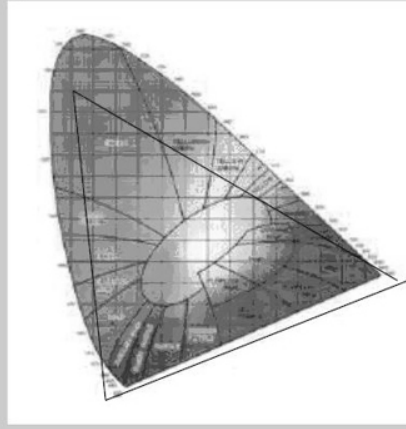
Renkli ledler aktif katmanda bulunan materyal'e bağlı olarak belirli dalga boylarında üretilmektedir. Şekil 2'de gösterilen dalga boyu aralıkları her bir renk için en geniş halidir. Uygulamada kullanılan ledler bu şekilde üretildikten sonra daha dar bantlara ayrıştırılır. (Binning Operation)

Renk	Dalgaboyu	Ledlerde tercih edilen renk dalga boyları
Kırmızı	~ 625-740 nm	620-630
Turuncu	~ 590-625 nm	580-595 (Amber diye bilinir)
Sarı	~ 565-590 nm	560-585
Yeşil	~ 500-565 nm	520-530
Türkuaz	~ 485-500 nm	480-495
Mavi	~ 440-485 nm	450-480

Tablo1: Renklere göre dalga boyları ve led için tercih edilen değerler.

Renkli ledler bu şekilde üretilirken, beyaz ışığı üretmek zor ve zahmetlidir. Beyaz ışığın üretilmesi için iki yol mevcuttur. Kullanılan ilk yöntem bir led kılıfının içerisine kırmızı, yeşil ve mavi led yongalarını yerleştirmektir.

- RGB 3 Colors
- In practice all Colors are possible

With Blue LED plus phosphors , from cool to warm

- Very cool 6500K
- Cool 5700K
- Day 5000K
- Natural 4500K
- Neutral 4000K
- Mid warm 3500K
- Warm 3000K
- Very warm 2700K +++

Şekil 3 CIE 1931 diyagramı ve beyaz ışık renk sıcaklıklarının tanımlanması

Daha yaygın olan ise mavi ışık yayan led yongasını, fosfor kaplayarak beyaz ışığın elde edilmesi prensibine dayanmaktadır. Beyaz ışığı dalga boyu ile karakterize etmek mümkün olmamaktadır. Beyaz ışığı tanımlamak için CIE 1931 diyagramından (Şekil 3) yararlanılmaktadır. CIE 1931 XYZ renk uzayının görünür ışık bölgesi için iki boyutlu (parlaklık göz önüne alınmadan) gösterilimidir. Parlaklık bilgisini dikkate alınmadığında renklilik iki boyutlu bir diyagram ile gösterilir ki bu aşağıdaki CIE 1931 diyagramıdır. Bu diyagramda her renk bir (x,y) koordinatı ile tanımlanabilir. Beyaz ışıkta önemli bir diğer nokta ise ilişkili renk sıcaklığı (CCT-Corrolated Colour Temperature). Aşağıdaki şekilde (Şekil 3) beyaz ışık renk sıcaklıkları görülmektedir.

Aydınlatmada Devrim

Ledler 20 yy. başlarından beri kullanılmaktaydı. Ancak lümen ve parlaklık şiddetleri çok düşük, renksel geri verimleri de pek tatmin edici değildi. Led teknolojisinde yaşanan gelişmelerle ve özellikle beyaz ışığın üretilmesinde ve performansındaki gelişmeyle birlikte önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Günümüzde artık üretilen ledler enkandesen ve halojenlerden daha verimli hale gelmiş ve böylelikle aydınlatma yeni evrim sürecine girmiş bulunmaktadır. Bir örnek vermek gerekirse; günümüzde rahatlıkla bulunabilen renksel geri verimleri (CRI-Color Rendering Index) çok iyi olmakla beraber günışığı (warm white) power ledlerin ışık parlaklıkları watt başına lümen değerleri (lm/w) 80'lere ulaşmıştır. Hatta şu an laboratuvar ortamında 160 lm/w ışık parlaklıklarına ulaşılmış bunlar 2011 yılında piyasaya sunulacaktır. Bugünkü haliyle bile power ledler enkandesen lambalardan beş altı kat daha fazla verimlidir. Enerjinin ve verimli kullanılmasının çok önemli olduğu günümüzde ledlerin enerji verimliliği kadar başka önemli özellikleri de vardır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir.

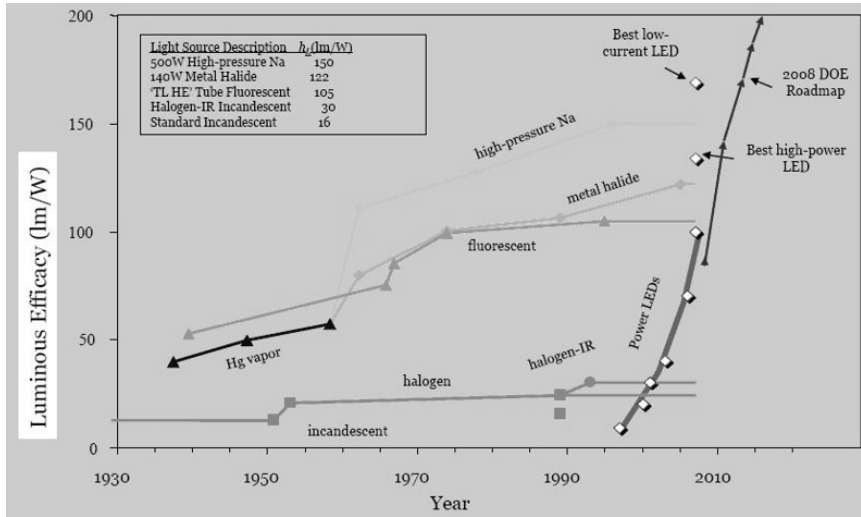
- Tek renk (dar bantlı) ışık kaynaklarıdır. Görülebilir renk tayfındaki hemen hemen tüm renkler elde edilebilir. Işık istenilen dalga boyunda olduğu için renk filtresi, prizma gibi renk ayrıştırıcılara ihtiyaç yoktur.
- Küçük boyutlarından dolayı dekoratif ve minik armatürler geliştirilebilir.
- 200 ns içinde ışık verebilecek kadar hızlıdır.
- Bilinen tüm aydınlatma ürünleriyle karşılaştırıldıklarında yüksek ışık verimliliği görülmektedir. (Laboratuvar ortamında CW renkte 160lm/w)
- Tanımlanmış ışık açıları vardır, haricinde lens ile birlikte daraltılabilir.
- Ledlerin parlaklığı artırılıp azaltılabilmektedir.
- Şok ve titreşimlere dayanıklıdır. Cam ve flaman gibi kırılman elemanlar ihtiva etmez.
- Yapısında ağır metaller yoktur. Kurşun ve civa içermez.
- Isı dağılımı ve zararlı ışın (radyasyon) yoktur.
- Enerji tasarrufu sağlar ve bakıma ihtiyaç duymaz

Geleneksel Aydınlatma Ürünleriyle Karşılaştırıldıklarında Performansları

Gelecek beş yıl içinde led ışık kaynakları flöresan ve enkandesen ışık kaynaklarından çok verimli olacaktır. Bununla birlikte flöresan ve diğer aydınlatma ürünlerine göre en az 25 kat daha uzun ömürlü olacaktır. Flöresan aydınlatma ürünlerinde de geliştirme süreci devam etmekle birlikte beş yıl içinde ledler renk sıcaklığına bağlı olarak birim güç başına 160-230 lümen (160-230 lm/w) seviyelerine ulaşmış olacaktır. Bu tarihte yapılacak her ledli armatür flöresan armatürlere göre 10-15 kat daha verimli hale gelmiş olacaktır. Bugünkü durumyla bile 80-130 lm/w ışık parlaklığına sahip olan ledler ile geliştirilen led armatürler daha az enerji tüketirken % 20-40 arasında lümen değerleri fazladır. Performansları iyi olmasına rağmen henüz çok tercih edilmemelerinin nedeni birim maliyetlerinin çok yüksek olmasındandır. Ledlerin birim güç başına harcadığı ısının azaltılması ve bunun için yeni paketleme teknolojileri geliştirildikçe, ayrıca üretimindeki zorluklar aşılına başlandıkça birim maliyetleri azalmaya başlayacaktır. Önümüzdeki beş yıl içinde üretim teknolojisindeki öngörülen gelişmeler ile birlikte led birim maliyetleri %30-40 azalacak ve böylelikle daha çok tercih edilebilir olacaktır. Tablo 2'de diğer aydınlatma ürünleriyle birlikte ledlerin ışık parlaklıkları, verimleri, renksel geri verimleri görülmektedir. Bugünkü durumda ledlerin; sodyum buharlı lambalar ve metal halide armatürler dışında tüm aydınlatma ürünlerinden verimli olduğu görülmektedir.

Işık Kaynağı	Aydınlanma Şiddeti (Luminous FLux) Lm	Aydınlatma Verimi (Luminous Efficacy) Lm/W	Renk sıcaklığı (Color Temperature) K	Renk Geri Verimi (CRI-Color Rendering Index)	Güç (Power) W
Enkandesen / Halogen	60-48400	5-27	2700-3200	100	5-2000
Düşük basınçlı Sodyum	1800-32500	100-203	1700	-	18-180
Yüksek basınçlı Sodyum	1300-90000	50-130	2000,2200,2500	10-80	35-1000
Yüksek basınçlı Cıva	1700-59000	35-60	3400,4000,4200	40-60	50-1000
Flöresan	200-8000	60-105	2700,3000,4000,6500	60-95	5-80
Kompakt Floresan	200-12000	50-85	2700,3000,4000,6500	80	5-165
Metal Halide	5300-220000	75-140	3000,4000,5600	65-95	70-2000
Seramik Metal Halide	1500-23000	68-95	3000,,4200	80-95	20-35-70-150-250
Led	10-160	>100	2700-8000	>80	1-3

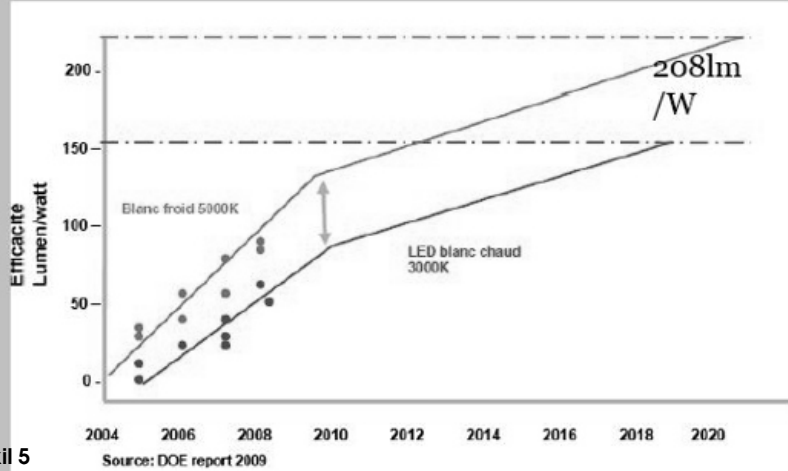
Tablo2: Aydınlatma ürünleri karşılaştırma tablosu



Şekil 4: Yıllara göre aydınlatma ürünlerindeki parlaklıkların (lümen) değişimi

Ledlerin birim güç başına ışık parlaklıkları (lm/w) sürekli artmaktadır. Aşağıdaki grafikte diğer ışık kaynaklarıyla birlikte ledin tarihsel değişim süreci grafikte görülmektedir. Bugünkü durumda laboratuvar ortamında 160 lm/w ulaşılmış ve 2011 yılında ise satışa sunulacaktır. Böylelikle **LED** artık tüm geleneksel aydınlatma ürünlerinden daha verimli ve tercih edilebilir olacaktır.

Şekil 5'ten görüleceği üzere 2012 yılından itibaren soğuk beyaz(CW) renk için birim güç başına 200 lm seviyesine ulaşılmış olacaktır. Sıcak beyaz renkte ise 2018 yılından itibaren 200 lümen seviyelerine ulaşılmış olacaktır. Bu haliyle görülüyor ki çok yakın gelecekte LED en verimli ışık kaynağı olacak ve diğer tüm aydınlatma ürünlerinin



Şekil 5

yerine geçecektir. Küresel pazarda tüm aydınlatma ürün imalatçıları tasarımlarını bu doğrultuda yapmaktadır. Bu nedenle gelecekte kullanacağımız aydınlatma ürünü LED olacaktır.