

فصل ۱

مطالعه اجمالی در رابطه با نحوه عملکرد LED و نسل جدید آن بنام OLED

۱ - ۱) دیود نوری (Light Emitting Diode (LED

یک دیود نوری (LED) یک قطعه نیمه هادی الکترونیکی است که بر اثر عبور جریان در جهت مجاز پرتو افشانی می کند. LED قادر است نور مرئی، مادون قرمز و یا ماوراء بنفش بسته به نوع ناخالصی و طول موج تولید نماید.

شکل ۱ - شمای نمادین یک دیود نوری را نشان می دهد که جهت جریان از سمت آند به سمت کاتد است.



شکل ۱ - شمای نمادین دیود نوری LED

۱ - ۲) تاریخچه

در شروع توسعه و بهبود نیمه هادی ها یک کشف علمی بزرگ انجام شد که مدت زیادی فراموش شد. در سال ۱۸۷۶ فردیناند براون Ferdinand Brown یک سخنرانی در رابطه با عبور جریان از کریستال نیمه هادی ها ارائه نمود. در این گزارش آمده بود که تحت یک ولتاژ، جریان از یک طرف در نیمه هادی می تواند عبور کند و از جهت مخالف عبور نمی کند یعنی آن موقع تنها خاصیت اهمی نیمه هادی (دیود) مورد نظر قرار گرفت. در سال ۱۹۰۷ هنری ژوزف روند Henry Juseph Round به انتشار نور از

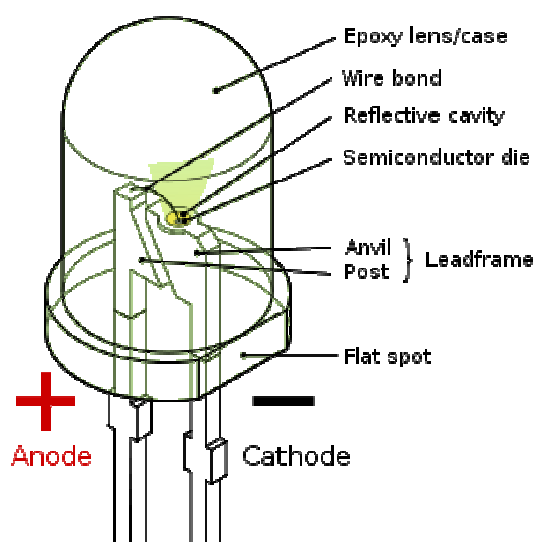
کریستال نیمه هادی ها هنگام عبور جریان پی برد. در سال ۱۹۲۱ یک دانشمند روسی بنام الگ لسوو Oleg Lossew آزمایش روند را دوباره تکرار کرد و بین سالهای ۱۹۲۷ تا ۱۹۴۱ بدقت این اثر را تحت بررسی قرار داد و موفق شد اثر فتوالکتریکی را کشف نماید و بنام نور لسوو مشهور شد.

بدنبال آن در سال ۱۹۵۱ با کشف ترانزیستور یک پیشرفت دیگر در رابطه با فیزیک نیمه هادی ها پیش آمد و انتشار نور قابل توجیح شد. سپس آزمایش بر روی سولفید روی ادامه پیدا کرد بطوریکه از سال ۱۹۵۷ تحقیقات بر روی نیمه هادی ها بمنظور تولید نور شدت گرفت. از آن سال به بعد تولید نور در محدوده نور مرئی بر اساس گالیوم آرسنیک (GaAs) و گالیوم فسفید (GaP) معنی دار شد. در سال ۱۹۶۲ اولین LED قرمز به بازار معرفی شد که دارای بهره نوری کمتر از 0,1 lm/W بود.

از سال ۱۹۷۱ دیودهای نوری LED به رنگهای دیگر سبز ، نارنجی و زرد به بازار آمد. در دهه ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۰ ، LED های قدرت در ابتدا با رنگ قرمز سپس با رنگ نارنجی ، زرد و سبز به بازار آمد. در سال ۱۹۹۲ اولین LED آبی از گالیوم نیتريد GaN و بدنبال آن دیود لیزری بصورت تجاری وارد بازار شد. در سال ۱۹۹۵ اولین LED سفید با موفقیت آزمایش شد سپس در سال ۱۹۹۷ LED سفید به بازار آمد.

۳- ۱) ساختمان دیود نوری LED

شکل ۲- ۲ ساختمان نمونه یک LED را نشان می دهد. در ساختمان LED ، کریستال نیمه هادی درون یک وان منعکس کننده (رفلکتور) همانند شکل ۳- قرار دارد.



شکل ۲- ۲ ساختمان LED

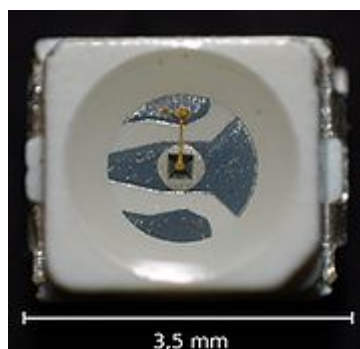


شکل ۳ - قرار گرفتن کریستال نیمه هادی درون وان منعکس کننده

کنتاکتی که به رفلکتور متصل است در بیشتر دیودها کاتد می باشد و تلفات گرمایی دیود را جذب می کند. در وسط کریستال یک کنتاکت قرار دارد که همان آند است. در کارخانه های جدید تولید LED انتهای کاتد کوتاهتر از آند ست. در بیشتر LED ها کاتد همان رفلکتور است که جهت جریان از فلشی است که از طریق آند (+) وارد می شود. بندرت حالت برعکس آند و کاتد پیش می آید.

HLED یعنی LED با توان بالا با جریان های بالا کار می کنند. در این دیودها یک توجه و مراقبت خاص از نظر تولید گرما و مسائل گرمایی باید رعایت شود. گرما می تواند از طریق هادی های جریان ، وان رفلکتور و یا بدنه LED انتقال داده شوند.

کنتاکتهای LED همانند اکثر قطعات الکترونیکی دارای یک مرحله پردازش پلاتینی زمانبر و پرهزینه هستند از اینرو تعدادی از تولیدکنندگان LED را بصورت SMD تولید می کنند. در اصل صفحه پالت رنگهای نور بوسیله قطعات SMD قابل تحویل است. شکل ۴- ساختمان یک LED بصورت SMD را نشان می دهد.



شکل ۴- تولید LED بصورت SMD

این نوع LED برای لامپهای چراغ قوه، فلاش دوربین و موبایل و یا کاردستی های تزئینی بخاطر هزینه بالای پلاتین استفاده می شوند.

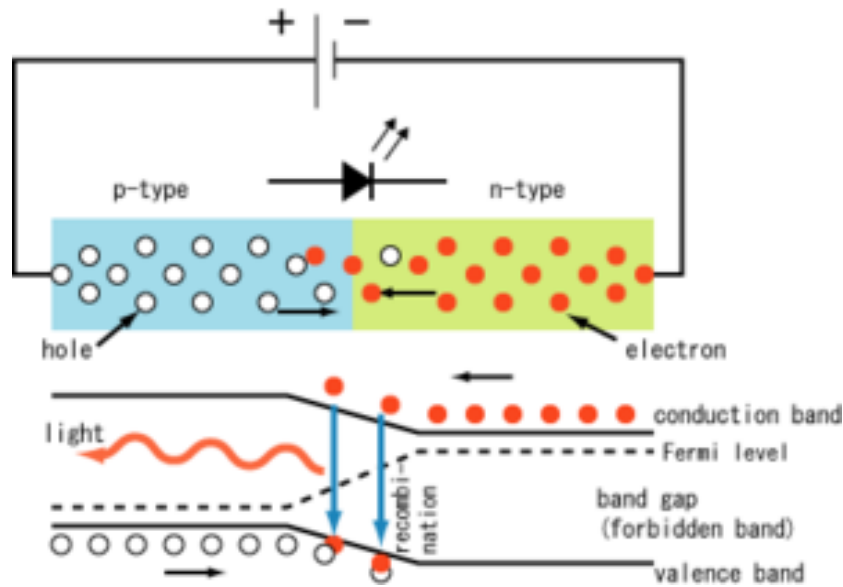
یک امکان دیگر قرار دادن و ارتباط مستقیم چیپ LED بر روی چیپ پلاتین می باشد که بر روی آن سیلیکون ریخته می شود. این فرم تولید برای نمایشگرها با تعداد زیاد LED کاربرد دارد.

دیود های رنگی از چندین (۲ یا ۳) دیود در یک محفظه تشکیل شده اند. اغلب آنها یک آند و یا کاتد مشترک و یک ارتباط برای هر رنگ دارند. برای انجام دادن با دو اتصال دو چیپ دیود بصورت غیر موازی روشن و خاموش می شوند که با هر پلاریته یکی از دیودها نور تولید می کند.

۴- ۱) اصول عملکرد LED

اساس ساختمان یک LED مطابق با یک دیود نیمه هادی نوع n یا p است از اینرو LED دارای مشخصه های پایه و اساسی دیودهای معمولی است. تفاوت عمده میان این دو بکار بردن نوع مواد نیمه هادی است. در دیودهای غیر نوری از سیلیسیوم و بندرت از ژرمانیوم استفاده می شود در صورتیکه برای دیودهای نوری از نیمه هادی های به اصطلاح سه و پنج یعنی ترکیبات گالیوم استفاده می شود.

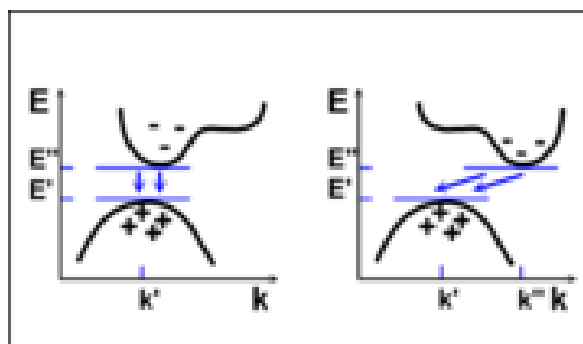
برای عملکرد LED یک ولتاژ در جهت مثبت به دیود وصل می گردد، الکترونها بسمت ناحیه ترکیب مجدد حرکت می کنند. در قسمت ناخالصی n الکترونها در مدار هدایت جمع می شوند تا اینکه بر اثر یک انرژی متناسب از ناحیه مرزی عبور کرده و به مدار ظرفیت حرکت می کنند آنها در این ناحیه با یک حفره ترکیب می شوند. این تغییر مدار الکترون از لایه هدایت به ظرفیت باعث تولید نور می گردد. نیمه هادی های سوم و پنجم بعنوان یک تغییر پیوندی مستقیم معروف هستند چون الکترون قادر است بطور مستقیم از لایه هدایت به لایه ظرفیت انتقال داده شود و نور تولید کند. شکل ۵- اصول عملکرد LED را نشان می دهد.



شکل ۵ - اصول عملکرد LED

برای نیمه هادی هایی مانند سیلیکون انتقال الکترون از لایه هدایت به ظرفیت بصورت غیر مستقیم انجام می شود. برای این نوع نیمه هادی ها الکترونها بوسیله نرده کریستالی جذب و سبب نوسان نرده کریستالی شده (تحریک فوتون ها) بدین علت هیچ انرژی برای انتشار نور در دسترس نخواهد بود.

ساختمان پیوندی نیمه هادی تعیین کننده حالت انتقال انرژی است . شکل ۶ - نمایش حالت مستقیم و غیر مستقیم پیوندی نیمه هادی را نشان می دهد. در شکل سمت راست چون بردار طول موج تغییر کرده ، تنها تغییر باند انرژی باعث تولید نور نمی شود.



شکل ۶ - ساختمان پیوندی دو نیمه هادی ، شکل سمت چپ نیمه هادی مستقیم مانند گالیوم آرسنید ، شکل سمت راست نیمه هادی غیر مستقیم مانند سیلیسیوم

انتقال الکترون از یک لایه به لایه دیگر با اختلاف انرژی همراه است این اختلاف انرژی تعیین کننده طول موج (رنگ) نور ساطع شونده است.

$$\lambda(W_D) = \frac{h \cdot c}{W_D} \quad (1)$$

$$\lambda(W_D) = \frac{1240 \text{ nm eV}}{W_D} \quad (2)$$

$$W_D = E'' - E' \quad (3)$$

W_D : کار انجام شده بر حسب الکترون ولت eV

$\lambda(W_D)$: طول موج نور منتشر شده بر حسب نانو متر nm

h: ثابت پلانک بر حسب الکترون ولت ثانیه eVs

c: سرعت نور بر حسب متر بر ثانیه m/s

بزرگی اختلاف انرژی را بوسیله استفاده از ترکیبات شیمیایی متفاوت نیمه هادی ها بمنظور تولید رنگهای مختلف انجام می شود. بطور مثال نیمه هادی گالیوم آرسنید دارای یک تغییر پیوندی مستقیم 1,4eV است که مطابق با طول موج ۸۸۵ نانومتر است یعنی یک نور مادون قرمز. یک ترکیب با فسفر باعث پائین آمدن طول موج نور منتشر شده یعنی در محدوده مرئی به نورهای قرمز و یا زرد می گردد. بطور مثال اگر بجای ۵۰٪ آرسنید، فسفر جایگزین شود اختلاف انرژی پیوندی به ۲ الکترون ولت افزایش یافته اما طول موج نور منتشر شده به ۶۵۰ نانومتر یعنی قرمز می رسد.

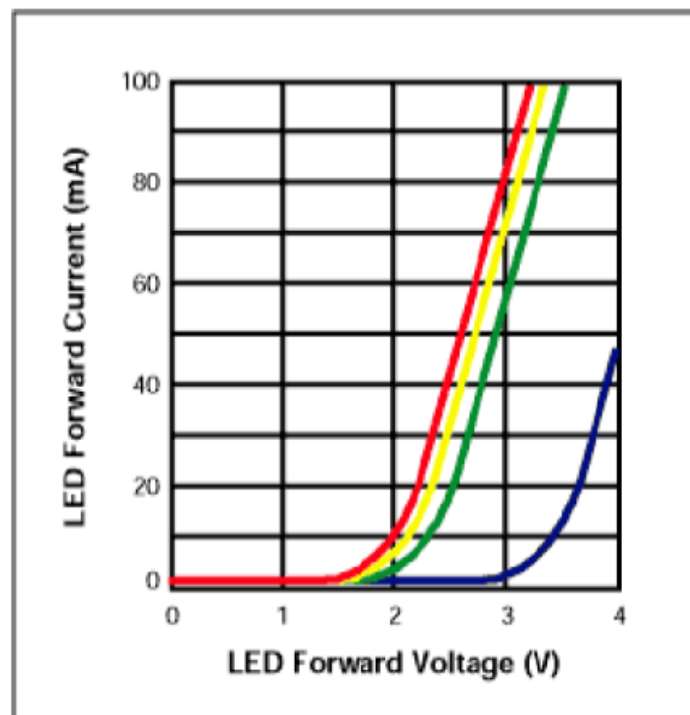
۵ - ۱) مشخصات الکتریکی LED

دیودهای نوری به مانند دیودهای معمولی دارای منحنی ولتاژ- جریان اکسپوننسیالی وابسته به درجه حرارت هستند. میزان شار نوری بصورت مستقیم به میزان جریان بستگی دارد. ولتاژ عملکردی برای یک جریان ثابت و مشخص تعیین می گردد. میزان نور برای یک ولتاژ ثابت با افزایش درجه حرارت کاهش می یابد.

استفاده مستقیم از یک منبع ولتاژ غیر ممکن است چون نقطه کار بطور دقیق نمی تواند بکار برده شود. روشن کردن LED با باتری چون مقاومت داخلی منبع به اندازه کافی بزرگ است امکان پذیر است.

حداکثر جریان مجاز LED، از ۲ میلی آمپر (برای مثال LED بصورت SMD و یا LED جریان پائین) تا بیش از ۱۸ آمپر برای LED های پر قدرت می باشد. جریان مجاز نرمال LED تا ۲۰ میلی آمپر است.

ولتاژ عملکردی (Forward Voltage) برای نورهای رنگی بین ۱٫۳ ولت (LED مادون قرمز) تا ۴ ولت (LED نوع ایندیوم گالیوم ازتی، رنگ سبز، آبی و ماوراء بنفش) است. حداکثر ولتاژ شکست در حالت عادی ۵ ولت محدود می شود.



شکل ۷ - منحنی ولتاژ - جریان دیود های نوری

۶-۱) جهت انتشار پرتوها

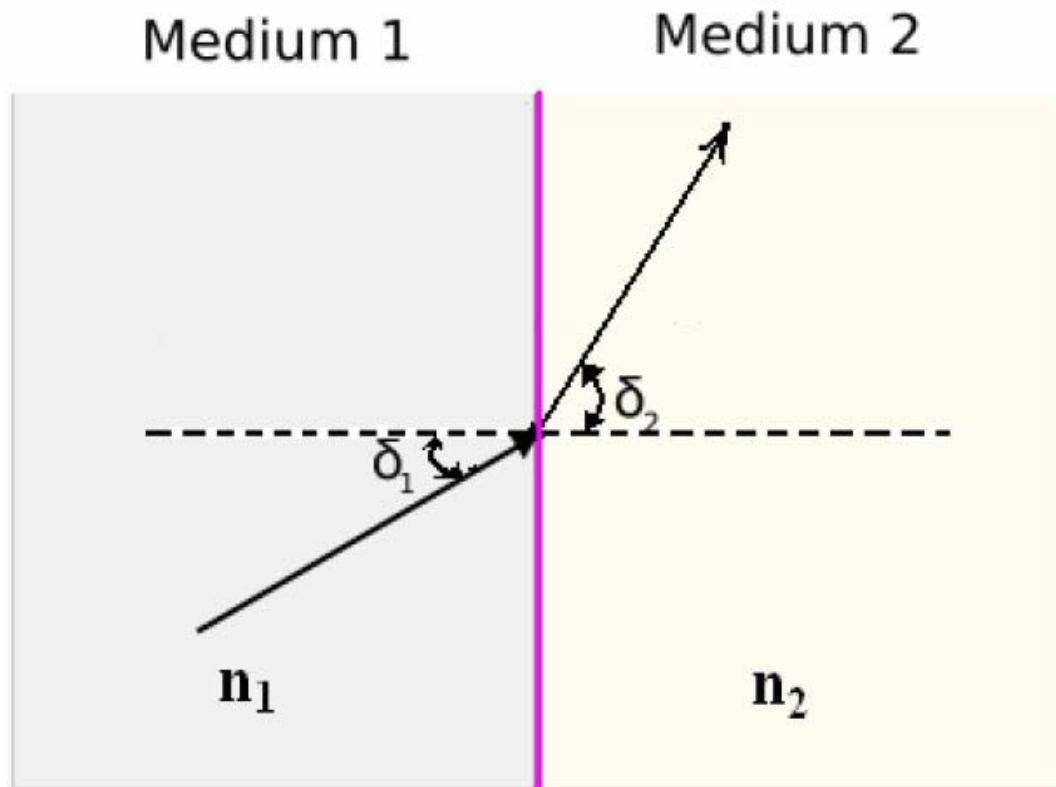
LED ها بمنظور حفاظت مکانیکی و شیمیایی اغلب با پلاستیک بعبارت دیگر مواد مصنوعی سخت پوشیده می شوند. برای LED های توان بالا این محفظه از شیشه و مواد فلزی می باشد. محفظه فلزی اغلب از جنس آلومینیوم بوده و در اصل وظیفه انتقال گرما را بر عهده دارد. شکل ماده مصنوعی محفظه روی کریستال بصورت لنز و محدبی بمنظور افزایش زاویه انعکاس کامل و یا بعبارتی افزایش زاویه پنجره خروجی نور می باشد.

شکل ۸- فرم و شکل LED را نشان می دهد.



شکل ۸- فرم نیمه کروی LED

بر اساس قانون اسنل - دکارت نور همیشه از محیط با چالی کمتر وارد محیط با چگالی بیشتر می شود اما برعکس وقتی که نور از یک محیط با چگالی بالاتر بخواهد وارد یک محیط با چگالی کمتر شود در صورتیکه زاویه برخورد از یک زاویه مشخص بحرانی کمتر باشد می تواند وارد محیط با چگالی کمتر شود در غیر اینصورت به محیط اول منعکس می شود. شکل - ۹ زاویه برخورد دو محیط را نشان می دهد.



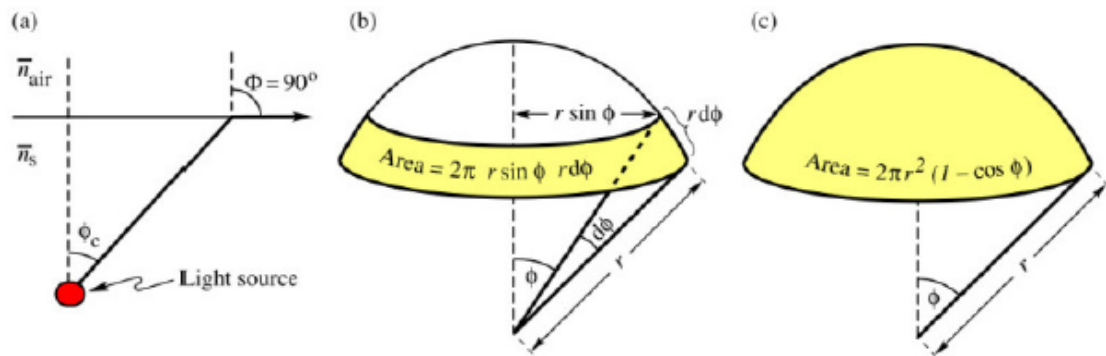
شکل - ۹ انتشار نور از یک محیط به محیط دیگر

زاویه بحرانی بصورت زیر محاسبه می شود.

$$n_1 \cdot \sin(\delta_1) = n_2 \cdot \sin(\delta_2) \quad (۴)$$

$$\delta_{1T} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \quad (۵)$$

چون محیط دوم هوا است ضریب انعکاس آن ۱ بوده و در واقع ضریب انعکاس محیط یک (پوشش روی دیود) زاویه بحرانی را تعیین می کند. بسته به فرم و نوع مواد مصنوعی زاویه پنجره خروجی نور تغییر می کند. شکل - ۱۰ تأثیر زاویه بحرانی در تعیین سطح مفید خروج نور را نشان می دهد.



شکل - ۱۰؛ (a) تعریف زاویه بحرانی، (b) سطح جزئی dA ، (c) سطح مؤثر خروج نور

بر اساس روابط زیر می توان سطح مؤثر و همچنین درصد توان نور خروجی به میزان توان کل نور تولیدی را محاسبه کرد.

$$A = \int dA = \int_0^{\phi_c} 2\pi r \sin\phi r d\phi = 2\pi r^2 (1 - \cos\phi_c)$$

(۶)

$$\frac{P_{esc}}{P_{total}} = \frac{2\pi r^2 (1 - \cos\phi_c)}{4\pi r^2} = \frac{1}{2} (1 - \cos\phi_c)$$

(۷)

P_{esc} توان کل پرتوهایی که به خارج انتقال داده می شوند

P_{total} توان کل پرتوهای تولید شده

یعنی پوشش دیود باعث افزایش تلفات و کاهش بازدهی می شود. از آنجا که ضریب انعکاس شیشه از پلاستیک و مواد مصنوعی بالاتر است پوشش شیشه ای دیودها باعث افزایش تلفات به میزان ۱۰٪ می شود.

همانگونه که اشاره شد دیودهای نوری دارای یک مشخصه مهم بنام زاویه پنجره خروجی نور هستند. بخاطر محدودیت این زاویه پنجره خروجی نور، نورپردازی با LED مانند لامپهای رشته ای نمی باشد بلکه در یک محدوده مشخص انجام می شود. (سطح یک کره که دیود نوری در مرکز کره قرار دارد). برای یک زاویه ۳۶۰ درجه بایستی یک تعدادی دیود نوری استفاده گردد. برای آنکه مشخص شود چه تعداد دیود نوری برای یک نورپردازی کره کامل نیاز است فرمول زیر تعریف شده :

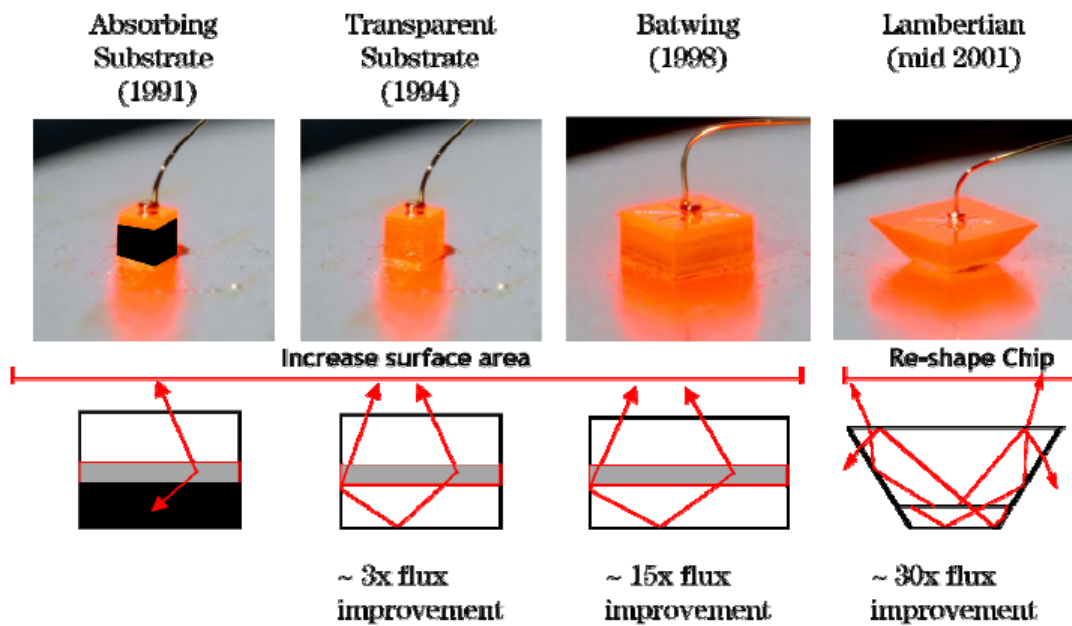
$$\text{تعداد} = \left\lceil \frac{2}{1 - \cos\left(\frac{X}{2}\right)} \right\rceil$$

(۸)

که X زاویه پنجره خروجی نور دیود می باشد.

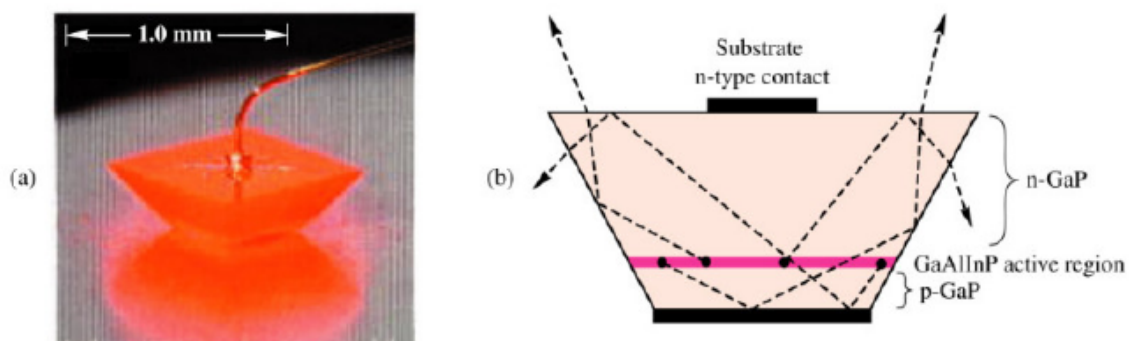
بطور مثال برای یک لامپ ۳۶۰ درجه با حرارت رنگ ۵۰۰۰ کلوین از دیودهای نوری با توان ۳,۱۵ وات و زاویه پنجره ۵۵ درجه و بهره ۵۰ لومن بر وات نیاز با ۱۸ عدد LED می باشد. در مجموع توان ۵۴ وات و ۲۸۸۰ لومن می باشد که معادل شار نوری یک لامپ رشته ای ۳۰۰ وات است.

فرم حوضچه رفلکتور که کریستال نیمه هادی درون آن قرار دارد تأثیر بسزایی در میزان نور خروجی دارد. شکل - ۱۱ روند پیشرفت حوضچه رفلکتور LED را از سال ۱۹۹۱ تا سال ۲۰۰۱ را نشان می دهد.



شکل - ۱۱ روند بهبود حوضچه رفلکتور LED

شکل - ۱۲ نحوه انتشار نور به خارج یک LED با حوضچه رفلکتوری بصورت هرمی را نشان می دهد.



شکل - ۱۲ انتشار نور به خارج

۷ - ۱) ولتاژ مستقیم LED (Forward Voltage)

رنگ نور LED بطور مؤثر به موقعیت باند (پیوندهای مولکولی) نیمه هادی بستگی دارد. ولتاژ LED در جریان نامی و یا به اصطلاح ولتاژ مستقیم برای هر رنگ متفاوت است. جدول ۱- ولتاژ مستقیم تعدادی از مواد ، نوع و طول موج رنگ بعضی از مواد را نشان می دهد.

جدول ۱ - ارتباط ولتاژ دو سر دیود و طول موج نور تشعشع شده

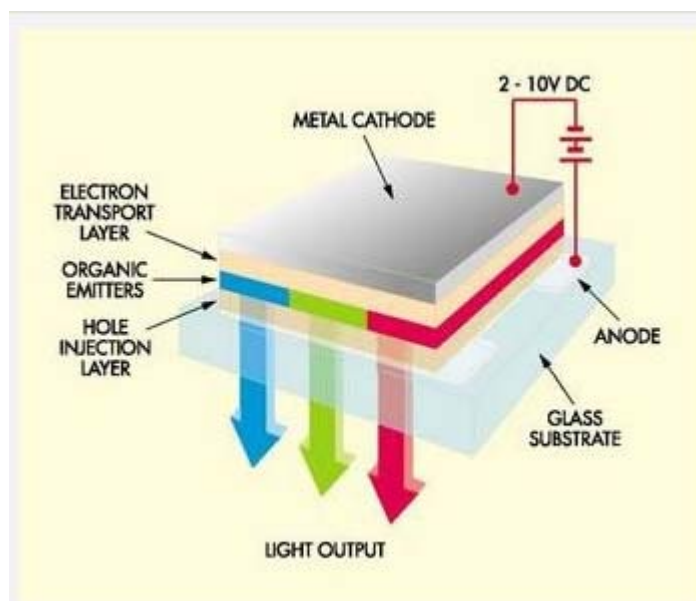
رنگ	λ طول موج (nm)	(V) ولتاژ مستقیم	مواد
قرمز مادون	$\lambda > 760$	$\lambda < 1,9$	Gallium arsenide (GaAs) Aluminium gallium arsenide (AlGaAs)
• قرمز	$610 < \lambda < 760$	$1,63 < \lambda < 2,03$	Aluminium gallium arsenide (AlGaAs) Gallium arsenide phosphide (GaAsP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) Gallium(III) phosphide (GaP)
• نارنجی	$590 < \lambda < 610$	$2,03 < \lambda < 2,10$	Gallium arsenide phosphide (GaAsP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) Gallium(III) phosphide (GaP)
• زرد	$570 < \lambda < 590$	$2,10 < \lambda < 2,18$	Gallium arsenide phosphide (GaAsP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) Gallium(III) phosphide (GaP)
• سبز	$500 < \lambda < 570$	$2,18 < \lambda < 2,48$	Indium gallium nitride (InGaN) / Gallium(III) nitride (GaN) Gallium(III) phosphide (GaP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) Aluminium gallium phosphide (AlGaP)
• آبی	$450 < \lambda < 500$	$2,48 < \lambda < 3,7$	Zinc selenide (ZnSe) Indium gallium nitride (InGaN) Silicon carbide (SiC) as substrate Silicon (Si) as substrate — (under development)
• بنفش	$400 < \lambda < 450$	$2,76 < \lambda < 4,0$	Indium gallium nitride (InGaN)
بنفش ماوراء	$230 < \lambda < 400$	$3,1 < \lambda < 4,4$	diamond (235 nm) Boron nitride (215 nm) Aluminium nitride (AlN) (210 nm) Aluminium gallium nitride (AlGaN) Aluminium gallium indium nitride (AlGaInN) — (down to 210 nm)

۸ - ۱) دیودهای نوری آلی (OLED (Organic Light Emitting Diode)

دیودهای نوری آلی OLED از یک عنصر نور دهنده بصورت صفحات نازک از جنس مواد نیمه هادی تشکیل شده اند. از خانواده دیود OLED می توان به دیودهای LEP پلیمری (Light Emitting Polymer) ویا PLED (Polymer Light Emitting Diode) اشاره نمود. دیودهای پلیمری شامل یک پلی مر درخشانده نوری Electro Luminescence هستند که در صورت وصل شدن به یک منبع ولتاژ نور از خود تشعشع می نمایند. تفاوت آنها با دیودهای نوری معمولی LED در چگالی جریان و درخشندگی کمتر و همچنین عدم ضرورت مواد کریستالی است. در مقایسه با دیودهای نوری LED، قیمت تولید و طول عمر OLED کمتر است.

تکنولوژی OLED برای صفحات نمایش و پرده های نمایش (تلویزیون ، مونیتور و صفحات نمایشی تبلیغاتی) ارجحیت دارد. با استفاده از OLED امکان کاربرد دیوارهای نوری بزرگ تخت بوجود آمده است.

بر اساس مشخصات مواد OLED، کاربرد آنها در صفحات نمایش بزرگ و کاغذهای الکترونیکی محتمل شده است. ضخامت کوچک و حالت شفاف برای پنجره ها و دیوارها با OLED ممکن است.

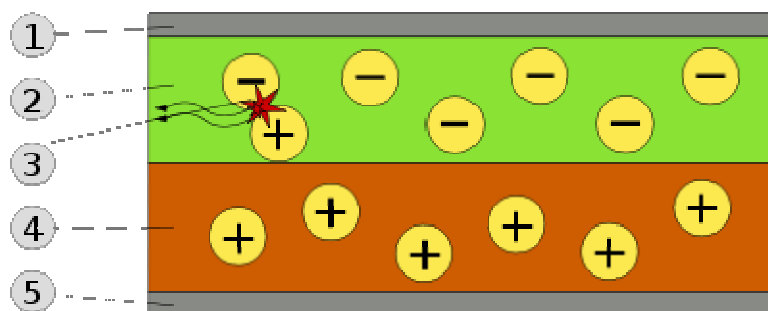


شکل - ۱۳ ساختمان لایه ای OLED

۹ - ۱) ساختمان و عملکرد OLED

OLED از لایه های مختلف مواد آلی تشکیل می شوند. بیشتر آنها دارای یک آند از جنس اکسید روی - ایندیم (Indium-Zinc-Oxide (ITO روی یک صفحه شیشه ای می باشند و یک لایه هدایت حفره یعنی نیمه های از نوع P به اصطلاح Hole Transport Layer (HTL و یا Conductive Layer نیاز دارد. بین لایه های ITO , HTL بسته به نوع روش تولید اغلب یک لایه از پلیمرهای مختلف بمنظور کاهش مقاومت تزریق برای حفره ها قرار می گیرد و انتشار از ایندیم را جلوگیری می کند. این لایه بنام لایه انتشار Emitter Layer (EL معروف است. بر روی این لایه یک لایه هدایت الکترون Electron Transport Layer (ETL و یا Emissive Layer قرار می گیرد. در انتها یک کاتد وجود دارد که از جنس فلز یا آلیاژی با خاصیت عملکرد خروج کم الکترون مانند آلیاژهای کلسیم ، آلومینیوم ، باریوم ، منیزیم-نقره که در خلاء بخار می شوند می باشد.

بمنظور لایه محافظ و کاهش مقاومت انتشار برای الکترون ها بین کاتد و ETL اغلب یک لایه نازک از فلورید لیتیوم ، فلوریدسزیم و یا نقره قرار می دهند.



شکل - ۱۴ ساختمان OLED

1. Cathode (-), 2. Emissive Layer, 3. Emission of radiation, 4. Conductive Layer, 5. Anode (+)

الکترونها (حاملهای منفی بار) از کاتد هنگامی که آند حفره ها (حاملهای مثبت بار) را آماده می کند ، تزریق می شوند. الکترون و حفره به سمت یکدیگر حرکت می کنند تا در حالت ایده آل در لایه EL به یکدیگر برسند. به همین علت این لایه به لایه ترکیب مجدد معروف است. الکترون و حفره یک حالت پیوندی جدیدی بوجود می آورند که به آن حالت برانگیخته می گویند. وابسته به مکانیزم ، تحریک موقعیت های برانگیخته مولکولهای مواد رنگی ایجاد میگردد و یا از بین رفتن انرژی تحریک برای

برانگیختن مولکولهای مواد رنگی . این مواد رنگی موقعیتهای تحریک متفاوتی دارند. موقعیتهای برانگیخته شده می تواند به حالت پایه برگردد و فوتون (نور) آزاد کند. رنگ نور منتشر شده بستگی به اختلاف انرژی لایه برانگیخته شده و لایه پایه دارد و می تواند از طریق تنوع انتخاب مولکولهای مواد رنگی تغییر کند. یک مشکل وجود دارد که حالت تحریک به یک حالت سوم که به نوردهی منجر نمی شود برسد یعنی در واقع یک حالت تحریک جدید ایجاد گردد.

۱۰ - ۱) کاربرد و انتخاب مواد عالی برای OLED

از آنجا که OLED از مولکولهای کوچک تشکیل شده بندرت از علامتهای SOLED و یا SMOLED (Small Molecules) نیز استفاده می شود. در چند سال اخیر از مواد آلی پیچیده فلزی در ساختمان OLED بمنظور افزایش بازدهی استفاده می شود.

در این تکنولوژی که به فسفورنس Phosphorence معروف است مشکل ذکر شده در بالا یعنی تغییر حالت تحریک به حالت تحریک دیگر بدون تولید نور وجود ندارد از این جهت بازدهی بالاتر می باشد.

فصل ۲ -

مزایای استفاده از (OLED) LED بعنوان منبع نوری جهت روشنایی

۱ - ۲) مزایای LED

امروزه بدلائیل زیر استفاده از دیودهای نوری LED بعنوان منبع نوری، جهت تأمین روشنایی مورد نظر قرار گرفته است که در واقع مزایای دیودهای نوری محسوب می گردند.

طول عمر طولانی :

طول عمر دیودهای نوری بطور متوسط ۴۰ هزار ساعت تخمین زده می شود که در مقایسه با سایر منابع نوری بسیار بالا می باشد.

دوستدار محیط زیست :

دیودهای نوری فاقد ترکیبات هالیدی ، جیوه ، سرب و مواد سمی بوده که امتیاز مهمی از نظر دوستاران محیط زیست بشمار می آید.

تنوع رنگ :

تولید رنگهای مختلف بوسیله دیودهای نوری نسبت به سایر منابع نوری راحت تر می باشد. حتی یک دیود نوری از طریق کنترل ولتاژ قادر است رنگهای متنوعی تولید نماید.

تولید حرارت :

تولید حرارت این منابع نوری پایین بوده و باعث گرم شدن محیط اطراف نمی شود.

مقاومت بالا:

نظر به استفاده از یک لایه مقاوم جهت حفاظت دیود نوری ، آنها در برابر ضربات مکانیکی بسیار مقاوم بوده و یک امتیاز بزرگ نسبت به سایر منابع نوری که شکننده می باشند بحساب می آید.

زمان روشن شدن :

زمان روشن و خاموش شدن آنها بسیار بالاست بطوریکه با فرکانس ۱۰۰ هزار هرتز قابل مدولاسیون می باشند. این ویژگی منحصر بفرد جهت کنترل میزان نور و خاموش و روشن کردن سریع بسیار حائز اهمیت است.

قابلیت دایمر:

دیودهای نوری این خاصیت را دارند که می توان میزان شار نور خروجی آنها را از ۰ تا ۱۰۰٪ کنترل نمود.

آلودگی نوری :

بر خلاف لامپهای پر فشار جیوه و سدیم منبع نور مستقیماً در معرض دید نیست و حالت خیرگی بسیار پایین است.

قابلیت انعطاف در مونتاژ:

با توجه به کوچک بودن ابعاد می توان یک سری از آنها را بصورت دلخواه جهت یک توزیع شار نوری بخصوص ، کنار یکدیگر قرار داد و یک منبع سطحی بزرگ بجای منبع نقطه ای تولید کرد.

جهت نور:

انتشار نور دیودهای نوری تنها در یک جهت خاص بوده که این خاصیت بخصوص برای روشنایی بصورت مستقیم مفید بوده و نیازی به رفلکتور نمی باشد.

ضریب برگرداندن رنگ بالا:

با توجه به امکان ترکیب رنگها و یا استفاده از فلورسنت ضریب برگرداندن رنگ آنها بالا (تا ۹۵) می باشد.

بهره نوری خوب:

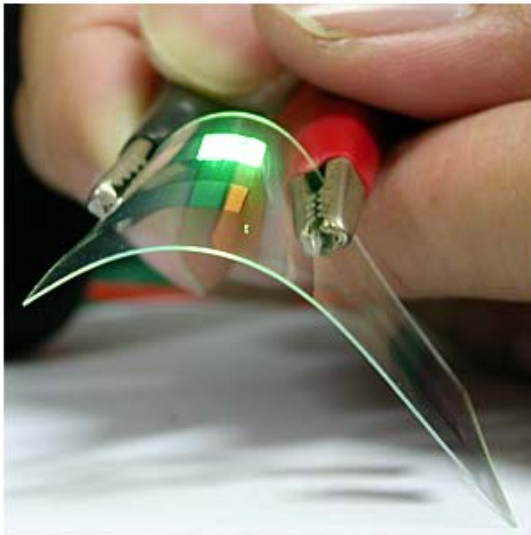
بهره نوری از لامپهای رشته ای و بعضی از لامپهای فلورسنت (کم مصرف) بهتر است.

۲ - ۲) مزایای OLED

بدلیل زیر استفاده از دیودهای نوری OLED بعنوان منبع نوری ، جهت صفحات نمایش مورد توجه قرار گرفته اند.

انعطاف پذیری:

پروژه تولید OLED برای صفحات نمایش تخت اساساً با نمایش دهنده های کریستال مایع LCD متفاوت است. از آنجا که تولید OLED از مواد متنوع و زیادی امکانپذیر است از نظر قیمتی می تواند مزیت بزرگی نسبت به LCD داشته باشد. OLED با توجه به قابلیت انعطاف پذیری آنها این امکان را بوجود می آورد که آنها را بصورت رول Roll درآورد و صفحات نمایش بر روی حتی لباس ها قرار داده شوند. شکل - ۱۵ و ۱۶ دو نمونه از کاربردهای انعطاف پذیری OLED را نشان می دهد.



شکل - ۱۶ انعطاف پذیری OLED



شکل - ۱۵ انعطاف پذیری OLED

بازدهی انرژی :

مزیت دیگر OLED نسبت به LCD وجود کنتراست بالاست که بدون نور پیش زمینه نیز قابل تمایز و نمایش هستند. این روش بازدهی را بیشتر می کند و به همین جهت OLED انرژی کمتری نیاز دارد.

ضخامت پایین :

بخاطر اینکه نیاز به نور پیش زمینه برای OLED وجود ندارند می توان آنها را خیلی نازک تولید کرد. بطور مثال در سال ۲۰۰۸ یک صفحه نمایش OLED با ضخامت ۰,۳ میلیمتر عرضه شده است.

تولید نورهای رنگی:

تولید نور رنگی با LCD تنها با استفاده از فیلتر است در صورتیکه OLED می تواند رنگهای مختلفی منتشر کنند.

تولید گرما:

چون صفحات نمایش OLED نیاز به نور پیش زمینه ندارند بنابراین صفحه نمایش تلویزیون های OLED نسبت به LCD خیلی کمتر گرم می شوند.

تولید در ابعاد کوچک:

بخاطر نیاز به انرژی پایین OLED آنها می توانند در ابعاد بسیار کوچک در وسایل قابل حمل بکار گرفته شوند. (بطور مثال: نوت بوک، تلفن موبایل ، دوربین های فیلم برداری و یا MP3-Player)



شکل - ۱۷ تولید OLED در ابعاد کوچک

سرعت روشن شدن:

سرعت روشن و خاموش شدن (Response Time) OLED بسیار سریع و کمتر از ۰,۰۰۱ میلی ثانیه است یعنی ۲۰۰۰ مرتبه سریعتر از یک LCD بسیار سریع با سرعت ۰,۲ ثانیه.

وزن پایین :

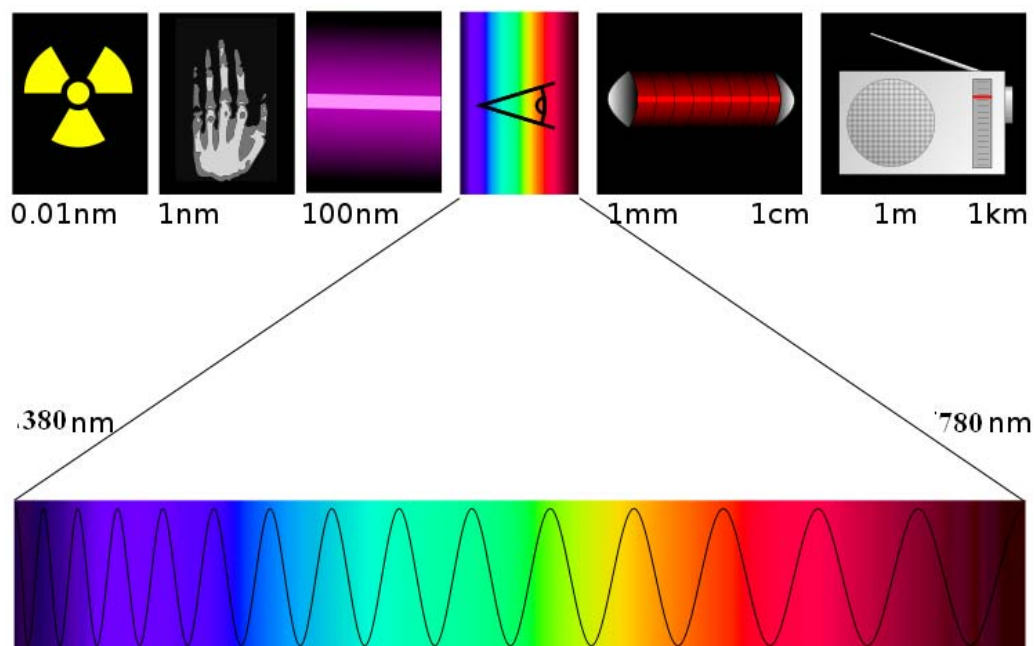
از دیگر مزایای OLED بخاطر امکان تولید با ضخامت پایین، سبک تر شدن و به اصطلاح قابل حمل تر شدن وسایل و تجهیزات است. بطور مثال وزن صفحه نمایش یک تلویزیون OLED نسبت به تلویزیون های LCD و یا پلاسما کمتر از نصف است.

فصل - ۳

تأثیر اندازه گیری فوتوپیک و اسکوتوپیک دیودهای نوری در میزان شار واقعی و نحوه ارزیابی چراغهای روشنایی معابر با لامپ LED با در نظر گرفتن این پارامتر

۱ - ۳) پارامترهای نوری

همانگونه که شکل - ۱۸ نشان می دهد امواج الکترومغناطیسی با طول موج بین ۳۸۰ تا ۷۸۰ نانومتر توسط چشم انسان قابل درک هستند، که به اصطلاح به آنها نور (امواج مرئی) می گویند.



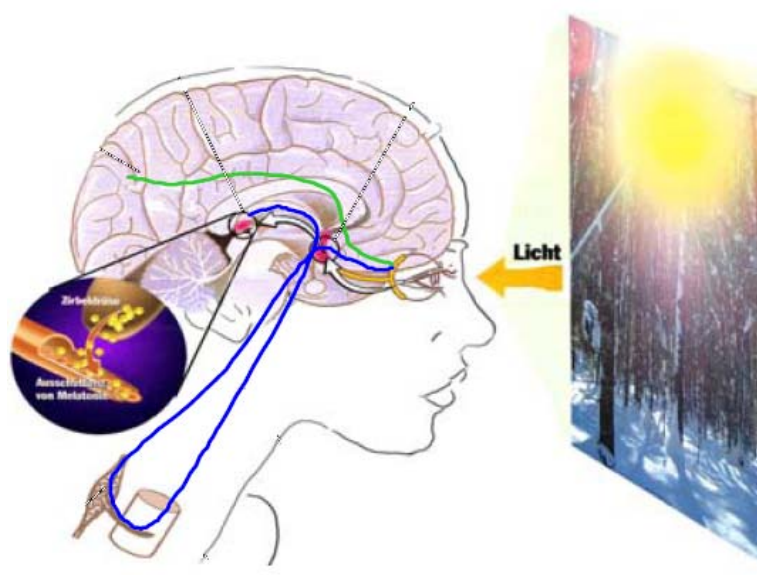
شکل - ۱۸ تقسیم بندی امواج الکترومغناطیسی بر حسب طول موج

نور دارای تعریف دقیقی نیست، جسم شناخته شده یا مدل مشخص که شبیه آن باشد وجود ندارد. نظریه امواج الکترومغناطیسی (ماکسول) و نظریه کوانتومی (تشکیل نور از فوتون و بسته های انرژی) با هم ایجاد یک نظریه نامتناقض و بدون ابهام می کنند که تمام پدیده های نوری را توجیه می کنند.

نظریه ماکسول درباره انتشار نور بحث می کند در حالیکه نظریه کوانتومی بر هم کنش نور و ماده یا جذب و نشر آن را شرح می دهد از آمیختن این دو نظریه، نظریه جامعی که الکترو دینامیک کوانتومی نام دارد، شکل می گیرد. چون نظریه های الکترو مغناطیسی و کوانتومی علاوه بر پدیده های مربوط به تابش بسیاری از پدیده های دیگر را نیز تشریح می کنند منصفانه می توان فرض کرد که مشاهدات تجربی امروز را لااقل در قالب ریاضی جوابگو است. سرشت نور کاملاً شناخته شده است اما باز هم این پرسش هست که واقعیت نور چیست.

۲-۳) نحوه دیدن چشم

۸۰٪ اطلاعاتی که انسان از محیط اطراف خود دریافت می کند از طریق چشم (نور) است. در درون چشم ۲ گروه سلولهای عصبی قرار دارند.



شکل ۱۹- دریافت اطلاعات اجسام بکمک نور از طریق چشم

۱- ۲- ۳) سلولهای استوانه‌ای

نوعی از سلولهای گیرنده نور هستند که در انتهای چشم و در شبکه قرار دارند. این سلولها همراه با سلولهای مخروطی جریان الکترومغناطیسی نور خورشید را به پیام عصبی تبدیل کرده و از طریق عصب بینایی به لب پس سری مغز منتقل می‌کنند.

سلولهای استوانه‌ای بیش‌تر در نور ضعیف تحریک می‌شوند و به مغز توانایی دیدن در تاریکی را می‌دهند. این سلولها به رنگها حساسیت نشان نمی‌دهند؛ به همین دلیل بینایی در تاریکی به رنگ سیاه، سفید و طیفی از خاکستری است. سلولهای استوانه‌ای همچنین در تشخیص حرکات توسط مغز نقش دارند. بیشترین تمرکز سلولهای استوانه‌ای در بخش‌های پیرامونی شبکه، و کم‌ترین تمرکز آنها در لکه زرد است. در چشم بیش از ۱۲۰ میلیون شبکه استوانه ای وجود دارد.

۲- ۲- ۳) سلولهای مخروطی

نوعی از سلولهای گیرنده نور هستند که در انتهای چشم و در شبکه قرار دارند. سلولهای مخروطی، برخلاف سلولهای استوانه‌ای، در نور قوی بیش‌تر تحریک می‌شوند. این سلولها انرژی نورانی را به پیام عصبی تبدیل کرده و به مغز توانایی دیدن رنگها و جزئیات ظریف اشیا را می‌دهند.

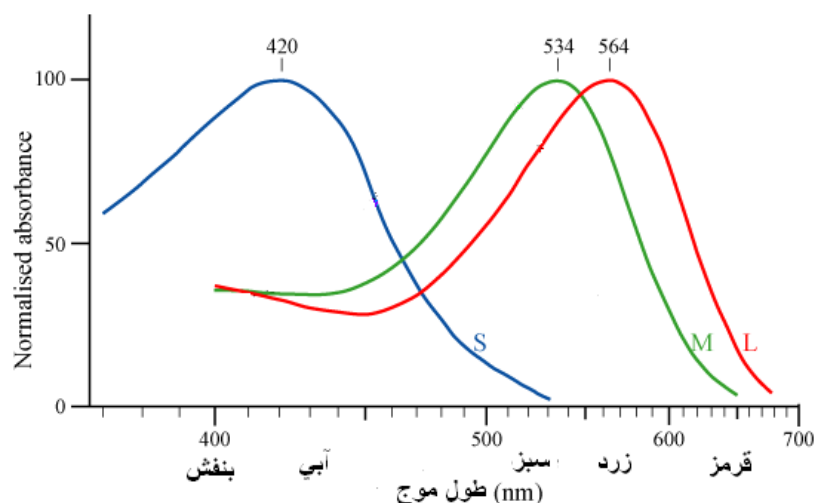
در انسان ۳ نوع سلول مخروطی وجود دارد که هر کدام از آنها به طول موج خاصی از نور حساسیت نشان می‌دهند: ۵۶۴ نانومتر (رنگ قرمز)، ۵۳۴ نانومتر (رنگ سبز)، ۴۲۰ نانومتر (رنگ آبی). از ترکیب این رنگها، مغز قادر به دیدن رنگهای طیف مرئی می‌شود.

در چشم انسان بیش از ۶,۵ میلیون سلول مخروطی وجود دارد که انسان را قادر می‌سازد بیش از یک میلیون رنگ مختلف را از یکدیگر تمییز دهد.

کوررنگی یکی از بیماریهای چشم است که به عملکرد نادرست یک یا حتی هر ۳ نوع سلول مخروطی بستگی دارد. افراد کوررنگ برخی (یا هیچکدام) از رنگها را تشخیص نمی‌دهند، چرا که سلولهای

مخروطی آنها فاقد رنگدانه‌هایی هستند که موجب دیدن رنگ‌ها می‌شوند. به همین دلیل این افراد برخی رنگ‌ها را به شکل طیفی از رنگ‌های خاکستری و سیاه می‌بینند.

منحنی ۲۰ نشان‌دهنده میزان تحریک هر کدام از ۳ نوع سلول مخروطی با توجه به طول موج می باشد.



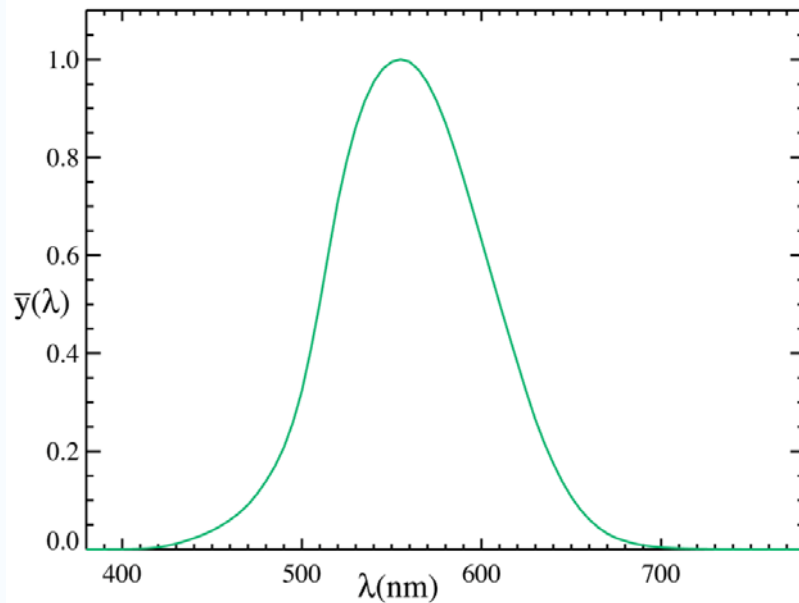
شکل ۲۰ - تحریک سلول های مخروطی وابسته به طول موج

بیشترین تمرکز سلول‌های مخروطی در لکه زرد (لکه کور روی شبکیه) است.

۳-۳) حساسیت چشم انسان به طیف نور

تحقیقات دانشمندان نشان می داد روشنی رنگهای مختلف برای چشم انسان متفاوت است و برای روشن دیدن رنگهای قرمز و آبی ، انرژی بیشتری نسبت به رنگهای زرد و سبز لازم است . از اینرو در سال ۱۹۳۱ منحنی حساسیت روشنی چشم انسان نسبت به رنگهای مختلف توسط CIE معرفی شد.

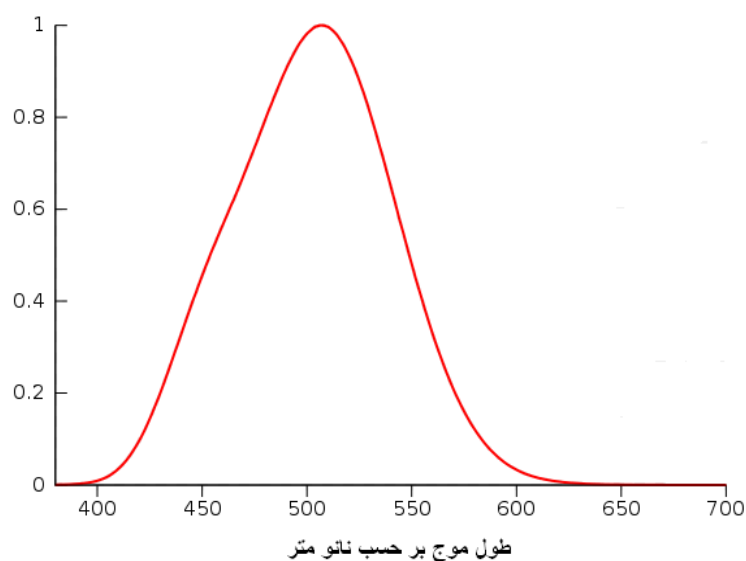
شکل ۲۱ - منحنی حساسیت روشنی چشم (Photopic) انسان به طیف مرعی را نشان می دهد .



شکل - ۲۱ منحنی حساسیت روشنی چشم انسان در روشنایی

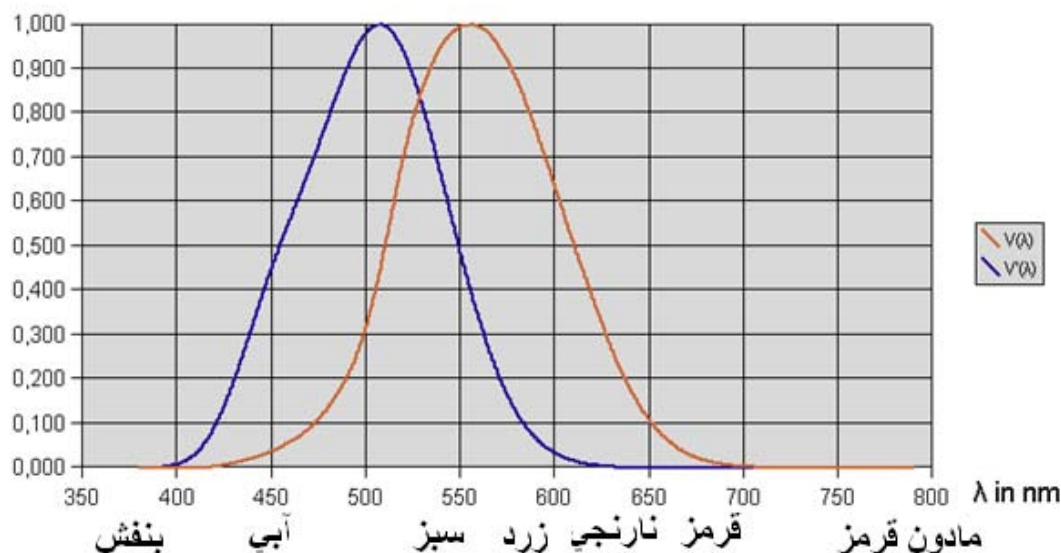
بیشترین حساسیت روشنی چشم در طول موج ۵۵۵ نانو متر (رنگ سبز) است.

بعدها مشخص شد که این منحنی حساسیت نوری در حالت تاریکی جوابگو نبوده و دقیق نمی باشد بطوری که در سال ۱۹۵۱ منحنی حساسیت روشنی چشم در تاریکی (Scotopic) بصورت شکل - ۲۲ توسط CIE معرفی شد که بیشترین حساسیت در طول موج ۵۰۷ نانومتر می باشد.



شکل - ۲۲ منحنی حساسیت روشنی چشم انسان هنگام تاریکی

شکل - ۲۳ منحنی حساسیت روشنی چشم در روشنایی (منحنی قرمز) و تاریکی (منحنی آبی) را برای مقایسه نشان می دهد.



شکل - ۲۳ منحنی حساسیت روشنی چشم انسان در تاریکی و روشنایی

۴ - ۳) اندازه گیری پارامترهای (کمیت‌های) نوری از فیزیکی

همانگونه که ذکر شد ملاک تشخیص و ارزیابی نور، چشم انسان است. بنابراین بایستی کلیه محاسبات و اندازه گیره ها بر اساس عملکرد چشم باشد.

هر کمیت نوری به با توجه به منحنی روشنی چشم بر اساس فرمول زیر از کمیت فیزیکی محاسبه می شود.

الف) در حالت روشنایی

$$X_v = K_m \cdot \int_0^{\infty} X_e \cdot V(\lambda) d\lambda \quad (9)$$

$$K_m = 683 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$$

الف) در حالت تاریکی

$$X_v = K'_m \cdot \int_0^\infty X_e \cdot V'(\lambda) d\lambda \quad (10)$$

$$K'_m = 1699 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$$

جدول ۲ - تعدادی از کمیتهای مهم فیزیکی را نشان می دهد.

جدول ۲ - معرفی تعدادی از کمیتهای فیزیکی

Abbr.	SI واحد	علامت	کمیت
W	watt	Φ_e	شار تشعشعی
$\text{W} \cdot \text{sr}^{-1}$	steradian per watt	I_e	شدت تشعشع
$\text{W} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$	square metrewatt per steradian per	L_e	تابندگی
$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$	watt per square metre	E_e	تابش

جدول ۳ - تعدادی از کمیتهای مهم نوری با توجه به کمیتهای فیزیکی را نشان می دهد.

جدول ۳ - معرفی تعدادی از کمیتهای نوری

معادل واحد	واحد	تعریف	کمیت نوری
$1 \text{ lm} = 1 \text{ sr} \cdot \text{cd}$	(lm)Lumen	$\Phi_v = K_m \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} \frac{\partial \Phi_e(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot V(\lambda) d\lambda$	شار نوری: Φ_v
$1 \text{ sr} = 1 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^2}$	(sr)Steradian	$\Omega = \frac{S}{r^2}$	زاویه فضایی Ω :
$1 \text{ lx} = 1 \frac{\text{lm}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{sr cd}}{\text{m}^2}$	(lx)Lux	$E = \frac{\partial \Phi}{\partial A}$	شدت روشنایی: E
$1 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{lm}}{\text{sr m}^2}$		$L = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \Omega \cdot \partial A_1 \cdot \cos \varepsilon_1}$	درخشندگی: L
$1 \text{ cd} = 1 \frac{\text{lm}}{\text{sr}}$	(cd)Candela	$I = \frac{\partial \Phi}{\partial \Omega}$	شدت نور: I_v

اینکه کدامیک از منحنی های حساسیت روشنی چشم برای محاسبه (و یا کالیبره کردن دستگاههای اندازه گیری) باید استفاده شود ، ملاک حداقل درخشندگی ، جهت تحریک سلول های مخروطی چشم بوده ، که بصورت زیر بر اساس استاندارد EN آمده است.

حالت روشن وقتی است که درخشندگی بیش از 1 cd/m^2 (در استاندارد DIN ، 30 cd/m^2) و کوچکتر از 1000 kcd/m^2

حالت تاریک وقتی است که درخشندگی کمتر از 0.01 cd/m^2 (در استاندارد DIN ، 0.003 ، 0.001 mcd/m^2) و بزرگتر از cd/m^2

البته مشکل وقتی بروز می کند که یک درخشندگی بین حالت‌های تعریف شده بالا باشد که به اصطلاح به آن حالت کم نوری (Mesopic) می گویند.

از آنجا که کلیه دستگاههای اندازه گیری برای حالتی که سلول های مخروطی چشم فعال شده می باشد پس بر اساس حساسیت روشنی چشم در حالت روشن کالیبره می شوند و مستقل از منبع نوری هستند.

بنابراین اندازه گیری کلیه پارامترهای نوری دیودهای نوری مانند سایر منابع نوری بوده و چشم انسان یعنی تحریک سلول های مخروطی تعیین کننده است نه طیف نور و یا نحوه تولید نور.

اخیراً شرکت تکنو تیم آلمان البته یک دستگاه لوکس متر برای تاریکی که بر اساس حساسیت روشنی چشم در تاریکی کالیبره شده تولید می نماید.

فصل ۴

مقایسه و ارزیابی دیودهای نوری با سایر منابع نوری از نظر کیفیت نور

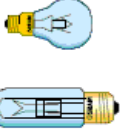
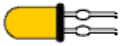
۱- ۴) منابع نوری

منابع نوری متداول عبارتند از لامپهای رشته ای ، لامپهای فلورسنت و لامپهای گازی . اساس عملکرد این لامپها بر گرفته از طبیعت است . لامپهای رشته ای مانند خورشید نور می دهند و از گرم شدن سیم تنگستن نور انتشار می یابد.

در خانواده لامپهای گازی انتشار نور بر اساس تخلیه الکتریکی بمانند برق آسمانی و یا جرقه کشیدن اتاق می افتد. لامپهای فلورسنت بمانند کرم شبتاب پرتوهای الکترو مغناطیسی (نامرئی) پس از برخورد به یک لایه فلورسنت به نور مرئی تبدیل می گردند.

برای LED نمی توان منبع نور مشابه طبیعی را معرفی نمود چرا که نحوه تولید نور توسط دیودهای نوری از تحریک اتم می باشد.

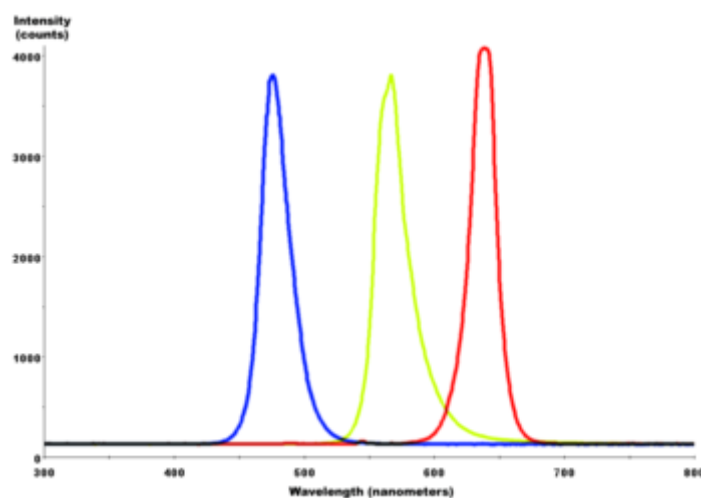
از اینرو در این فصل بعضی از مشخصات مهم منابع نوری متداول با دیودهای نوری مقایسه می شوند.

منبع نور طبیعی	Sonne 	 Blitz	Glühwürmchen 	
منبع نور مصنوعی	لامپ رشته ای 	لامپهای گازی کم یا پر فشار 	مهتابی 	LED 

شکل - ۲۴ مقایسه منابع نور طبیعی و مصنوعی

۲ - ۴) مشخصات طیفی نور منتشر شده LED

متفاوت از لامپهای رشته ای ، دیودهای نوری پرتوهای حرارتی تشعشع نمی کنند ، بلکه LED نور را در یک طیف محدود و مشخص منتشر می کند یعنی در واقع نور بصورت تک رنگ است بدین جهت کاربرد اولیه آنها برای چراغهای سیگنال و آلامر خلاصه می شده است (شکل -۲۵).



شکل - ۲۵ طیف نور دیودهای رنگی

بر اساس انتخاب مواد نیمه هادی و ناخالصی آنها ، مشخصه های نور تولیدی تغییر می کند. در اصل ناحیه طیفی بصورت زیر تغییر می کنند:

۱- آلومینیوم گالیوم آرسنید (AlGaAs) نور قرمز (۶۶۵ نانومتر) و مادون قرمز با طول موج ۱۰۰۰ نانومتر

۲- گالیوم آرسنید فسفید (GaAsP) و آلومینیوم ایندیوم گالیوم فسفید (AlInGaP) نور قرمز ، نانچی و زرد

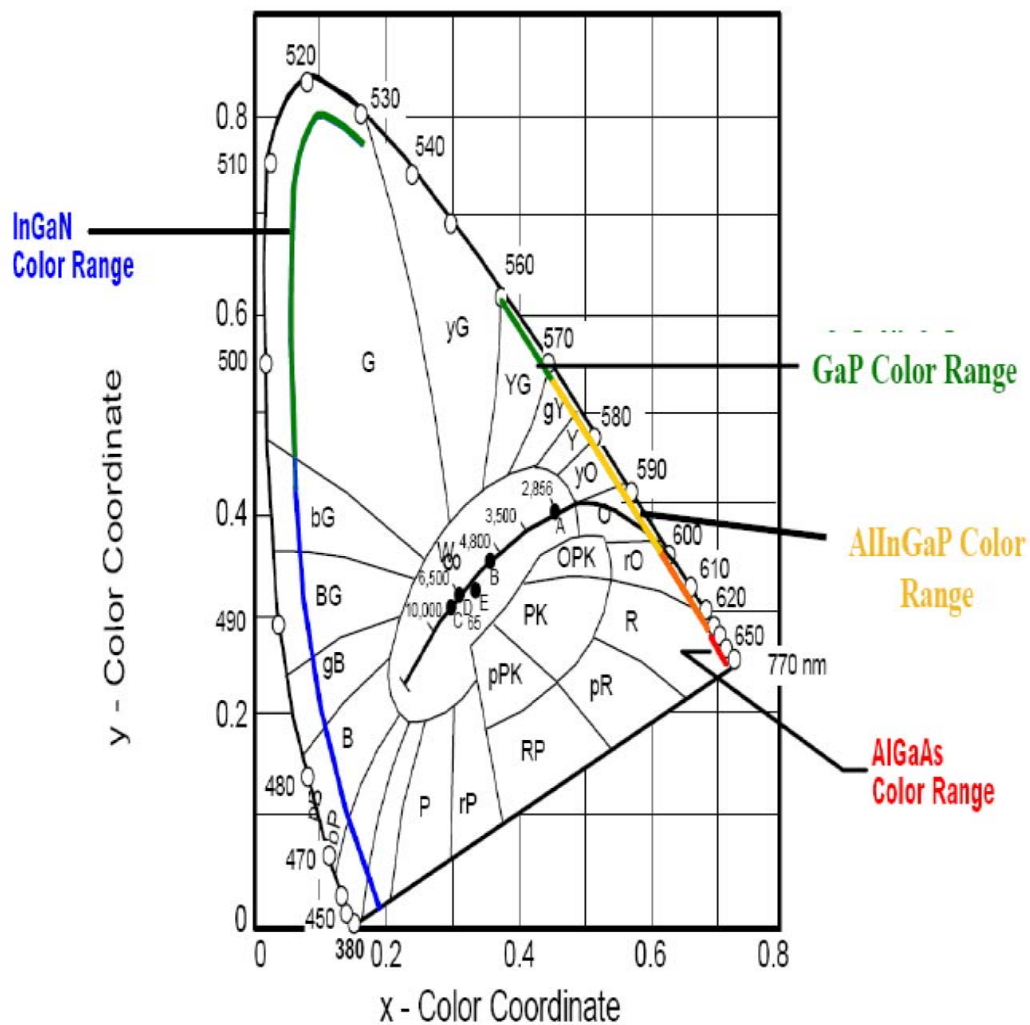
۳- گالیوم فسفید (GaP) نور سبز

۴- سیلیسیوم کاربید (SiC) نور آبی با بازدهی پائین

۵- زینک سلیند (ZnSe) نور آبی

۶ - ایندیوم گالیوم نیتريت (InGaN)، گالیوم نیتريت (GaN) نور آبی ، سبز و ماوراء بنفش

شکل - ۲۶ طیف تولید رنگ بعضی از دیودهای نوری بسته به مواد ساختمانی دیود در جدول رنگ xy نمایش داده شده است.



شکل ۲۶ - جدول رنگ مواد نیمه هادی دیود نوری

۳ - ۴) طول عمر (پیری)

طول عمر LED بر طبق تعریف عبارت است از مدت زمانی که میزان درخشندگی به میزان ۵۰٪ مقدار اولیه کاهش می یابد. دیودهای نوری روز به روز طول عمر آنها کاهش می یابد. ولی احتمال اینکه LED یکدفعه خاموش شود خیلی کم است. آنها در مقابل شوکهای الکتریکی و مکانیکی غیر حساس بوده و همچنین سوراخ شدن (شکسته شدن) بدنه و منفجر شدن را نیز ندارند.

طول عمر LED بستگی به نوع نیمه هادی و شرایط بهره برداری بخصوص درجه حرارت دیود، درجه حرارت محیط اطراف و همچنین جریان دارد. بطور معمول طول عمر دیود نوری به چند هزار ساعت بالغ می شود. در صورتیکه در جریان پائین راه اندازی شود طول عمر تا ۱۰۰۰۰۰ ساعت برآورد می شود.

درجه حرارت بالا (جریان بالا) بشدت طول عمر را کاهش می دهد. برای LED های توان بالا با عملکرد در نقطه کار طول عمری بین ۱۵ تا ۳۰ هزار ساعت تخمین می زنند. حداقل طول عمر LED های توان بالا بایستی ۱۰ هزار ساعت باشد.

پیری LED بخاطر افزایش تخریب کریستالها بر اثر درجه حرارت می باشد. نواحی (کریستالهای) تخریب شده دیگر نور تولید نمی کنند یعنی بمرور نور LED کاهش می یابد.

یک دلیل دیگر برای کاهش عمر بکارگیری مواد نامناسب در ساختمان LED می باشد. بطور مثال ظاهر شدن خستگی بخاطر ارتباطات پیوندی و یا چسبندگی نامناسب مواد ساختمانی . این عملکرد اشتباه به اصطلاح خارج شدن کلی (B) معروف است. بعنوان مثال بر روی مشخصه فنی یک LED ، B50 برای ۱۰۰ هزار ساعت نوشته شده یعنی ۵۰٪ کل لامپهای تست شده بعد از ۱۰۰ هزار ساعت کاملاً از کار افتاده اند. البته حالت B10 نیز بمعنای این است که کلاً ۱۰٪ از کل لامپهای تست شده بعد از ۱۰۰ هزار ساعت از کار افتاده اند.

جدول - ۴ طول عمر نمونه تعدادی از لامپهای موجود در بازار را نشان می دهد.

جدول ۴- مقایسه طول عمر دیودهای نوری با سایر منابع نوری

طول عمر بر حسب ساعت	نام لامپ
1000	لامپ رشته ای
2000	HALOPAR لامپ هالوژن
4000	HALOSTAR لامپ هالوژن
5000	DECOSTAR لامپ هالوژن
8000	SIG لامپ هالوژن
20000	لامپ بخار جیوه
15000	لامپ متال هالید
10000	لامپهای کم مصرف
8000	T10 مهتابی
24000	T5, HO HIGH OUTPUT مهتابی
16000	بخار سدیم پر فشار
330	H7, (B3) لامپ اتومبیل
2000	D2, (B3) لامپ اتومبیل
20000 - 60000	LED

۴- ۴) رنگ و تکنولوژی

همانگونه که اشاره شد دیودهای نوری در حالت عادی نور با طیف باریک (تک رنگ) تولید می کنند و جهت تولید رنگهای سفید با یستی از تکنولوژی های جدیدی استفاده کرد.

۵- ۴) LED سفید

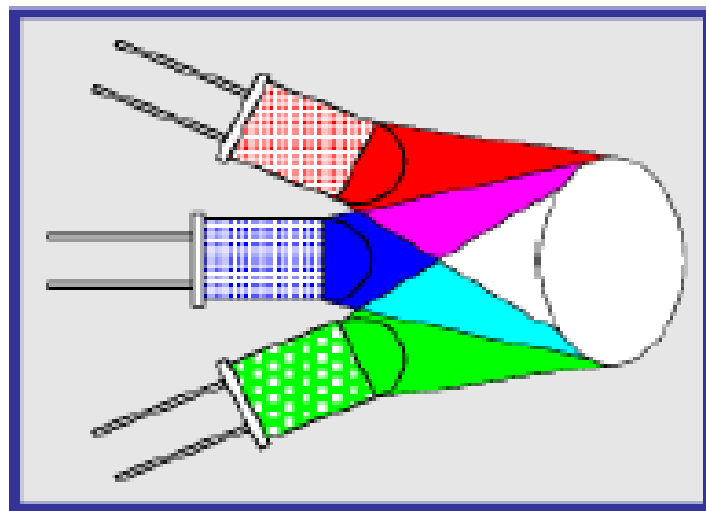
از آنجا که LED ها در اصل قادر به تولید سه رنگ اصلی قرمز ، سبز و آبی هستند ، بمنظور تولید نور سفید روشهای متفاوتی وجود دارد.



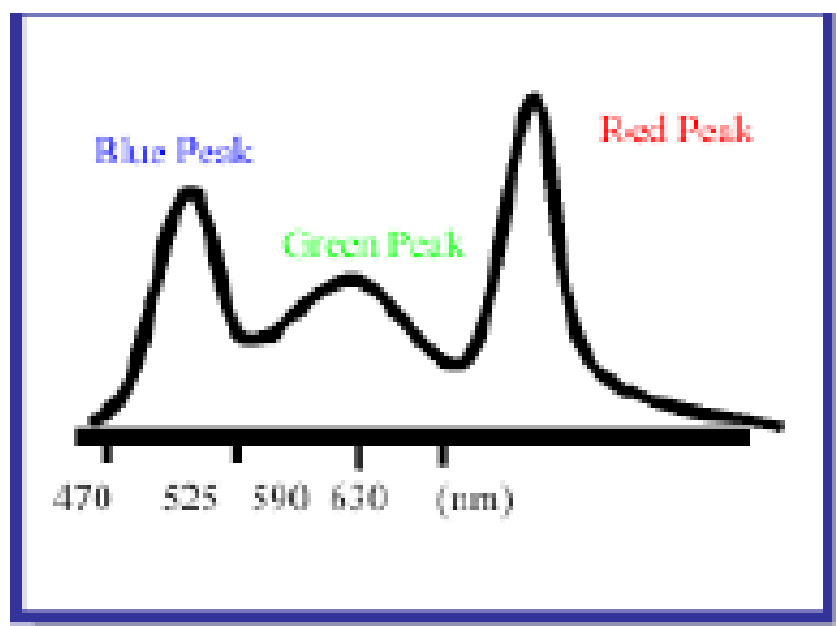
شکل - ۲۷ LED های سه رنگ اصلی

۱- ۵- ۴) ترکیب رنگها

از ترکیب ۳ LED به رنگهای قرمز ، آبی و سبز ویا ترکیب ۲ LED به رنگهای زرد و آبی نور سفید تولید می شود. بمنظور ترکیب مناسب رنگها استفاده از تجهیزات نوری از جمله عدسی ضروری می باشد. بخاطر مسائل عملی هر سه LED در یک المان دیودی کنار هم قرار می گیرند. شکلهای - ۲۸ و ۲۹ تولید رنگ سفید از طریق ترکیب رنگها را نشان می دهد.



شکل - ۲۸ تولید نور سفید از طریق ترکیب دیودهای رنگی

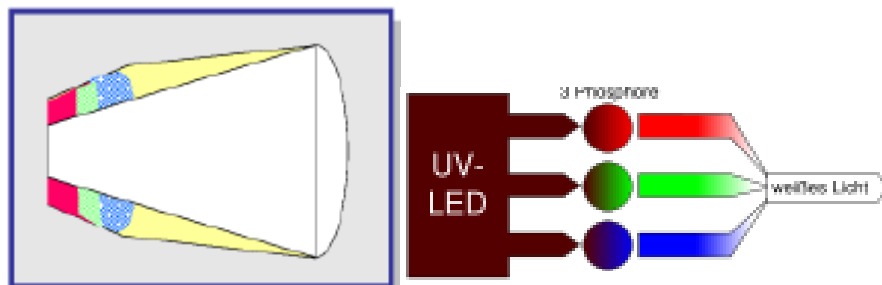


شکل - ۲۹ طیف نور سفید تولیدی از ترکیب دیودهای نوری

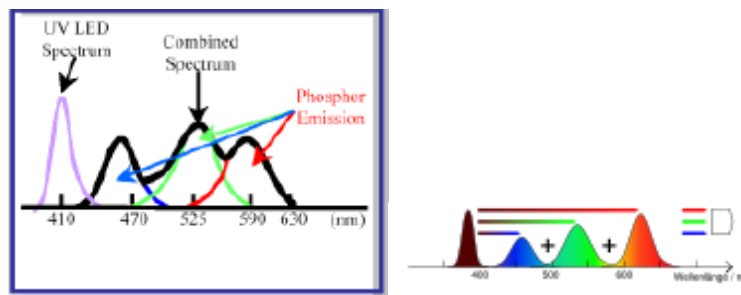
مزیت این روش دامنه وسیع تولید رنگهای متفاوت ، کنترل دینامیک و تعیین یک حد واسط میان ضریب بهره و ضریب برگرداندن رنگ می باشد. معایب این روش پیچیده بودن کنترل و قیمت بالای آن است.

۲ - ۵ - ۴) مواد رنگی فلورسنت

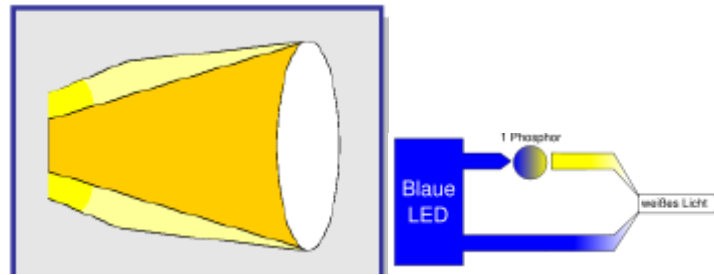
در این حالت از تکنیک تولید نور سفید مانند لامپهای فلورسنت استفاده می شود. در این روش از یک دیود نوری با نور ماوراء بنفش و یا آبی (طول موج کوتاه و انرژی بالا) و همچنین مواد درخشنده نوری (فلورسنت) استفاده شده و امواج به طول موج بلند (نور مرئی) و انرژی کمتر تبدیل می شود. انتخاب نوع ماده متنوع است و تأثیر به سزایی در کیفیت لامپ و نور لامپ دارد.



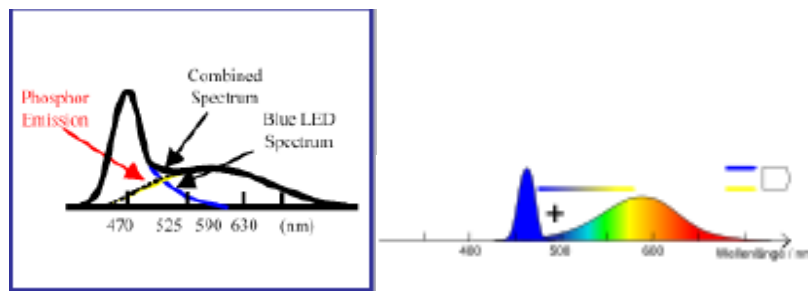
شکل - ۳۰ تولید رنگ سفید از طریق دیود نوری ماوراء بنفش و فلورسنت قرمز ، سبز و آبی



شکل - ۳۱ طیف نورنمایی از دیود نوری ماوراء بنفش و فلورسنت قرمز ، سبز و آبی



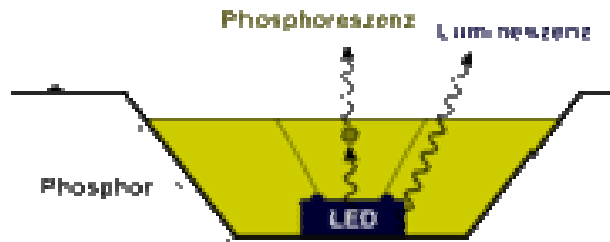
شکل - ۳۲ تولید رنگ سفید از طریق دیود نوری آبی و فلورسنت زرد



شکل - ۳۳ طیف نورناشی از دیود نوری آبی و فلورسنت زرد

استفاده از مواد فلورسنت بدلیل اینکه تولید رنگ قرمز به مقدار کافی نیست حداکثر دارای ضریب برگرداندن رنگ تا ۹۰ می باشد. در صورتیکه ضخامت ماده فلورسنت متفاوت باشد یک حالت غیر همگن در رنگ نور تولیدی بوجود می آید.

در این روش مانند لامپهای مهتابی LED سفید با درجه حرارت های متفاوت تولید می شود. حالت معمول سفید سرد با نور روز با درجه حرارت رنگ ۵۵۰۰ تا ۶۰۰۰ کلوین و یا نور سفید گرم مانند لامپهای رشته ای با درجه حرارت رنگ ۲۷۰۰ تا ۳۰۰۰ کلوین می باشند.



شکل -۳۴ تولید نورسفید توسط LED آبی و فلورسنت زرد

مزایای این روش علیرغم اینکه طیف مجموع از سه طیف مجزای باریک تشکیل شده اما ضریب برگرداندن رنگ مناسب دارد و همچنین ساده بودن روش از مزایای دیگر آن است . معایب این روش عبارتند از رنگ ثابت ، بازدهی (بهره نوری) پایین ، حساسیت به درجه حرارت و پایین بودن طول عمر است.

جدول -۵ ضریب برگرداندن رنگ مرسوم تعدادی از لامپهای نمونه را نشان می دهد

جدول - ۵ ضریب برگرداندن رنگ منابع نوری

نام لامپ	ضریب برگرداندن رنگ
رشته ای	۱۰۰
کم مصرف	۸۰
بخار سدیم پر فشار	۷۰ - ۹
مهتابی	۹۵
بخار جیوه	۳۰ - ۱۵
متال هالید	۹۰ - ۶۰
دیود های نوری	تا ۹۵

۶- ۴) تقسیم بندی LED

بر اساس استاندارد در خیلی از کاربردهای نوری نیاز به یک رنگ نور بخصوص است. بخاطر شرایط و مراحل تولید ممکن است برای یک نوع LED یک سازنده، تفاوت رنگ مشاهده شود. بطور عموم سازندگان یک ناحیه جهت رنگ نور تعریف می کنند. تقسیم بندی رنگ نور LED بصورت ظریف و دقیق بصورت کلاس رنگ انجام می شود. برای LED های سفید اصطلاح Flux bin مرسوم بوده که در آن ولتاژ آستانه، بهره نوری و همچنین نواحی که در هر کدام بیشترین و یا کمترین رنگ نور وجود دارد مشخص می شود. بعبارتی دیگر موقعیت رنگ در هر ناحیه مربوط به ترکیب رنگ یعنی (قرمز، سبز و آبی) نیست بلکه درجه حرارت رنگ LED می باشد.

LED های رنگی با میزان تولورانس طیف رنگی مشخص می شوند.

جدول ۶- کلاس بندی دیودهای نوری بر حسب درجه حرارت رنگ را نشان می دهد.

جدول - ۶ کلاس بندی دیودهای نوری

درجه حرارت بر حسب کلوین	نام کلاس رنگ
۶۵۰۰	D1
۵۷۰۰	D2
۵۰۰۰	N1
۴۵۰۰	N2
۴۰۰۰	W1
۳۵۰۰	WW1
۳۰۰۰	L1
۲۷۰۰	L2

۷- ۴) تن رنگ (سیر یا کم رنگ بودن)

علاوه بر رنگ عادی نور دیودهای نوری، تن رنگ یعنی سیر تر یا کم رنگ تر کردن رنگ هم کاربرد وسیعی در موارد استفاده این منابع نوری دارد، بطوریکه مخصوصاً در کلیدهای موبایل این اثر مشهود است. بطور مثال در صورتیکه لایه فلورسنت یک LED آبی، زرد باشد نور سفید تولید می گردد. اگر فلورسنت قرمز باشد رنگ صورتی تولید می گردد. در صورتیکه یک طیف آبی نه یک تک رنگ آبی مورد نظر باشد بایستی که لایه فلورسنت زرد خیلی کم باشد تا یک طیف آبی (تن آبی) تولید گردد.

بطور کلی برای تولید رنگهای متفاوت از LED یک قانون وجود دارد که طول موج کوتاه قادر به تولید طول موج بلند هستند یعنی LED آبی با یک ماده فلورسنت قادر به تولید نور قرمز است ولی برعکس تولید نور آبی توسط LED با نور قرمز ممکن نیست.

۸- ۴) بهره نوری

جدول ۷- بهره نوری تعدادی از انواع لامپهای مرسوم را نشان می دهد.

جدول ۷- مقایسه بهره نوری دیودهای نوری با سایر منابع نوری

نام لامپ	ضریب بهره نوری بر حسب لومن بر وات
رشته ای	۱۰ - ۱۵
هالوژنه	۱۳ - ۲۵
بخار جیوه	۴۰ - ۶۰
کم مصرف	۴۰ - ۷۰
مهتابی	۶۰ - ۱۰۰
هالوژنه بخار فلزی	۷۰ - ۱۲۰
گازی بخار سدیم پر فشار	۷۰ - ۱۴۰
گازی بخار سدیم کم فشار	۱۰۰ - ۲۰۰
دیودهای نوری	۱۰ - ۱۰۰

فصل - ۵

روند توسعه و آخرین پیشرفتهای جهانی در زمینه تولید و کاربرد دیودهای نوری

۱ - ۵) وضعیت تکنولوژی

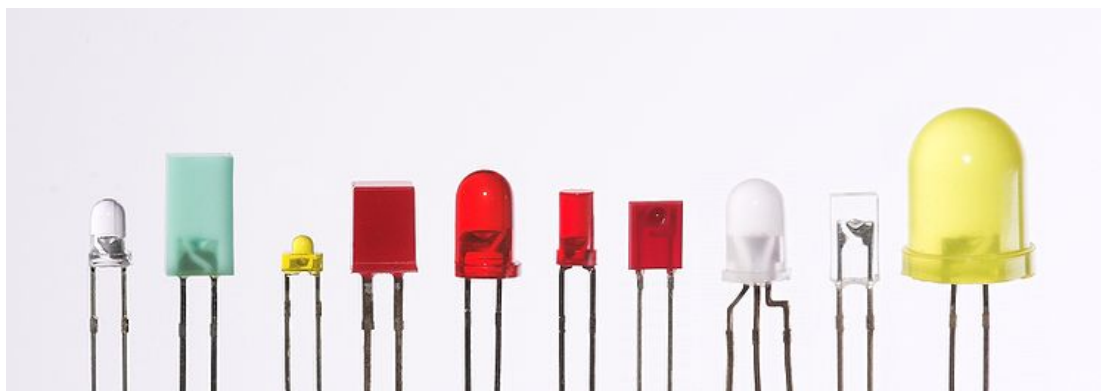
از نظر تئوری حداکثر بهره نوری یک LED سفید با درجه حرارت رنگ ۶۶۰۰ کلوین (سفید سرد) نمی تواند به بیش از ۳۵۰ لومن بر وات برسد. مقدار شار نوری بستگی به رنگ نور دارد. بهره نوری LED با نور گرم سفید به مراتب کمتر از نور سفید سرد است. در حال حاضر هر چه توان LED بیشتر باشد بازدهی آن بدتر می شود بطوریکه بازدهی نور LED با توان حدود ۰,۱ وات در آزمایشگاه به ۱۶۰ لومن بر وات رسیده است در صورتیکه یک LED با توان ۱ وات بهره نوری آن حداکثر ۱۰۰ لومن بر وات می تواند باشد. علت این امر وابستگی شدید بهره نوری LED به درجه حرارت است. در اکثر موارد بهره نوری ارائه شده توسط سازنده کمتر از مقدار اندازه گیری شده با توجه به درجه حرارت محیط کار می باشد.

کاهش درجه حرارت علاوه بر اینکه بهره نوری را افزایش می دهد باعث افزایش طول عمر هم می شود. مسأله خنک سازی و همچنین بمنظور بالا بردن توان نامی LED کنار هم قرار دادن آنها پدیده ای پیچیده بوده که زمانبر و پر هزینه است.

بازدهی LED با در نظر گرفتن راه انداز به ۷۰ تا ۹۵ درصد کاهش پیدا می کند. در حال حاضر بهره نوری این لامپها با در نظر گرفتن راه انداز ۳۰ تا ۸۰ لومن بر وات است. بهره نوری LED از لامپهای رشته ای و هالوژنه بیشتر اما از لامپهای فلورسنت و فلورسنتهای فشرده (لامپ کم مصرف) کمتر است. بهره نوری لامپهای فلورسنت با در نظر گرفتن راه انداز و قابهای منعکس کننده بین ۵۰ تا ۷۰ لومن بر وات است. از آنجا که واحد شار نوری یعنی لومن بر اساس منحنی حساسیت چشم انسان به طیف نوری اندازه گیری می شود بهترین بهره نوری در محدوده سبز تا قرمز است یعنی LED آبی بهره نوری پائینی دارد. بدون در نظر گرفتن تلفات راه انداز ، بازدهی فیزیکی تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی نورانی حداکثر به ۳۰٪ بالغ می شود.

اواسط دسامبر ۲۰۰۶ یک LED از کارخانه نی چیا Nichia در آزمایش کارخانه ای در آزمایشگاه یک رکورد بهره نوری را ثبت نموده بطوریکه به بهره نوری ۱۵۰ لومن بر وات رسیده که معادل بهره نوری یک لامپ گازی پر فشار سدیمی است. در سپتامبر ۲۰۰۷ کری Cree در آزمایشگاه یک LED با نور سفید سرد با شار نوری ۱۰۰۰ لومن و بهره نوری ۷۲ لومن بر وات و یک LED با نور سفید گرم با شار نوری ۷۶۰ لومن و بهره نوری ۵۳ لومن بر وات را انجام داده است.

در می سال ۲۰۰۹ یک LED توسط نی چیا با بهره نوری ۱۶۰ لومن بر وات البته توان پایین حدود ۱۰۰ میلی وات را گزارش کرده است. در سپتامبر ۲۰۰۹ کری یک LED با نور سفید سرد و توان ۱ وات و بهره نوری ۱۳۹ لومن بر وات را ثبت نموده است.



شکل - ۳۵ شمای تعدادی دیودهای نوری

۲ - ۵) کاربرد

مدت زمان طولانی پس از تولید LED بخاطر کم بودن ضریب بهره نوری و همچنین در دسترس نبودن تمام رنگها کاربرد آنها تنها به نمایشگرها، چراغ های راهنمایی محدود بوده اما از سال ۲۰۰۰ کاربرد LED جهت مصارف روشنایی شروع شده است. تعدادی از کاربردهای LED بصورت زیر آمده است:

۱- نشان دهنده وضعیت بطور مثال خاموش و روشن بودن دستگاهها

۲- روشنایی

- ۳- LED مادون قرمز بطور مثال در دوربین های دید در شب
- ۴- ارسال نور بصورت پیغام که معمولاً از طیف مادون قرمز غیر مرئی استفاده می شود
- ۵- برای تنظیم کردن دستگاهها
- ۶- اپتوکوپلر
- ۷- برگرداندن اطلاعات بطور مثال تن رنگ را بصورت دیجیتال درآوردن
- ۸- نمایشگرها و نشان دهنده ها
- ۹- در صنعت موبایل
- ۱۰- چراغهای راهنمایی
- ۱۱- دستگاههای اندازه گیری
- ۱۲- نشان دهنده های LED قرمز و زرد در جاهائیکه تطابق چشمی تاریک مخدوش نشود بطور مثال در چراغهای کمکی فرودگاهها ، پل های کشتی
- ۱۳- چراغهای دوچرخه ها
- ۱۴- موس های نوری کامپیوتر
- ۱۵- صفحات نمایش دستگاههای اندازه گیری
- ۱۶- در خودروهای اورژانسی و کمکهای اولیه
- ۱۷- روشنایی خیابان ها
- ۱۸- تلوزیون و مانیتورها
- ۱۹- در موزه ها که نیاز به لامپهای بدون امواج ماوراء بنفش ویا مادون قرمز است
- ۲۰- نور پیش زمینه برای صفحات LCD
- ۲۱- روشنایی داخل ساختمانها
- ۲۲- روشنایی نمای ساختمانها

۲۳ - صفحات نمایش در روز

۲۴ - فلاش دوربین‌ها و موبایلها

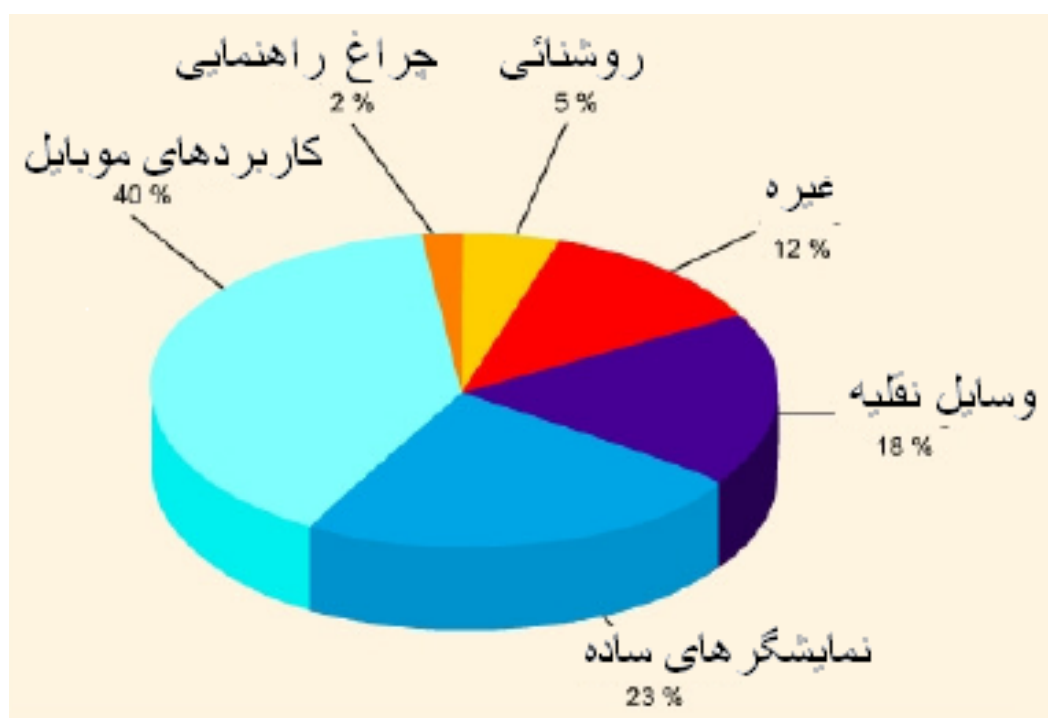
۲۵ - در صنعت پزشکی

۲۶ - ولتاژ مرجع (بجای دیود زنر)

۲۷ - آتش نشانی

۲۸ - در خودروها ، از آنجا که بهره نوری این لامپها از لامپهای هالوژنه بیشتر شده است کاربرد آنها در چراغهای خطر و عقب خودروها از سال ۲۰۰۴ و در چراغهای جلو از سال ۲۰۰۸ مرسوم شده است.

شکل - ۳۶ کاربرد LED در سال ۲۰۰۷ را نشان می دهد.



شکل - ۳۶ کاربرد LED در سال ۲۰۰۷

همانطور که شکل - ۳۵ نشان می دهد ۴۰٪ از کاربرد LED در صنعت موبایل بوده ، ۲۳٪ در نمایشگرهای ساده ، ۱۸٪ در چراغهای خودرو و تنها ۵٪ بعنوان روشنایی مورد استفاده قرار گرفته است.

۳-۵) روند توسعه و پیشرفت دیودهای نوری

تولید کنندگان LED با هدف بالا بردن بهره نوری و بازدهی تحقیقات خود را ادامه می دهند .

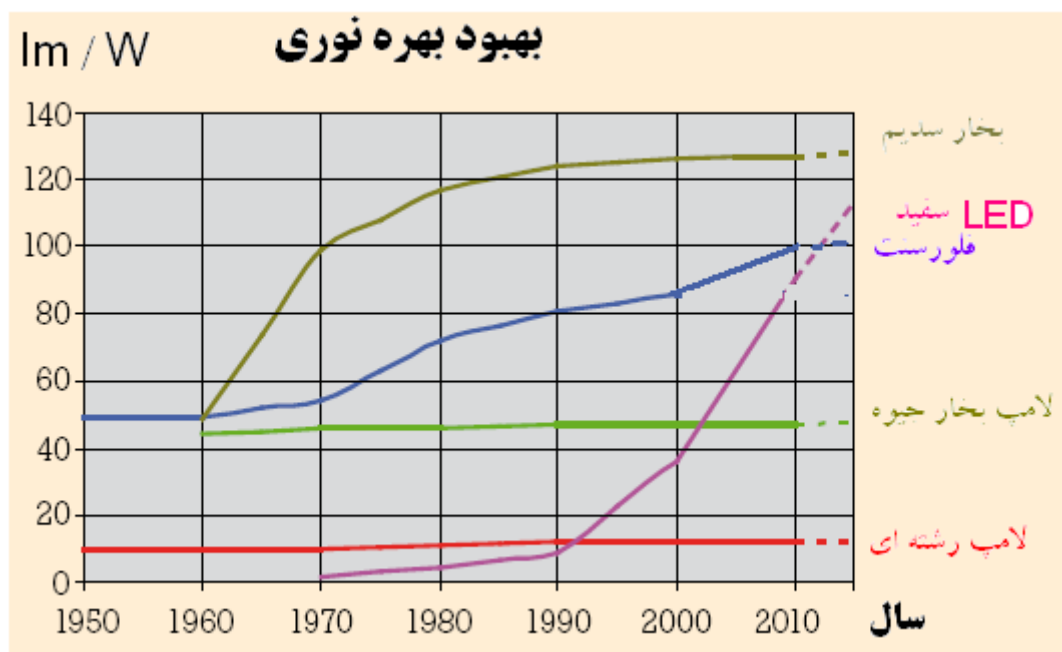
شکل ۳۷- وضعیت پیشرفت تکنولوژی لامپ های مختلف را از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۱۰ میلادی را نشان می دهد.

همانگونه که ملاحظه می شود از سال ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۰ لامپهای گازی بخار سدیم پر فشار با سرعت زیادی ارتقاء پیدا کرده اند بطوریکه بازدهی نوری از ۵۰ به حدود ۱۲۰ لومن بر وات رسیده است . در حال حاضر ماکزیمم بهره نوری به حدود ۱۴۰ لومن بر وات رسیده است.

اوج پیشرفت تکنولوژی لامپهای فلورسنت بین سالهای ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۳ می باشد و بهره نوری از ۵۰ تا ۱۰۰ لومن بر وات رشد کرده و در حال حاضر نیز کمی بیش از ۱۰۰ لومن بر وات است.

لامپهای رشته ای و بخار جیوه پیشرفت سریع و قابل توجهی پس از اولین ورود به بازار نداشته اند.

همانگونه که ملاحظه می شود دیودهای نوری که از سال ۱۹۷۰ به بازار معرفی شدند از سال ۱۹۹۰ رشد سریع پیشرفت تکنولوژی خود را شروع کرده اند. بنابراین آینده دیودهای نوری با توجه به سرمایه گذارهای وسیع کشورهای صنعتی در زمینه پروژه های تحقیقاتی همچنان روند رو به رشد خود را ادامه خواهد داد.



شکل ۳۷- روند رو به رشد بهره نوری منابع نوری مختلف

فصل ۶ -

محدودیت های موجود کاربرد LED (OLED) و همچنین زمینه های تحقیقاتی موجود

۱ - ۶) محدودیت کاربرد دیود های نوری LED

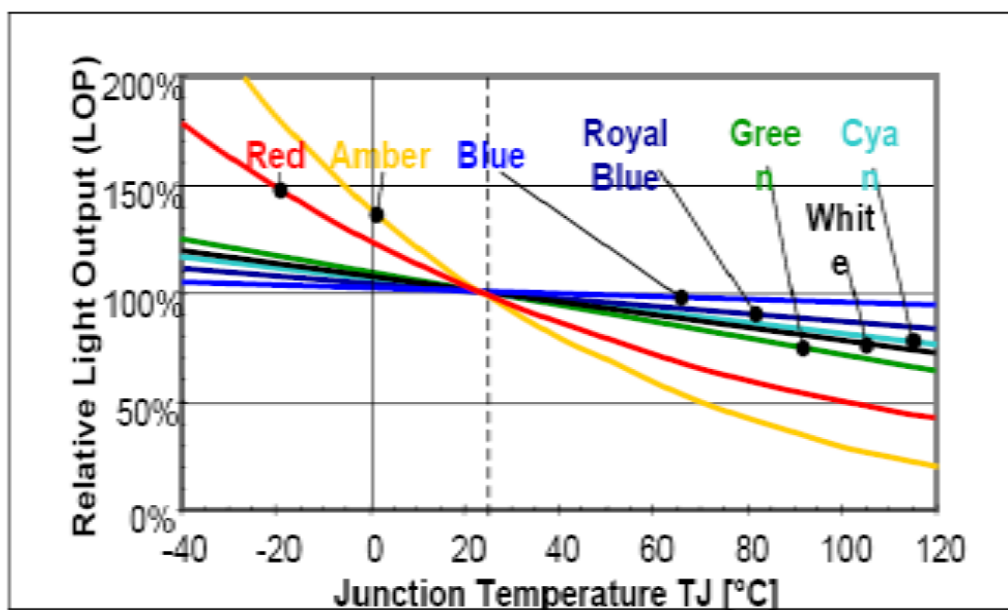
با توجه به مزایای دیودهای نوری که در فصل دوم به آن اشاره شد به دلایل زیر هنوز این منابع نوری کاربرد وسیعی پیدا نکرده اند.

*قیمت بالا:

قیمت دیودهای نوری نسبت به سایر منابع نوری بالاتر است بطوریکه هزینه تولید بآزاء یک وات بیش از یک دلار می باشد.

*وابستگی به درجه حرارت :

یکی از مشکلات اساسی فعلی LED وابستگی شدید عملکرد آنها یعنی بهره نوری و حتی طول عمر به درجه حرارت آن می باشد. شکل - ۳۸ وابستگی بهره نوری تعدادی دیود نوری رنگی نمونه به درجه حرارت محیط (و یا LED) را نشان میدهد. همانگونه که ملاحظه می شود افزایش درجه حرارت باعث کاهش شار نوری (طول عمر) دیودهای نوری تا ۲۰٪ مقدار نامی می گردد و برعکس کاهش درجه حرارت باعث افزایش بهره نوری تا بیش از ۲۰۰٪ مقدار نامی می تواند گردد.



شکل - ۳۸ وابستگی میزان شار نوری (ضریب بهره نوری) دیودهای نوری به درجه حرارت

از اینرو یکی از کاربردهای مفید دیودهای نوری در محیط های سرد است بطوریکه در آمریکا استفاده از لامپ LED در فریزر فروشگاههای بزرگ مرسوم شده است.

*حساسیت به ولتاژ

عملکرد دیود نوری و حتی نوع رنگ خروجی ارتباط مستقیم به ولتاژ اعمالی دارد و تغییرات ولتاژ عملکرد دیود را مخدوش می نماید.

*بهره نوری پایین

ضریب بهره نوری دیودهای نوری نسبت به لامپهای گازی سدیم و فلورسنتهای T5, T8 پایین تر بوده و از نظر کمتر مصرف کردن انرژی الکتریکی بعنوان یک عیب بحساب می آید.

*انتشار نور در یک زاویه خاص،

از آنجا که دیود های نوری نور را تنها در یک زاویه خاص منشر می کنند نمی توان LED را بصورت یک منبع جهت روشنائی تمام فضا بکار برد.

*آلودگی نور آبی ،

از آنجا که تولید نور سفید بیشتر توسط LED آبی و مواد فلورسنت انجام می شود ،آلودگی نور آبی وجود دارد.

*توان و شار نوری پایین

در بسیاری از کاربرد منابع نوری احتیاج به یک منبع نوری با توان و شار نوری بالاست که در حال حاضر حداکثر توان دیود نوری پر قدرت حدود ۴۰ وات می باشد.

*راه انداز LED جریانی

یک LED وقتی که درجه حرارت آن به بیش از ۱۵۰ درجه سلسیوس برسد ساختمان کریستالی آن مخدوش شده و دیگر قادر به تولید نور نخواهد بود. البته بعضی از سازندگان حد نهایی حرارت را ۲۰۰ درجه سلسیوس در نمونه های خاص اعلام کرده اند. منحنی مشخصه ولتاژ-جریان LED مشخص می کند به ازاء یک جریان ثابت چه ولتاژی مورد نیاز می باشد. برای یک مصرف کننده اهمی میزان جریان بصورت خطی با تغییرات ولتاژ افزایش و یا کاهش می یابد. در صورتیکه برای LED کاملاً این مسأله متفاوت است و یک تغییرات کوچک در ولتاژ باعث تغییرات بزرگ در مقدار جریان می گردد.

بعنوان مثال یک LED سفید نیکل کادمیوم برای ولتاژ ۲,۴ ولت خاموش می ماند برای ولتاژ ۳ ولت به ۳۰٪ مقدار نامی ، ولتاژ ۳,۴ ولت به ۱۰۰٪ جریان نامی و ولتاژ ۳,۶ ولت به ۱۵۰٪ مقدار جریان نامی (شار نوری) می رسد و در صورتیکه دیود مجهز به رادیاتور و فن نباشد این اضافه جریان باعث سوختن و از بین رفتن LED می گردد. از اینرو LED احتیاج به یک محدود کننده جریان و یا بعبارت دیگر یک جریان ثابت دارد. در ادامه انواع تجهیزات کمکی جهت ثابت نگه داشتن جریان LED ارائه می گردد.

استفاده از مقاومت اهمی

یک راه اندازی راحت و ساده استفاده از مقاومت اهمی است . این مقاومت بصورت سری با LED وصل می گردد.

برای یک منبع ولتاژ ثابت U_0 و جریان نامی بار I و همچنین افت ولتاژ مستقیم دو سر دیود U_{LED} مقدار مقاومت اهمی بصورت زیر محاسبه می شود.

$$R = (U_0 - U_{LED})/I \quad (10)$$

برای مثال :

$$U_0 = 4.5 \text{ V}$$

$$U_{LED} = 3.4 \text{ V}$$

$$I = 350 \text{ mA}$$

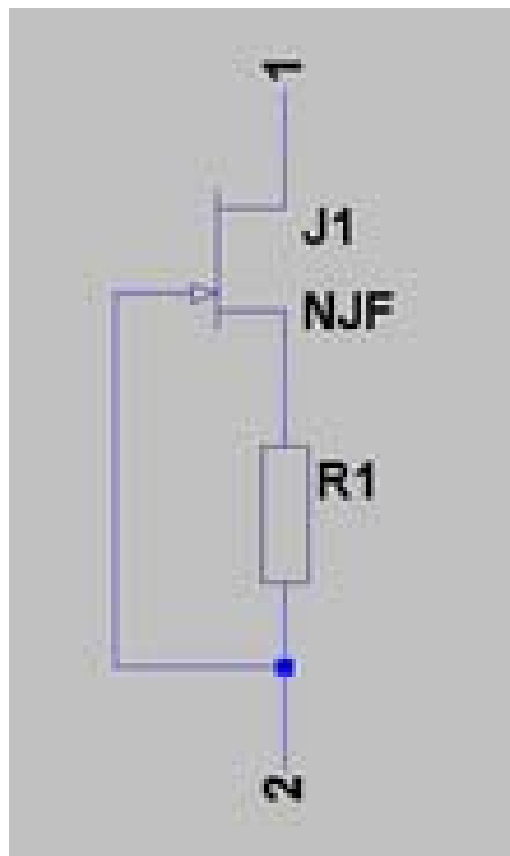
که مقدار مقاومت راه انداز ۳,۱ اهم محاسبه می شود. البته برای منابع ولتاژ بایستی مقاومت داخلی منبع نیز در محاسبات لحاظ گردد یعنی برای جریان نامی I بایستی که ولتاژ خروجی منبع ، نه ولتاژ نامی مد نظر قرار گیرد.

استفاده از مقاومت اهمی کمکی برای جاهای که جریان تغییرات زیاد دارد یک عیب و نقطه ضعف محسوب می شود چرا که باعث تغییرات در ولتاژ تأمین کننده می شود. بطور مثال در سیستم ۱۲ ولت خودروها برای سه دیود ۳,۴ ولت ، ولتاژ ۱,۸ ولت دو سر مقاومت کمکی خواهد بود که برای جریان نامی ۳۵۰ میلی آمپر ، مقدار مقاومت ۵,۲ اهم خواهد بود. با شارژ باتری به میزان ۱۴ ولت یعنی افزایش ۱۶٪ ، جریان مدار به ۷۰۰ میلی آمپر یعنی ۲۰۰٪ افزایش می یابد. بنابراین وجود مقاومت کمکی در این حالت مفید و موثر نمی تواند باشد.

منبع جریان ثابت ترانزیستوری

بسته به کاربرد و نوع LED این یک امتیاز محسوب می شود که LED با یک جریان ثابت راه اندازی شود. از اینرو وابستگی مقدار مقاومت کمکی از ولتاژ منبع رفع می گردد. LED می تواند در یک دامنه ولتاژی بیشتر با جریان ثابت کار کند. در واقع منبع جریان ثابت بوسیله ترانزیستور و یا مدار بسته الکترونیکی با فیدبک تأمین می گردد.

شکل - ۳۹ یک امکان عملی منبع جریان ثابت با یک ترانزیستور JFET را نشان می دهد. که در واقع با LED بصورت سری بوده و به منبع ولتاژ وصل می گردد.



شکل - ۳۹ منبع جریان ثابت با استفاده از ترانزیستور

بر حسب انتخاب R1 می توان میزان جریان LED را تعیین کرد. البته این مقاومت به مشخصات ترانزیستور وابسته است نه به ولتاژ منبع تغذیه. در واقع جریان دیود بصورت زیر تقریباً ثابت می ماند.

$$I_D = U_{GS}/R1 \quad (11)$$

که U_{GS} ولتاژ بین گیت و سورس ترانزیستور می باشد.

با این روش ولتاژ منبع می تواند تا ۱۰۰ ولت افزایش پیدا کند و همچنان جریلن مدار ثابت بماند. البته باید توجه داشت افزایش ولتاژ باعث افزایش تلفات ترانزیستور نیز می گردد.

تنظیم کننده سوئیچی (مبدل)

در هر دو سیستم قبلی اشاره شده افزایش ولتاژ منبع بمنظور جلوگیری از صدمه دیدن LED بصورت تلفات انرژی حرارتی به هدر می روند. بمنظور کاهش تلفات و افزایش بهره وری سیستم تنظیم کننده سوئیچی معرفی شده است.

سیستم تنظیم کننده سوئیچی در واقع یک مبدل DC به DC می باشد که با یک جریان ثابت خروجی و تغییرات انرژی مانند عملکرد یک ترانسفورماتور می باشد.

اینها در حالت عملکرد عادی با فرکانس بالا کار می کنند و بمنظور ذخیره انرژی از یک سلف ذخیره انرژی استفاده می کنند. البته این فرکانس بالا با توجه به عملکرد و مشخصه چشم انسان که نمی تواند فرکانس های بالا را ردگیری نماید کاملاً بدون فلیکر می باشد و مانند یک منبع جریان ثابت عمل می کند.

عملکرد با ولتاژ شبکه

عملکرد موثر یک LED با ولتاژ شبکه بوسیله یک پل یکسو کننده و یک خازن امکان پذیر می باشد. برای برقراری یک جریان ثابت بایستی که ولتاژ عملکرد دیود بصورت قابل ملاحظه ای از ولتاژ شبکه کمتر باشد. در این سیستم نیز مقاومت محدود کننده جریان و همچنین خازن اضافی برای یکسویی هدایت LED (خاصیت دیودی) استفاده می شود. این خازن برای جلوگیری از پالس های ولتاژ کاربرد دارد.

۶-۲) محدودیت کاربرد دیود های نوری OLED

محدودیت کاربرد دیودهای OLED مشابه دیودهای معمولی نوری LED از قبیل قیمت بالا، طول عمر پایین، وابستگی به درجه حرارت و کنترل پیچیده می باشد.

بزرگترین مشکل از نظر تکنولوژی طول عمر OLED است. طول عمر یک OLED بر اساس تعریف مدت زمانی است که درخشندگی OLED به میزان ۵۰٪ مقدار اولیه کاهش می یابد. برای OLED رنگ قرمز طول عمر به ۸۰ میلیون ساعت (بیش از ۱۱۰۰ سال) و برای دیود رنگ آبی بطور متوسط ۱۴ هزار

ساعت (۵ سال به ازاء ۸ ساعت در روز) تخمین زده می شود. در واقع این تفاوت طول عمر دیودهای رنگهای مختلف باعث کاهش کیفیت رنگ خواهد شد.

برای طول عمر بایستی پارامترهای مهم دیگر مد نظر قرار گیرد. طول عمر , LCD و LED به ۶۰ هزار ساعت می رسد.

در سال ۲۰۰۷ یک OLED آزمایشی با درخشندگی 400 cd/m^2 با طول عمر ۱۹۸ هزار ساعت برای رنگ سبز و ۶۲ هزار ساعت برای رنگ آبی معرفی شده اند.

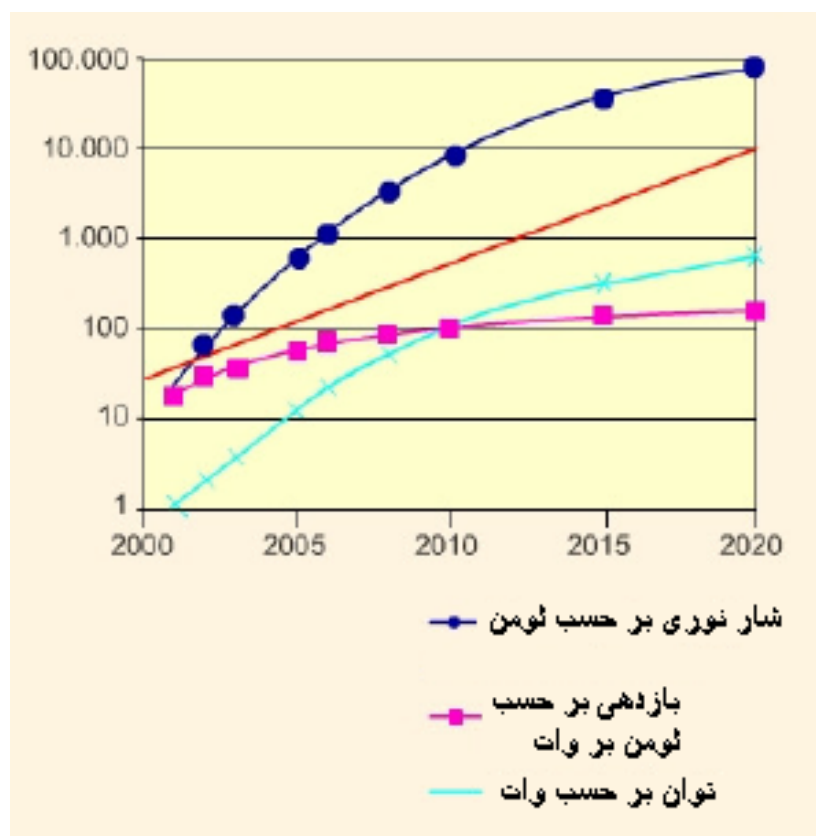
موارد تأثیر گذار در طول عمر OLED :

- ۱- درجه حرارت ، یک OLED خنک شونده با فن یا Heat Sink دارای طول عمر بیشتری نسبت به حالت عادی دارد و همچنین اگر OLED در نقطه کار پایین تر از حالت نرمال (درخشندگی پایین) بهره برداری شود طول عمر بیشتری خواهد داشت.
- ۲- آب و همچنین اکسیژن می تواند طول عمر OLED را از بین ببرد. از این نظر لازم است که OLED را بصورت کپسول جهت ایزوله کردن با محیط اطراف طراحی کنند. یک محافظ محکم از مواد غیر عالی حالت انعطاف پذیری را برای کاربردهای OLED محدود می سازد.
- در حالت عادی مواد آلی در مقابل آب و اکسیژن مقاوم هستند اما خوردگی در لایه انتشار (EL) بر اثر این عوامل OLED را صدمه پذیر ساخته است.
- در حال حاضر مواد مقاوم انعطاف پذیر برای ایزولاسیون OLED وجود ندارد چون مواد انعطاف پذیر معمولاً در مقابل نفوذ اکسیژن و رطوبت هوا مقاومت خوبی ندارند. یک لایه نازک شیشه بخاطر تکنولوژی پیشرفته بسختی در دسترس می باشد.

۳-۶) چشم انداز توسعه و پیشرفت دیودهای نوری

موضوع پروژه های تحقیقاتی فعلی رفع معایب و محدودیت های دیودهای نوری بخصوص کاهش هزینه تولید ، مشکلات حرارتی و همچنین سیستمهای کنترلی (جریان ثابت برای LED و یا ماتریس کنترل اکتیو

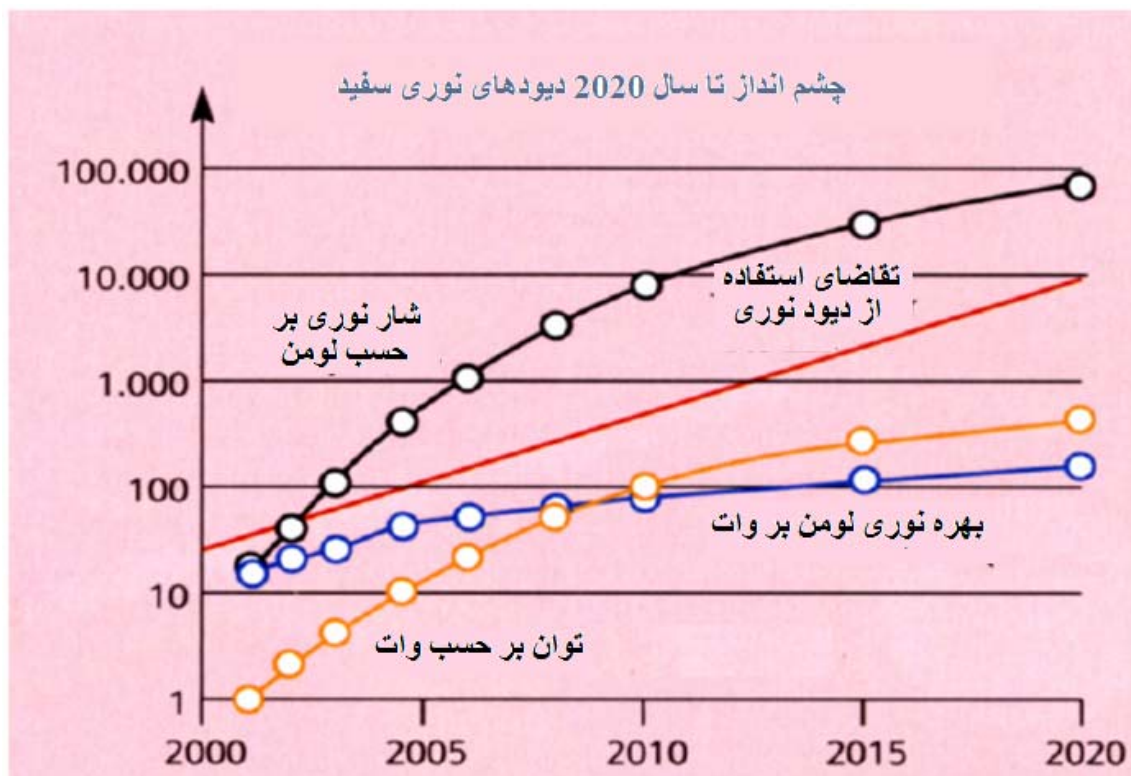
برای OLED) بوده . شکل - ۴۰ هدف و استراتژی تولید کنندگان دیودهای نوری تا سال ۲۰۲۰ میلادی را نشان می دهد.



شکل - ۴۰ چشم انداز پیشرفت تکنولوژی دیودهای نوری تا سال ۲۰۲۰

یعنی تا سال ۲۰۲۰ بایستی دیودهای نوری با توان حدود ۷۰۰ وات ، شار نوری ۱۰۰۰۰۰۰ لومن و ضریب بهره نوری تا ۲۰۰ لومن بر وات به بازار عرضه گردند.

شکل - ۴۱ چشم انداز توسعه دیودهای نوری سفید را تا سال ۲۰۲۰ میلادی نشان می دهد.



شکل ۴۱ - چشم انداز توسعه دیودهای نوری سفید تا سال ۲۰۲۰

البته همزمان با پیشرفت تکنولوژی تولید دیودهای نوری بایستی که هزینه تولید یک وات دیود نوری نیز کاهش پیدا کند. بطوریکه قیمت در سال ۲۰۲۰ به ۱۰٪ قیمت در سال ۲۰۰۸ یعنی ۱۰۰ سنت بر وات برسد.

فصل ۷ -

تهیه و تدوین کیفیت منابع نوری دیودهای نوری جهت کلیه مشاغل با توجه به استاندارد

مربوطه DIN

۱ - ۷) مقدمه

از سال ۱۹۳۵ موسسه استاندارد آلمان دستورالعمل روشنایی داخلی ساختمانها با توجه به کاربری آن مشاغل مختلف (در غالب استاندارد DIN 5035 تدوین و ابلاغ نموده است . سپس در سال ۲۰۰۳ استاندارد EN 12464 بصورت ۲ جلدی جهت روشنایی برای کلیه کشورهای عضو اتحادیه اروپا ابلاغ گردیده است.

در طراحی روشنایی پارامترهای فراوانی در استاندارد وجود دارد که بایستی مد نظر قرار گیرد. از نظر کمی پارامترهای زیر می باشند:

- درخشندگی
- شدت روشنایی
- خیرگی
- رنگ نور و درجه حرارت نور
- ضریب برگرداندن رنگ نور (نمود رنگ)
- جهت نور

- فلیکر

- نور روز

از نظر کیفی نیز پارامترهای زیر بایستی مورد توجه قرار گیرند:

- راحتی دید که چشم احساس خستگی نکند و کیفیت نور طوری باشد که باعث افزایش فعالیت گردد.

- ایمنی

- توانایی دید که انسان بتواند کلیه کارهای بصری را بنحو احسن برای مدت طولانی انجام دهد.

۲-۷) کیفیت منابع نوری جهت مشاغل

بمنظور دید مناسب و جلوگیری از خطای دید سه پارامتر زیر جهت طراحی روشنایی وابسته به نوع فعالیت در استاندارد تعریف و محدوده آنها مشخص شده است.

۱- متوسط شدت روشنایی (روشنایی مناسب جهت دید جزئیات) ، $\bar{E}_m$

با توجه به توان و شار نوری دیودهای نوری لازم است یک حداقل شدت روشنایی بر روی سطح و یا جسم وجود داشته باشد تا چشم انسان به راحتی قادر به تشخیص و دیدن باشد. مقدار متوسط روشنایی با توجه به ظرافت و دقت کار ، ابعاد اجسام ، میزان کنتراست ، سرعت کار و همچنین سن انسان تعیین می گردد.

۲- ضریب نمود رنگ (وضوح دید و تشخیص رنگهای مختلف) ، R_a

با توجه به اینکه نور خروجی دیودهای نوری بصورت تک رنگ بوده و جهت تولید رنگ سفید از خاصیت ترکیب رنگها و یا مواد فلورسنت استفاده می گردد ، لازم است بر روی ضریب برگردان

رنگ دقت خاصی شود. رنگ به دو صورت است یا ذاتی است مانند منابع نور رنگی و یا بر اساس خاصیت انعکاس اجسام می باشد که در این حالت رنگ اجسام کاملاً وابسته به نوع طیف منبع نورانی می باشد. در واقع رنگ اجسام رنگی تابع ضریب انعکاس جسم نسبت به رنگهای مختلف است. مثلاً برگ درخت بخاطر این سبز است که رنگ سبز را منعکس و همه رنگهای دیگر را جذب می کند و یا شیئی سیاه همه رنگها را جذب و برعکس جسم سفید همه رنگهای تابیده شده را منعکس می کند.

حال اگر به یک شیئی رنگی قرمز نور آبی بتابد چون در طیف منبع نوری رنگ قرمز وجود ندارد شیئی بجای قرمز، سیاه بنظر می آید.

مورد دیگر در رابطه با LED علاوه بر تک رنگ بودن نور خروجی، وجود منحنی حساسیت چشم انسان به روشنی طیف نوری است. سازندگان منابع نوری جهت افزایش ضریب بهره نوری از این خاصیت استفاده کرده و در طول موجهایی که چشم انسان حساسیت بیشتری دارد (محدوده رنگ سبز) سعی می کنند مرکز ثقل نور تولیدی قرار دهند بنابراین طیف منبع دارای مقدار لازم نور در محدوده رنگهای قرمز و آبی نبوده و باعث می شود که رنگ اجسام متفاوت از رنگ واقعی آنها زیر نور خورشید گردد.

از اینرو در استاندارد حداقل ضریب برگردان رنگ (ضریب نمود رنگ) که بر اساس رنگهای مختلف در طیف منبع بوده، نیز آمده است.

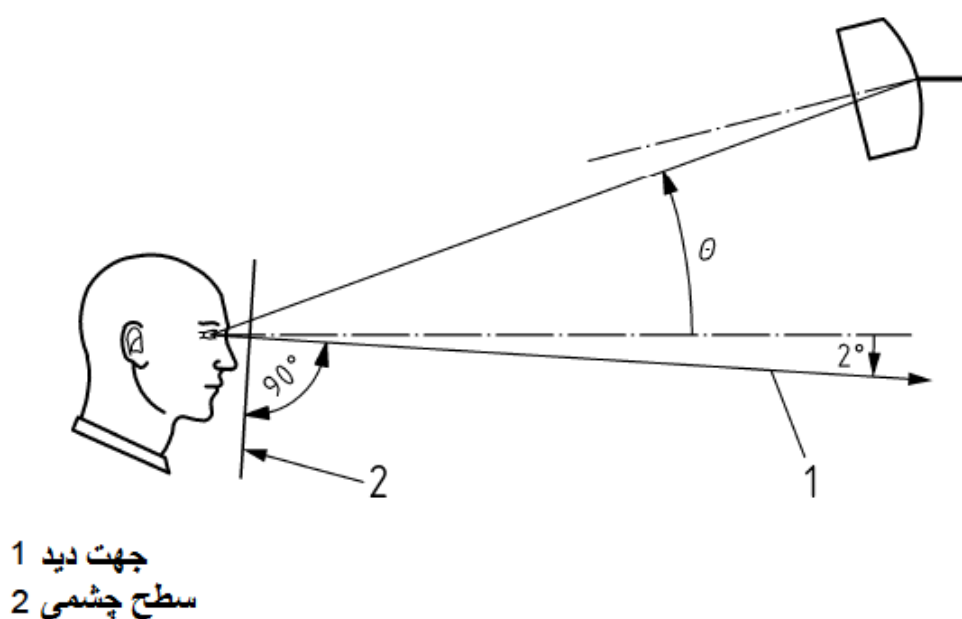
۳- ضریب خیرگی روانی (جلوگیری از مزاحمت منبع نور جهت دید اجسام)، UGR

نوردهی و نورافشانی منبع نورانی بایستی طوری باشد که باعث خیرگی روانی و فیزیولوژی گردد.

خیرگی فیزیولوژی برای روشنایی بیرون مخصوصاً برای رانندگان خودرو که نور روشنایی معابر و یا خودروهای مقابل وجود دارد مطرح است.

برای روشنایی داخلی خیرگی روانی مطرح است بطوریکه ناظر بدون نگاه کردن مستقیم به منبع نوری بایستی احساس آرامش و راحتی نماید. یعنی هنگام نگاه کردن به شیئی یا سطح کار پرتوهای مزاحم نوری نباشد.

شکل - ۴۲ وضعیت خط دید و پرتوهای منبع نوری را که موجب خیرگی و مزاحمت چشم می شوند را نشان می دهد.



شکل - ۴۲ مزاحمت نور منبع نوری و ایجاد خیرگی

جهت بررسی خیرگی معیارهای متنوعی در کشورها و استانداردهای مختلف آمده که مهمترین آنها که بعنوان مرجع در استاندارد اروپا آمده و نرم افزارهای روشنایی قادر به محاسبه آن می باشند (UGR Unified Glare Rating) است . UGR وابسته به میزان درخشندگی ، زاویه دید و موقعیت ناظر محاسبه می شود که مقدار آن بین ۱۰ تا ۳۰ می باشد . در واقع این یک پارامتر کیفی بوده که توسط انسانها قضاوت شده .

جدول - ۸ نتیجه قضاوت شده مقدار کمی UGR را نشان می دهد.

جدول ۸ - ارزیابی کیفی مقادیر محاسبه شده UGR

درجه	مقدار عددی	ارزیابی کیفی
۰	$UGR < 10$	عدم خیرگی
۱	$10 \leq UGR < 15$	بین عدم خیرگی و حالت قابل تشخیص خیرگی
۲	$15 \leq UGR < 18$	قابل تشخیص
۳	$18 \leq UGR < 22$	بین حالت تشخیص و مزاحمت
۴	$22 \leq UGR < 25$	حالت وجود خیرگی مزاحم
۵	$25 \leq UGR < 28$	بین حالت مزاحم و حالت غیر قابل تحمل
۶	$UGR \geq 28$	حالت غیر قابل تحمل

جدول ۹ - مقادیر توصیه شده میزان متوسط روشنائی، ضریب برگرداندن رنگ (نمود رنگ) و همچنین حداکثر مقدار مجاز UGR را بر اساس استاندارد 1 - EN 12464 نشان می دهد.

جدول ۹ – مقادیر توصیه شده توسط استاندارد

ردیف	شرح فعالیت	$\bar{E}_m$ بر حسب lx	R_a	UGR
۱	مطب پزشک	۵۰۰	۹۰	۱۹
۲	اتاق معاینه و معالجه پزشک	۱۰۰۰	۹۰	۱۹
۳	اتاق عمل	۲۰۰۰	۹۰	۱۹
۴	اتاق دندانپزشکی	۱۰۰۰	۹۰	–
۵	داخل دهان	۵۰۰۰	۸۵	–
۶	داخل داروخانه	۵۰۰	۸۰	۱۹
۷	داخل داروخانه جهت دید رنگها	۱۰۰۰	۹۰	۱۹
۸	داخل داروخانه روی قفسه ها	۲۰۰	۸۰	۱۹
۹	آزمایشگاه	۵۰۰	۸۰	۱۹
۱۰	راهرو	۱۵۰	۴۰	۲۵
۱۱	رستوران و قهوه خانه	۲۰۰	۸۰	۲۲
۱۲	اتاق استراحت	۱۰۰	۸۰	۲۲
۱۲	اتاق کمکهای اولیه	۵۰۰	۸۰	۱۹
۱۴	دفترپست و تلفن و تلگراف	۵۰۰	۸۰	۱۹
۱۵	انبار	۱۰۰	۶۰	۲۵
۱۶	اتاق بسته بندی کالا	۳۰۰	۶۰	۲۵

ردیف	شرح فعالیت	$\bar{E}_m$ بر حسب lx	R_a	UGR
۱۷	شیرینی فروشی	۵۰۰	۸۰	۲۲
۱۸	کار با ماشین آلات بزرگ	۳۰۰	۸۰	۲۵
۱۹	فروشگاههای شیشه فروشی	۳۰۰	۸۰	۲۵
۲۰	تولید محصولات شیشه ای	۷۵۰	۸۰	۱۹
۲۱	صنایع دستی	۱۵۰۰	۹۰	۱۶
۲۲	کارهای ظریف مثل سناده کشی ، نقاشی با دست	۱۰۰۰	۹۰	۱۶
۲۳	محیط عمومی آزمایشگاه شیمی	۳۰۰	۸۰	۲۵
۲۴	تولید دارو	۵۰۰	۸۰	۲۲
۲۵	کنترل رنگ در آزمایشگاه شیمی	۱۰۰۰	۹۰	۱۶
۲۶	سالن تولید سیم و کابل	۳۰۰	۸۰	۲۵
۲۷	اتاق اندازه گیری ابعاد سیم و کابل	۱۰۰۰	۸۰	۱۶
۲۸	سالن گالوانیزه	۳۰۰	۸۰	۲۵
۲۹	آزمایشگاه و اتاق مونتاژ الکترونیک	۱۵۰۰	۸۰	۱۶
۳۰	بسته بندی کنسرو مواد غذایی	۲۰۰	۸۰	۲۵
۳۱	فروشگاه فروش مواد غذایی	۳۰۰	۸۰	۲۵
۳۲	قصایی	۵۰۰	۸۰	۲۵
۳۳	بسته بندی و تقسیم بندی میوه ها	۳۰۰	۸۰	۲۵

ردیف	شرح فعالیت	$\bar{E}_m$ بر حسب lx	R_a	UGR
۳۴	کنترل شیشه، بطری و دکوراسیون	۵۰۰	۸۰	۲۵
۳۵	سالن ریخته گری	۲۰۰	۸۰	۲۵
۳۶	سالن تولید مدل در ریخته گری	۵۰۰	۸۰	۲۵
۳۷	آرایشگاه	۵۰۰	۹۰	۱۹
۳۸	ساخت وسایل تزئینی با دست	۱۵۰۰	۹۰	۱۶
۳۹	ساخت وسایل تزئینی با دستگاه	۱۰۰۰	۸۰	۱۶
۴۰	خشک شویی و اطو کشی	۳۰۰	۸۰	۲۵
۴۱	ساخت و تولید با چرم	۳۰۰	۸۰	۲۵
۴۲	کنترل کیفیت چرم	۱۰۰۰	۹۰	۱۹
۴۳	کفش فروشی و ساخت دستی کفش	۵۰۰	۸۰	۲۲
۴۴	درب و پنجره سازی و جوشکاری	۳۰۰	۶۰	۲۵
۴۵	لوله کشی	۳۰۰	۶۰	۲۵
۴۶	کار با صفحات گالوانیزه کلفت (ضخامت بیش از 5 mm)	۲۰۰	۶۰	۲۵
۴۷	کار با صفحات گالوانیزه نازک	۳۰۰	۶۰	۲۲
۴۸	تولید ابرزار آلات	۷۵۰	۶۰	۱۹
۴۹	مونتاژ وسایل فلزی (خیلی کوچک و دقیق)	۷۵۰	۸۰	۱۹
۵۰	مونتاژ وسایل فلزی (کوچک)	۵۰۰	۸۰	۲۲

ردیف	شرح فعالیت	$\bar{E}_m$ بر حسب lx	R_a	UGR
۵۱	مونتاژ وسایل فلزی (متوسط)	۳۰۰	۸۰	۲۵
۵۲	مونتاژ وسایل فلزی (بزرگ و خشن)	۲۰۰	۸۰	۲۵
۵۳	کار با میکرو ماشین	۱۰۰۰	۸۰	۱۹
۵۴	کتاب فروشی	۵۰۰	۸۰	۲۲
۵۵	محوطه نیروگاه	۱۰۰	۴۰	۲۵
۵۶	ژنراتورها و بویلرها	۲۰۰	۸۰	۲۲
۵۷	تابلوهای کنترل	۵۰۰	۸۰	۱۶
۵۸	ماشین های پرس	۵۰۰	۸۰	۱۹
۵۹	تولید منسوجات بافتنی	۵۰۰	۸۰	۲۲
۶۰	طراحی منسوجات و ساخت الگو	۷۵۰	۹۰	۲۲
۶۱	نمایش و فرو شگاه منسوجات	۷۵۰	۸۰	۲۲
۶۲	خیاطی	۷۵۰	۸۰	۱۹
۶۳	سالن مونتاژ اتومبیل	۵۰۰	۸۰	۲۲
۶۴	رنگ آمیزی اتومبیل	۷۵۰	۹۰	۱۹
۶۵	مونتاژ قطعات ریز و لاک گیری	۱۰۰۰	۹۰	۱۹
۶۶	کنترل نهایی تولید اتومبیل	۱۰۰۰	۸۰	۱۹
۶۷	نجاری (کار با چوب)	۳۰۰	۶۰	۲۵

ردیف	شرح فعالیت	$\bar{E}_m$ بر حسب lx	R_a	UGR
۶۸	نقاشی و سوهان کاری چوب	۷۵۰	۸۰	۲۲
۶۹	اتاق کپی	۳۰۰	۸۰	۱۹
۷۰	اتاق تایپ	۵۰۰	۸۰	۱۹
۷۱	دفتر علائم فنی	۷۵۰	۸۰	۱۶
۷۲	اتاق مذاکره و جلسه	۵۰۰	۸۰	۱۹
۷۳	اتاق کار با کامپیوتر (نقشه کشی)	۵۰۰	۸۰	۱۹
۷۴	بایگانی	۲۰۰	۸۰	۲۵
۷۵	فروشگاههای عمومی	۳۰۰	۸۰	۲۲
۷۶	صندوق (فروش)	۵۰۰	۸۰	۱۹
۷۷	ورودی سالن های عمومی	۱۰۰	۸۰	۲۲
۷۸	اتاق انتظار	۲۰۰	۸۰	۲۲
۷۹	باجه های فروش بلیط	۳۰۰	۸۰	۲۲
۸۰	آشپزخانه رستوران	۵۰۰	۸۰	۲۲
۸۱	محل صرف غذا	۳۰۰	۸۰	۲۲
۸۲	بوفه رستوران	۳۰۰	۸۰	۲۲
۸۳	محل سلف سرویس	۲۰۰	۸۰	۲۲
۸۴	سالن سینما و تئاتر	۳۰۰	۸۰	۲۲

ردیف	شرح فعالیت	$\bar{E}_m$ بر حسب lx	R_a	UGR
۸۵	سالن قرائت کتابخانه	۵۰۰	۸۰	۱۹
۸۶	قفسه ها در کتابخانه	۲۰۰	۸۰	۱۹
۸۷	محوطه پارکینگ	۷۵	۲۰	۲۵
۸۸	اتاق بازی و کاردستی بچه ها در مهد کودک	۳۰۰	۸۰	۱۹
۸۹	اتاق درس مدارس ابتدایی	۳۰۰	۸۰	۱۹
۹۰	اتاق درس مدارس شبانه بزرگسالان	۵۰۰	۸۰	۱۹
۹۱	تخته کلاس	۵۰۰	۸۰	۱۹
۹۲	اتاق کاردستی	۵۰۰	۸۰	۱۹
۹۳	آزمایشگاه	۵۰۰	۸۰	۱۹
۹۴	سالن علامتها در مدارس هنر	۷۵۰	۸۰	۱۹
۹۵	اتاق آموزش کامپیوتر	۳۰۰	۸۰	۱۹
۹۶	اتاق آموزش موزیک	۳۰۰	۸۰	۱۹
۹۷	کارگاه مدرسه	۵۰۰	۸۰	۲۲
۹۸	اتاق کار ادارات	۵۰۰	۸۰	۱۹
۹۹	اتاق پذیرایی در خانه	۵۰۰	۸۰	۱۹
۱۰۰	اتاق اقامت شخصی	۳۰۰	۸۰	۱۹
۱۰۱	اتاق استراحت مریض	۱۰۰	۸۰	۱۹

ردیف	شرح فعالیت	$\bar{E}_m$ بر حسب lx	R_a	UGR
۱۰۲	حمام و توالت	۲۰۰	۸۰	۲۲
۱۰۳	تحويل ساکها در فرودگاه	۲۰۰	۸۰	۲۲
۱۰۴	باجه اطلاعات در فرودگاه	۵۰۰	۸۰	۱۹
۱۰۵	محل گمرک	۵۰۰	۸۰	۱۹
۱۰۶	سالن انتظار فرودگاه	۲۰۰	۸۰	۱۹
۱۰۷	محل سوار شدن به مترو	۵۰	۴۰	۲۸
۱۰۸	محل کنترل بایط مترو	۲۰۰	۴۰	۲۸
۱۰۹	راهرو ادارات و هتل ها و رستوران ها	۱۰۰	۸۰	۲۵
۱۱۰	کتابفروشی	۵۰۰	۸۰	۱۹
۱۱۱	انباری درون خانه	۱۰۰	۶۰	۲۵
۱۱۲	راه عبور بدون پیاده بدون ماشین شخصی	۲۰	۴۰	-
۱۱۳	ورودی و خروجی گاراژ	۳۰۰	۲۰	۲۵
۱۱۴	محل پارک ماشین	۷۵	۲۰	-
۱۱۵	راه عبور بدون پیاده با ماشین شخصی	۱۵۰	۶۰	۲۲
۱۱۶	نمایش مواد ساختمانی	۵۰	۲۰	۲۸
۱۱۷	اتاق تأسیسات درون خانه	۲۰۰	۴۰	۲۵
۱۱۸	عینک فروشی	۷۵۰	۸۰	۱۶

ردیف	شرح فعالیت	$\bar{E}_m$ بر حسب lx	R_a	UGR
۱۱۹	فروشگاه لاستیک و مواد پلاستیکی	۵۰۰	۸۰	۱۹
۱۲۰	فروشگاه مواد و وسایل تزئینی	۱۰۰۰	۹۰	۱۹
۱۲۱	چاپخانه	۵۰۰	۸۰	۱۹
۱۲۲	کنترل رنگ هنگام چاپهای رنگی	۱۵۰۰	۹۰	۱۹
۱۲۳	نورد فولاد	۳۰۰	۴۰	۲۵
۱۲۴	اتاق عمومی زایمان	۳۰۰	۸۰	۱۹
۱۲۵	اتاق دیالیز	۵۰۰	۸۰	۱۹
۱۲۶	اتاق اندوسکوپی	۳۰۰	۸۰	۱۹
۱۲۷	اتاق پانسمان	۵۰۰	۸۰	۱۹
۱۲۸	اتاق استریلزه و ضد عفونی	۳۰۰	۸۰	۲۲
۱۲۹	حمام و توالت مریض ها	۳۰۰	۸۰	۲۲

در استاندارد جاهاییکه نیاز به ضریب برگرداندن رنگ بالا می باشد (بالای ۹۰) توصیه می شود که درجه حرارت رنگ نیز از ۴۰۰۰ درجه کلوین بالاتر باشد.

فصل - ۸

تهیه و تدوین حداقل مشخصات فنی چراغهای (LED (OLED بمنظور روشنایی معابر

۱ - ۸ (مقدمه

بمنظور تأمین روشنایی معابر مشخصات لامپ و چراغ اهمیت خاصی دارد. از مشخصه های مهم لامپ می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ۱- ضریب بهره نوری
- ۲- طول عمر
- ۳- قیمت
- ۴- کنترل پذیری
- ۵- تولید پرتوهای ماوراء بنفش
- ۶- رنگ نور (درجه حرارت نور)
- ۷- ضریب برگرداندن رنگ
- ۸- تجهیزات الکترونیکی راه انداز
- ۹- وابستگی به درجه حرارت محیط
- ۱۰- مواد موجود در ساختمان

از مشخصه های مهم چراغ نیز می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ۱- تلفات اپتیکی
- ۲- ضریب سرویس و نگهداری
- ۳- طول عمر
- ۴- شکل ظاهری
- ۵- IP
- ۶- منحنی پخش شدت نور

۲ - ۸) بررسی بکاربردن LED جهت روشنایی معابر

استفاده از لامپهای گازی (بخار جیوه و یا بخار سدیم) مرسوم ترین لامپ بمنظور روشنایی معابر بوده، که در حال حاضر با توجه به برتری های لامپهای پر فشار بخار سدیم اولویت با این لامپها است.

اخیراً با توجه به پیشرفت سریع تکنولوژی LED استفاده از این منبع نوری بصورت آزمایشی شروع شده است. در جدول - ۱۰ نتایج مقایسه تعدادی از پارامترهای نوری این دو منبع آمده است.

جدول - ۱۰ مقایسه LED با لامپ بخار سدیم پر فشار

LED	لامپ بخار سدیم	پارامتر
متوسط	بسیار خوب	ضریب بهره نوری
بسیار بالا	بالا	طول عمر
خیلی گران	متوسط	قیمت
خیلی خوب	مناسب	رنگ نور
خوب	ضعیف	ضریب برگرداندن رنگ
عالی	متوسط	کنترل پذیری نور (دایمر)
خوب	خیلی خوب	تولید پرتوهای ماوراء بنفش
عالی	ضعیف	سرعت خاموش و روشن شدن
ضعیف	خیلی خوب	وابستگی به درجه حرارت محیط
خیلی خوب	متوسط	دوستار محیط زیست

همانطور که از جدول - ۱۰ استنباط می شود در حال حاضر با توجه به ضریب وزنی قیمت ، بهره نوری و همچنین وابستگی شار نوری به درجه حرارت محیط ، برتری با لامپ بخار سدیم پر فشار می باشد.

همانطور که در مقدمه نیز آمده مشخصات چراغ نیز عامل مهمی جهت روشنایی معابر می باشد که از این جهت LED به لحاظ اینکه بصورت پراکنده در چراغ قابل نصب است با توجه به موارد زیر دارای برتری می باشد.

۱- تنوع در شکل ظاهری چراغ ، شکلهای ۴۳ تا ۴۵ چند نمونه چراغ معابر با LED را نشان می دهند.



شکل - ۴۳ چراغ روشنایی معابر با LED



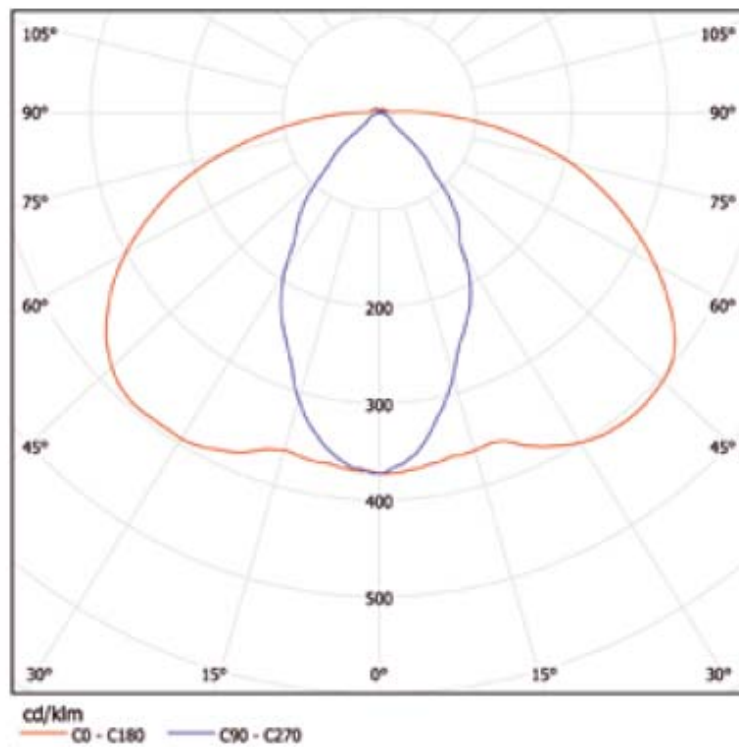
شکل - ۴۴ چراغ روشنایی معابر با LED



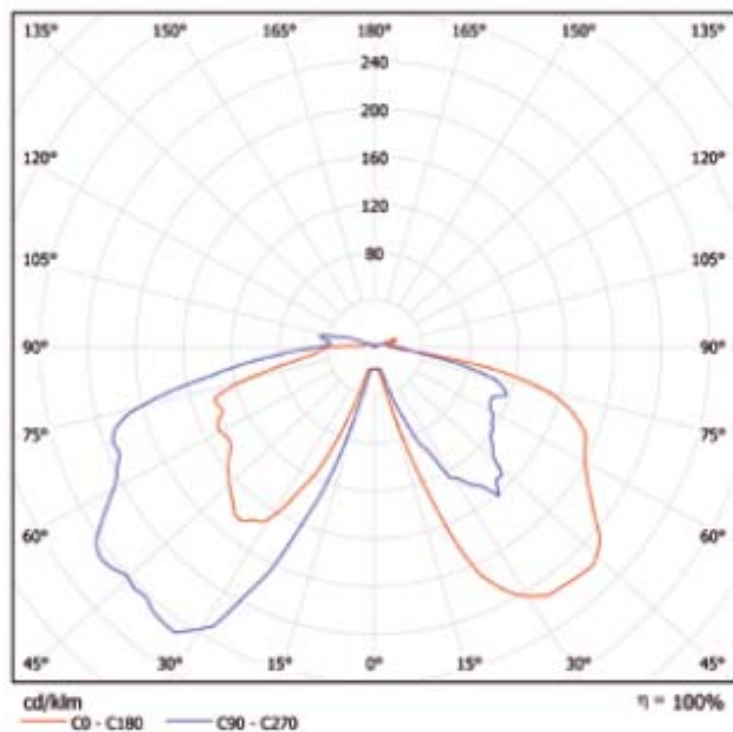
شکل - ۴۵ چراغ روشنایی معابر با LED

۲ - عدم ایجاد خیرگی ، بعلت اینکه در لامپهای بخار سدیم منبع نوري بصورت منبع نقطه اي مي باشد در صورتیکه چراغهاي LED بصورت يك منبع سطحي مي باشند و مقدار درخشندگی پایین مي باشد.

۳ - نزدیک شدن منحنی پخش شدت نور به حالت ایده آل ، یعنی مطابق شکل های ۴۶ و ۴۷ مي توان منحنی پخش شدت نور را در جهت عرضی کشید .



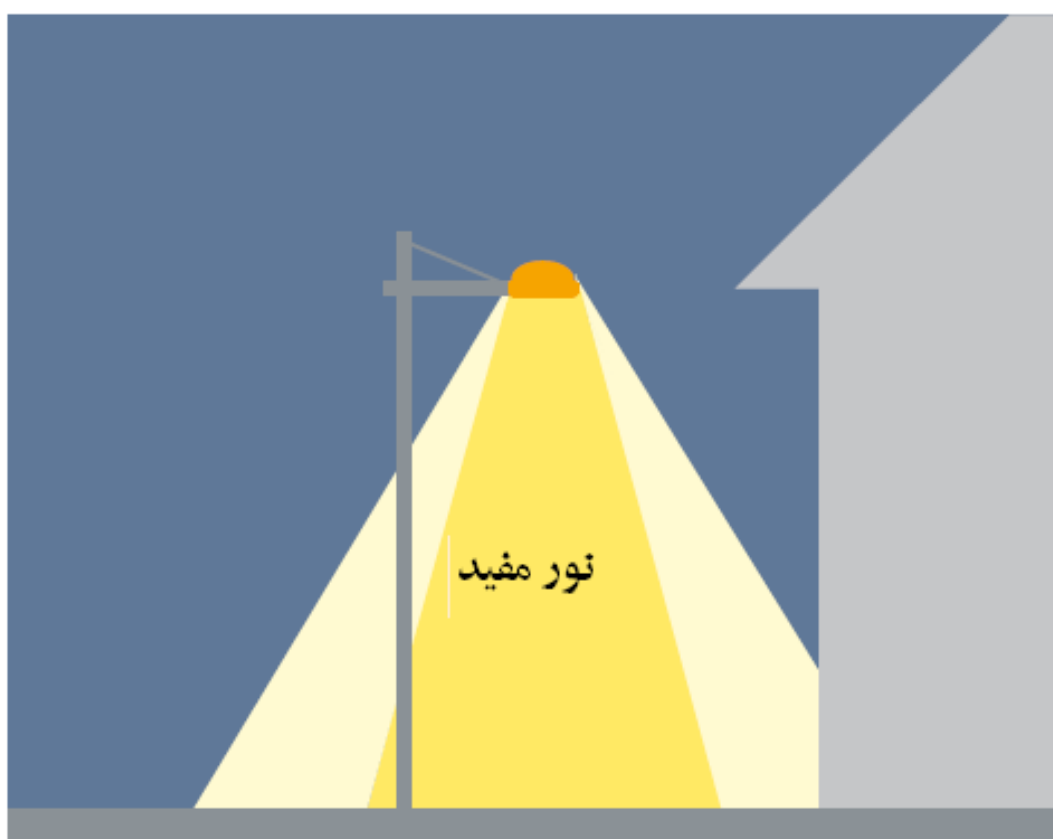
شکل ۴۶ - منحنی پخش شدت نور چراغ روشنایی معابر با LED



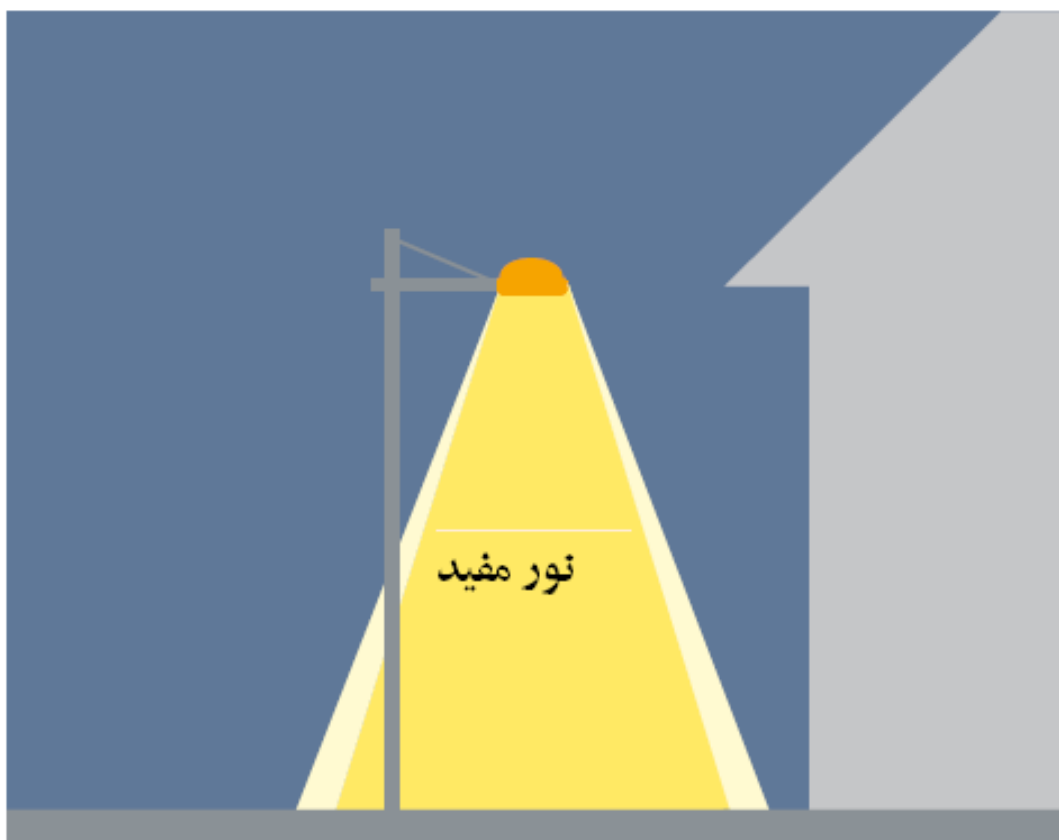
شکل ۴۷ - منحنی پخش شدت نور چراغ روشنایی معابر با LED

۴ - چراغهاي LED مستقل از ضریب انعکاس حوضچه رفلکتور می باشند . ضریب انعکاس حوضچه رفلکتور با پیشرفته ترین متد حداکثر به ۸۹٪ می رسد، که متأسفانه این ضریب انعکاس در چراغهاي تولید داخل با توجه به بازدهي چراغ و حتي شکل ظاهري آن پایین می باشد و باعث پایین آمدن ضریب بهره نوري کل چراغ می گردد.

شکلهای - ۴۸ و ۴۹ بترتیب روشنایی يك معبر نمونه را با لامپ بخار سدیم و لامپ LED را نشان می دهند.



شکل - ۴۸ چراغ روشنایی معبر با استفاده از لامپ بخار سدیم پر فشار



شکل - ۴۹ چراغ روشنایی معبر با استفاده از LED

جدول - ۱۱ نتایج مقایسه چراغهای بخار سدیم و LED را نشان می دهد.

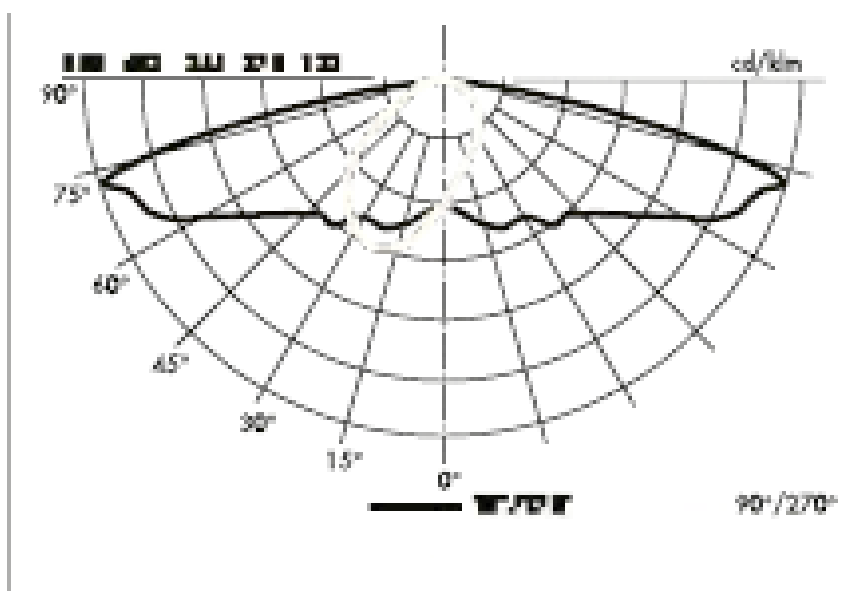
جدول - ۱۱ مقایسه چراغهای LED با بخار سدیم بر فشار

پارامتر	لامپ بخار سدیم	LED
بهره نوری لامپ	90 – 130 lm / W	70 – 100 lm / W
تلفات تجهیزات الکترونیکی	10% - 15%	30% - 35%
تلفات اپتیکی چراغ	20% - 25%	10% - 15%
تلفات پخش نور	20% - 25%	5% - 10%
نور مفید بر روی سطح معبر	45 – 75 lm / W	35 – 60 lm / W

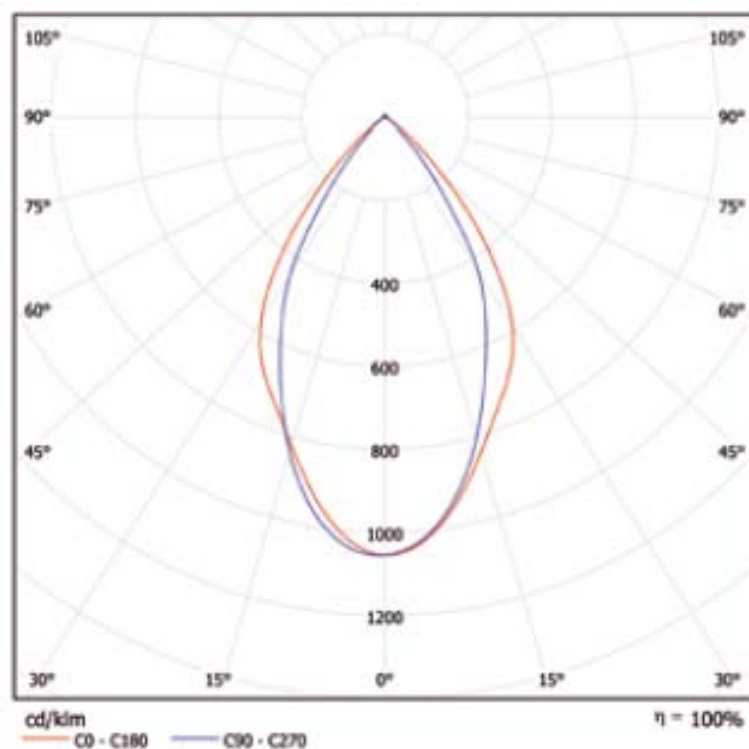
همانگونه که ملاحظه می شود در حالت کلی چراغ با لامپ بخار سدیم ، برتری محسوسی نسبت به چراغهای LED ندارد.

۳ - ۸) نتیجه گیری

با توجه به جداول ۱۰ و ۱۱ صرفنظر از قیمت و وابستگی به درجه حرارت محیط ، دیودهای نوری قابل رقابت با لامپهای گازی بخار سدیم می باشند .
البته همانگونه که اشاره شد عامل مهم برتری دیودهای نوری جهت چراغهای روشنایی معابر ، قابلیت طراحی منحنی پخش شدت نور بصورت کشیده است که می تواند نقطه ضعف بهره نوری پایین تر را تا حدودی جبران نماید.
بنابراین محل قرار گرفتن دیودهای نوری بر روی چراغ بسیار پیچیده و مهم می باشد چراکه تعیین کننده منحنی پخش شدت نور چراغ می باشد.
شکل های ۵۰ و ۵۱ دو نمونه منحنی پخش شدت نور را نشان می دهند. شکل - ۵۰ بعنوان یک منحنی ایده آل و شکل - ۵۱ بعنوان یک منحنی پخش شدت نور نامناسب آمده اند.

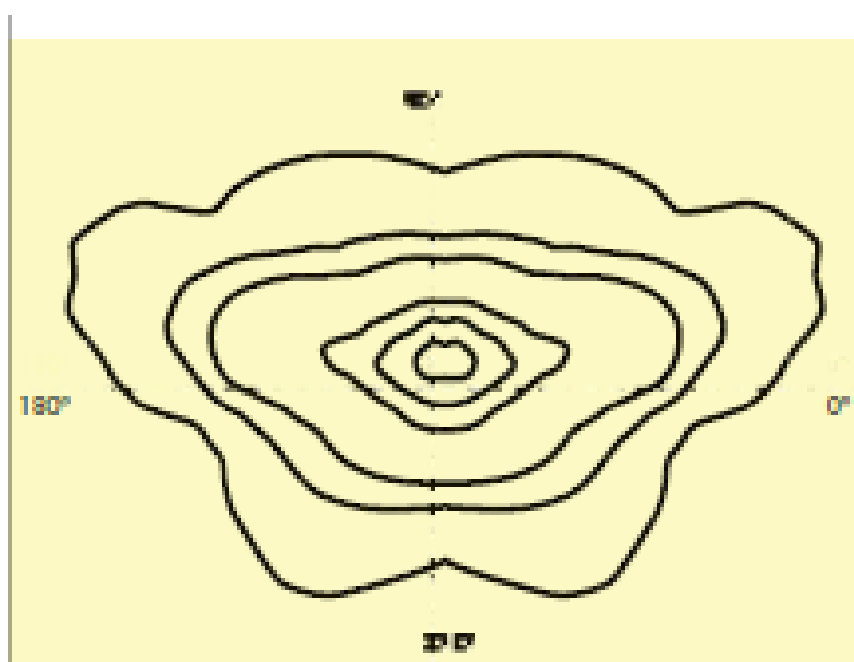


شکل - ۵۰ منحنی پخش شدت نور ایده آل



شکل - ۵۱ منحنی پخش شدت نور نامناسب جهت روشنایی معابر

شکل - ۵۲ منحنی شدت روشنایی بر روی سطح معبر برای منحنی پخش شدت نور شکل - ۵۰ را نشان می دهد.



شکل - ۵۲ منحنی شدت روشنایی بر روی سطح معبر

حداقل مشخصات نوری چراغهای LED جهت انجام پروژه پایلوت در خیابانهای شریانی درجه ۲ بصورت زیر پیشنهاد می گردد:

- ۱- منحنی پخش شدت نور کشیده به سمت طرفین
- ۲- حداقل بهره نوری چراغ (با در نظر گرفتن تلفات الکترونیکی و اپتیکی) ۵۰ لومن بر وات
- ۳- ضریب نمود رنگ بیش از ۲۰ (در صورتیکه اطراف خیابان مغازه وجود داشته باشد حداقل ضریب برگرداندن رنگ ۶۰ باشد)
- ۴- عملکرد مناسب (بدون تأثیر بر طول عمر و اثر محسوس بر شار نوری خروجی) تا درجه حرارت ۵۰ درجه سانتی گراد



شکل - ۵۳ پخش نور چراغ روشنایی معبر