فصلنامه پژوهش در علوم، مهندسی و فناوری
دوره ۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸
صفحات ۴۳-۴۹
ISSN: 2476-5082
www.uctjournals.com

# بهینه سازی روش های تکنولوژی ساخت در LED جهت افزایش راندمان و شار نوری

**منیره علی زاده**
کارشناسی ارشد مهندسی برق- الکترونیک دانشگاه شهید بهشتی تهران

**چکیده**
می دانیم که در طی سالیان اخیر استفاده از led ها به بالاترین میزان خود رسیده است. مزیت های فروان در کنار مصرف کم انرژی و طول عمر مطلوب از جمله دلایل این امر می باشد. led ها در رنگ ها و با تنوع گونان تولید می شوند و بسته به نوع کاربرد می توان تغییراتی در رنگ و سایر پارمترها ایجاد کرد. در این پژوهش با توجه به موضوع تحقیق با تغییر در ساختار و تکنولوژی ساخت مدلی جدید در led ها ارائه شده است و در نهایت نتایج کار که حاکی از افزایش راندمان و شار نوری است، ارزیابی شده است.

**واژه‌های کلیدی:** تکنولوژی ساخت- led – شار نوری - راندمان

۱. مقدمه

امروزه با توجه به مصرف بهینه انرژی و همچنین طول عمر بالا و دیگر مزیت ها، استفاده از لامپ های led به شدت افزایش یافته است. در این راستا در این پژوهش بهینه سازی تکنولوژی ساخت در led جهت افزایش راندمان و همچنین شار نوری مورد توجه قرار گرفته است. می دانیم که در سال ۱۹۶۲ برای اولین بار led به طور رسمی به صنعت معرفی و مورد استفاده قرار گرفت. این نوع دیود در ابتدا به شکل led dip و با توجه به مواد نیمه هادی به کار رفته در آن تنها با نوری به رنگ قرمز در مدارات الکترونیکی به کار برده می شد. اما با گذشت زمان و پی بردن به اهمیت آن، بشر توانست در انواع مختلف Power led ، COB، SMD و با نورهای متنوع با ترکی مواد مختلف نیمه هادی به رنگ های دیگری از جمله سفید، سبز، آبی، نارنجی و... تولید کند و امروزه از led ها در کاربردهای دیگری از جمله در صنایع خودروسازی، هوا فضا، پزشکی، راه سازی و ساختمان سازی استفاده می شود.

**بررسی تکنولوژی ساخت LED:**

به طور کلی دیودهای ساطع کننده نور، از نیمه هادی های حالت جامد تشکیل شده اند که انرژی الکتریکی را به نورانی تبدیل می کنند. هنگامی که عناصر معینی در پیکربندی خاص با یگدیگر قرار گیرند و ترکی شوند، با وصل پتانسیل الکتریکی وعبور جریان الکتریکی از میان آنها فوتون و گرما تولید می شود. قسمت اصلی led که چیپ نامیده می شود از دو لایه نیمه رسانای n و p تشکیل شده است که لایه نوع n دارای تعداد زیادی الکترون آزاد و لایه نوع p دارای تعداد زیادی حفره می باشند بطوریکه الکترون ها بارهای منفی و حفره ها بارهای مثبت را تشکیل می دهند. به طور ذاتی بارهای مثبت و منفی تمایل به جذب همدیگر را دارند که با اعمال ولتاژ الکتریکی به دو طرف آنها الکترون ها و حفره ها به حرکت درآمده و به همدیگر نزدیک و یکدیگر را جذب می کنند. در محل اتصال دو ناحیه n و p ناحیه ای به نام تخلیه بوجود می‌آید که خالی از بارهای مثبت و منفی می باشد. هنگامیکه الکترون ها و حفره ها دوباره با یکدیگر بازترکی می شوند فوتون تولید می شود که در نهایت موج ایجاد نور می گردد. این نور با توجه به ترکی مواد مختلف نیمه هادی به رنگ های اشاره شده در جدول تولید می شود.

| نوع | آرم | رنگ |
|---|---|---|
| **گالیم-آرسناید-فسفر** | GaAsP | Red-orange-yellow |
| **ایندیم-گالیم-نیتروژن** | InGaN | Green-blue |
| **آلومینیوم-گالیم-آرسناید** | AlGaAs | red |
| **آلومینیوم-ایندیم-گالیم-فسفر** | AlInGaP | Red-orange-yellow |

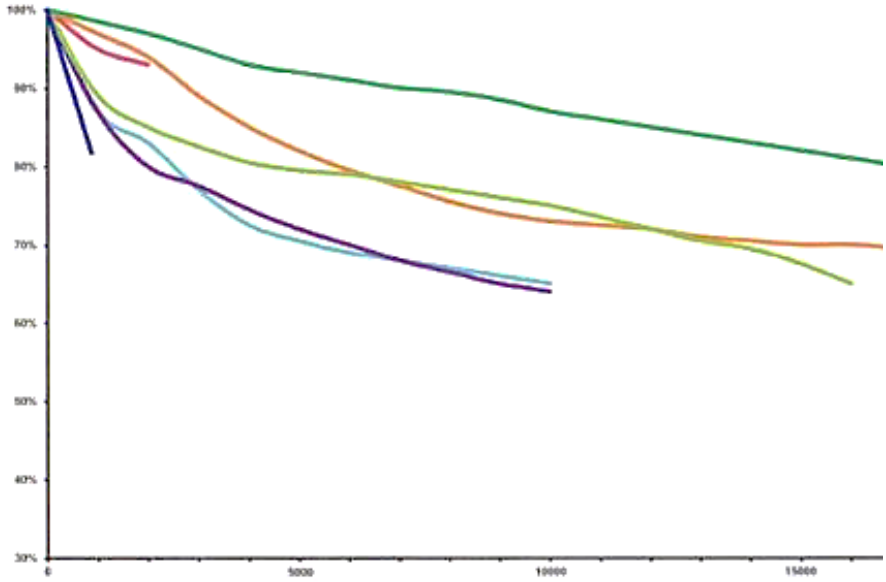
Led ها دارای پارامترها و مشخصات بسیاری هستند که باید در تکنولوژی ساخت مورد توجه قرار گیرند که برخی از این مشخصات در زیر عنوان می شوند.

- **طول عمر**
- **زمان پاسخ دهی**
- **سوئیچینگ**
- **توان مصرفی**
- **تغییر رنگ**
- **تنظیم شدت نور**
- **تنظیم زاویه تابش**
- **جریان راه اندازی**
- **کاهش شدت نور**

**تحلیل پارامترهای LED:**

- **شار نوری یا Ø**

شار نوری مهمترین کمیت روشنایی است و عبارتست از، کل توان نوری که از یک منبع نور در واحد زمان در همه جهات مختلف در فضا منتشر می گردد. واحد شار نوری لومن[1] می باشد که با lm نشان داده می شود. در حالت ساده کل نور خارج شده از یک منبع نوری در واحد زمان در تمام جهات در فضا را شار نوری می‌گویند. همچنین حفظ شار نوری، نسبت شار نوری یک لامپ در زمان معینی از طول عمر به شار نوری اولیه که تحت شرایط تعیین شده اندازه‌گیری می شود، می باشد. شار نوری یک لامپ با گذر زمان کاهش می‌یابد و عوامل زیادی نظیر گرما بر روی آن تاثیر گذار است. در اکثر منابع نوری پایان طول عمر لامپ هنگامی است که لامپ بسوزد و هیچ نوری از خود ساطع نکند، ولی در منبع نور Led هنگامی که شار نوری لامپ به هفتاد درصد شار نوری اولیه برسد، به پایان عمر خود رسیده است و به همین دلیل در تعریف طول عمر، عامل دیگری به نام حفظ شار نوری نیز وارد شده است. در نمودار زیر میزان حفظ شار نوری در لامپ های مختلف مقایسه شده است.




مقایسه میزان حفظ شار نوری در لامپ های مختلف

مطابق نمودار ارائه شده، محور عمودی میزان درصد حفظ شار نوری و محور افقی ساعت کارکرد را نشان می دهد.

- **شدت نور یا L**

شدت نور عبارت است از مقدار شار نوری تابیده شده بر واحد سطحی که به طور عمود بر آن می تابد، که واحد آن لومن بر متر مربع یا لوکس می باشد و به صورت زیر محاسبه می گردد.

$$E = \frac{Q}{A}$$

نسبت شار خروجی مفید به کل شار اسمی لامپ را ضریب بهره گویند و آن را با CU نمایش می دهند. علاوه بر کاهش نور خروجی بر اثر انعکاس در محفظه لامپ، عواملی دیگر نیز باعث کاهش نور خروجی می شوند، از قبیل کاهش نور بر اثر کثیف بودن سطح چراغ، کاهش نور بر اثر فرسودگی و... که همه این عوامل با ضریبی تحت عنوان ضریب کاهش نور نشان داده می شود. با توجه به پارامترهای ضریب بهره و ضریب کاهش نور رابطه شار خروجی مفید یا Q و کل شار اسمی لامپ $Q'$ به صورت زیر بررسی می شود.

$$Ø = Ø' \times LLF \times CU$$

[1] lumen

با توجه به روابط بالا شدت نور با شار اسمی به صورت زیر ارزیابی می شود.

$$E = \frac{Q}{A} = \frac{Ø_r \times LLF \times CU}{A}$$

ضریب بهره یا CU برای لامپ های گازی بسته به شکل چراغ، معمولاً ۳. تا ۴. می باشند در حالی که این مقدار برای لامپ های LED حداقل ۸. می باشد.

- **راندمان یا η**

راندمان لومن بر وات عبارت است از نسبت شار نوری یک لامپ بر توان الکتریکی. هر چه میزان شار نوری خروجی یک لامپ بیشتر باشتد، آن لامپ دارای بهره نوری بیشتری است. به عنوان مثال زمانی که بیان می شود یک لامپ دارای بهره نوری ۸۰ $\frac{Lm}{w}$ است، یعنی به ازای یک وات، هشتاد لومن نور می دهد.

$$\eta = \frac{Lm}{w}$$

- **نمود یا شاخص وضوح رنگ ( CRI یا RA )**

یکی از کمیت های مهم دیگر در منابع نور مصنوعی نمود یا شاخص وضو رنگ متی باشتد کته آن را بته اختصتار بتا CRI یا RA نشان می دهند و مقدار آن عددی بین صفر تا ۱۰۰ است. این شاخص بیانگر آن است که اشیاء در زیر نور منتشر شده توسط لامپ تا چه اندازه به رنگ واقعی نمایش داده می شوند.

- **دمای رنگ یا TC**

دمای رنگ عددی است که بر حس کلوین بیان میشود و به نوعی بیان کننده رنتگ نتور خروی می باشد که به اختصار آن را با TC نمایش می دهند. دمای رنگ برای مشخص کردن رنگ نور یک لامپ از طریق مقایسه آن با جسم سیاهی می باشد که هیچ نوری را منعکس نمی کند، بیان می شود. هر چه مقدار این عدد بیشتر باشد رنگ نور بیشتر به محدوده رنگ های سرد و سفید نزدیک است و هر چه این عدد کوچکتر باشد رنگ نور به محدوده رنگ های گرم نزدیکتر است.

**روش تحقیق :**

**بهینه سازی روش تکنولوژی ساخت LED :**

یکی از مهمترین مراحل ساخت یک لامپ led فرآیند فسفریزاسیون می باشد که بتا تغییر در پارامترها و نسبت ترکی مواد شیمیایی به کار رفته در آن صورت می پذیرد. از آنجایی که مهمترین پارامتر لامپ های led میزان لومن آن نیز می باشد، می توان با انجام آزمایشاتی بر روی led و تغییر میزان ترکیبات شیمیایی فسفر در آن با ثابت نگه داشتن توان لامپ میزان شار نوری را افزایش داد که این نیز موج افزایش راندمان و شدت روشنایی و... در لامپ می گردد. در این راستا آزمایشات انجام شده را مورد بررسی قرار می دهیم و نتایج انجام شده را در جدول های زیر تجزیه و تحلیل می کنیم.

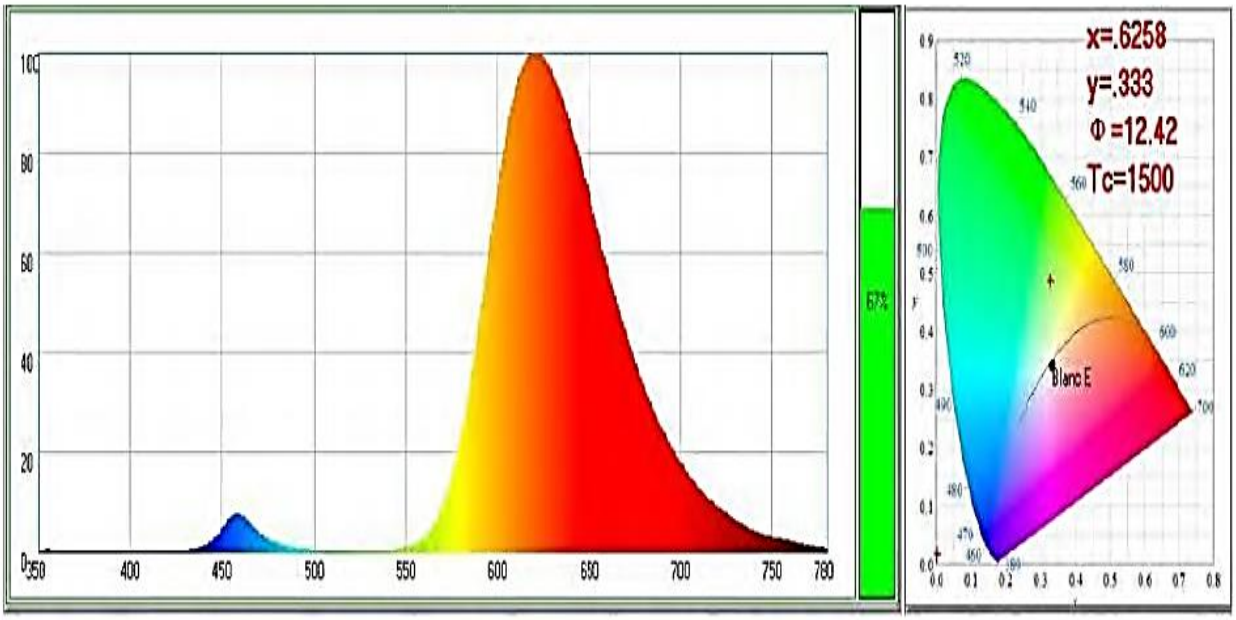
- **مدل شماره 1**

در این آزمایش مدل مورد نظر با ترکیب جدیدی در تکنولوژی ساخت led ها ورود پیدا کرده است که ساختار ترکیبی جدید را در جدول زیر ازریابی می نماییم.

| نوع جدید فسفرهای ترکیبی | B | A | J2 |
|---|---|---|---|
| میزان ترکیبات فسفر | 2 gr | .50 gr | .50 gr |
| شار نوری | 12.42lm | | |
| شاخص وضوح رنگ | 34.3 | | |

| | |
|---|---|
| **دمای رنگ** | 1500k |
| **توان** | 0.2 w |
| **راندمان** | 62.1 lm/w |

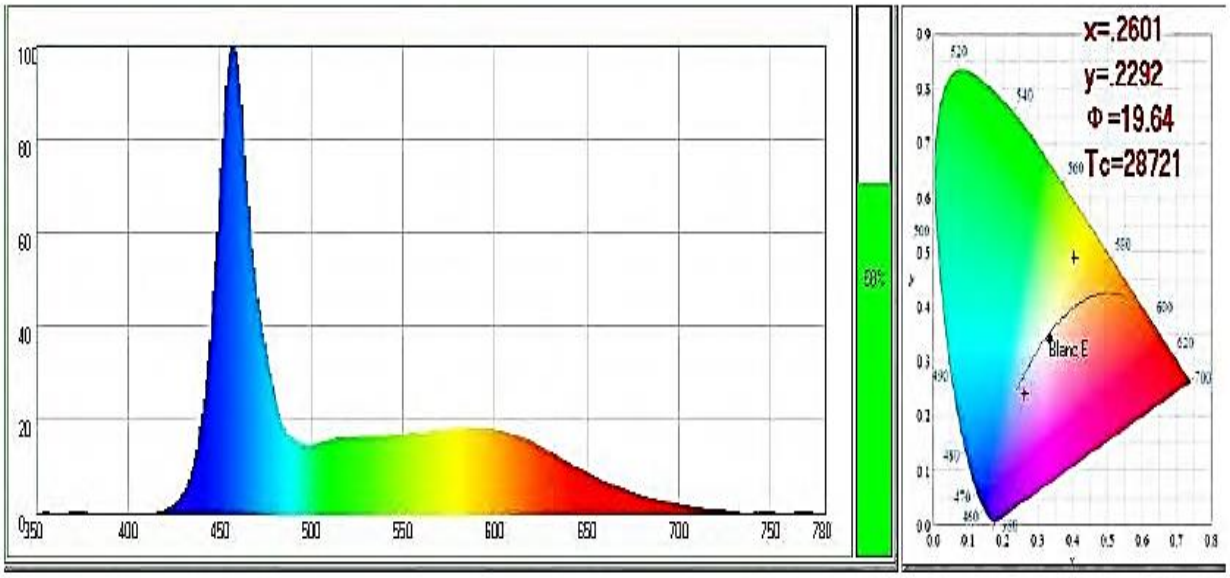
در شکل زیر نیز نمودار نرم افزاری دمای رنگ و موقعیت مکانی ساخت با مشخصات بالا را می توان مشاهده نمود.




- **مدل شماره 2**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **نوع جدید فسفرهای ترکیبی** | B | A | h2 |
| **میزان ترکیبات فسفر** | 2 gr | .55 gr | 1.1 gr |
| **شار نوری** | 19.64 lm | | |
| **شاخص وضوح رنگ** | 76.3 | | |
| **دمای رنگ** | 28721 k | | |
| **توان** | 0.2 w | | |
| **راندمان** | 98.2 lm/w | | |

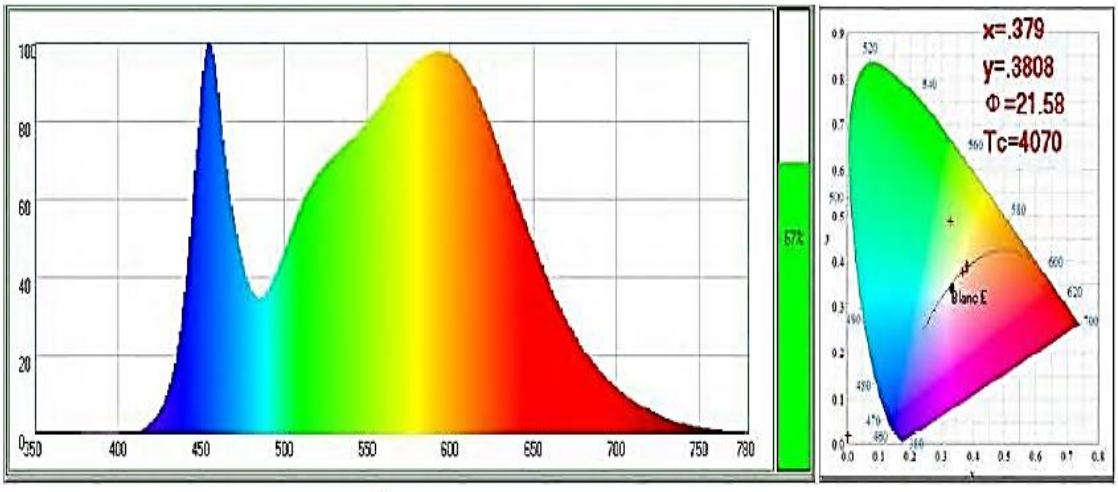
در شکل زیر نیز نمودار نرم افزاری دمای رنگ و موقعیت مکانی ساخت با مشخصات بالا را می توان مشاهده نمود.




- **مدل شماره 3**

| j2 | G1 | H2 | A | B | **نوع جدید فسفرهای ترکیبی** |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.03 gr | 1.3 gr | 0.13 gr | 1 gr | 4 gr | **میزان ترکیبات فسفر** |
| 21.58 lm | | | | | **شار نوری** |
| 83.1 | | | | | **شاخص وضوح رنگ** |
| 4070 k | | | | | **دمای رنگ** |
| 0.2 w | | | | | **توان** |
| 107.9 lm/w | | | | | **راندمان** |

در شکل زیر نیز نمودار نرم افزاری دمای رنگ و موقعیت مکانی ساخت با مشخصات بالا را می توان مشاهده نمود



**بررسی نتایج :**

حال برای درک بهتر این موضوع به بررسی کلی از نتایج آزمایش های انجام شده می پردازیم. با توجه به معیارهای مد نظر ما در این تحقیق در ادامه برخی پارامترهای اصلی و مشخص از جمله شار نوری و راندمان نهایی را بررسی می نماییم.

| نتیجه گیری | مدل 1 | مدل 2 | مدل 3 |
|---|---|---|---|
| شار نوری | 12.5 | 19 | 21 |
| راندمان | 62 | 98 | 108 |
| دمای رنگ | 1500 | 2870 | 4075 |
| توان | 0.2 | 0.2 | 0.2 |

**نتیجه گیری نهایی :**

با توجه به نتایج بدست آمده می توان این نتیجه گیری را کرد که با ثابت نگه داشتن توان می توان شار نوری را افزایش داد و به سب آن راندمان یا بهره لامپ را افزایش داد. با توجه به محاسبات فوق به این نتیجه می توان دست یافت، که با افزایش شار نوری به ازای هر LED SMD رسیدن به شار نوری کل دلخواه لامپ، علاوه بر کاهش توان مصرفی لامپ، میزان هزینه های جانبی نیز کاهش یافته، که این نیز موج صرفه جویی و بهینه سازی در مصرف انرژی می گردد. از آنجایی که افزایش میزان شار نوری در لامپ موج افزایش راندمان وکاهش توان مصرفی لامپ می شود، که به تبع آن کاهش مصرف انرژی در مقیاس بالا را منجر می شود، پس استفاده از فناوری جدید لامپ های led به جای سایر لامپ ها که در حال حاضر به منظور تامین روشنایی مورد استفاده قرار می گیرند، می تواند از هدر رفت میزان زیادی انرژی سالانه جلوگیری کرد و تا حدود ۷۰ الی ۹۰ درصد در مصرف برق صرفه جویی نمود، علاوه بر آن با استفاده از این روش پیشنهادی در فناوری لامپ های led شاهد کاهش روند نزولی هزینه های نگهداری، استهلاک و... لامپ های کنونی شده است.

**فهرست منابع :**

۱. جهان میهن، پریسا و تهمینه جلالی، ۱۳۹۰، بررسی کاواک بلور فوتونیک به منظور افزایش درخشندگیLE ، چهاردهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی برق ایران، کرمانشاه، دانشگاه کرمانشاه، سازمان علمی دانشجویی مهندسی برق کشور.
۲. امین پور, احمدرضا، ۱۳۹۳، چالش ها و راه کارهای توسعه LED در صنعت روشنائی، دومین همایش بین المللی روشنایی و نورپردازی ایران، تهران، شرکت همایش برنا.
3. Herkelrath, Laksberg, woods, A Brighter Future: Advance in LED Energy Efficient Lighting Technology, university of Washington Global Commercialization of Environmental Technologies, 2015.
4. Sandall, J., Soltani, H., Gates, S., Shennan, A., & Devane, D. (2016). Midwife-led continuity models versus other models of care for childbearing women. Cochrane database of systematic reviews, (4).
5. Liu, J., Zhang, W., Chu, X., & Liu, Y. (2016). Fuzzy logic controller for energy savings in a smart LED lighting system considering lighting comfort and daylight. Energy and Buildings, 127, 95-104.