بیست و هشتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و چهاردهمین
کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک
ایران،
دانشگاه شهید چمران اهواز،
خوزستان، ایران.
12-14 بهمن 1400

تشخیص سلامت ال ای دی به کمک میکروسکوپ ساخته شده فوتولومینسنس

محمد هندیجانی فرد

دانشگاه شیراز، دانشکده مهندسی مکانیک

Mohammad.hendijani@shirazu.ac.ir

چکیده - در این مقاله، ساخت یک دستگاه میکروسکوپ فوتولومینسنس تشریح شده است. تحریک نوری فوتولومینسنس به توسط یک سری لیزر در طول موج ۴۰۵ نانومتر صورت گرفته است. طول موج اسپکتروم دریافتی با فیلتر دایکرویک در بازه ۵۲۵ نانومتر دریافت شده است. با استفاده از دستگاه میکروسکوپ فوتولومینسنس اسپکتروم نوری ال ای دی های در طول موج ۵۲۵ نانومتر تحریک شده اند. ال ای دی هایی که کارکرد مناسبی ندارند بدون حتی اتصال به منبع الکتریکی در عکس های فوتولومینسانس به صورت تاریک ضبط می شوند. بدین ترتیب سلامت ال ای دی ها در حین ساخت ال ای دی قابل تشخیص می باشد.

کلید واژه- ال ای دی، ساخت میکروسکوپ فوتولومینسنس.

Process Photoluminescence Microscope Built to Recognize Dead LEDs

Mohammad Hendijanifard, Assistant Professor

School of Mechanical Engineering, Shiraz University, Mohammad.hendijani@shirazu.ac.ir

Abstract- A photoluminescence microscope is built using continuous wave 405 nm excitation lasers. The photoluminescence objects for this work are green light emitting diodes (LEDs). The emission of these LEDs occurs at 525 nm. If the LEDs are not shorted, they photoluminesce at 525 nm. Therefore, the dead LEDs look dark under photoluminescence microscope. Photoluminescence microscope can identify dead LEDs before even connecting them to the electric source. The use of such a microscope is within the process of manufacturing LEDs.

Keywords: Building Photoluminescence Microscope, Light Emitting Diodes.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

مقدمه

میکروسکوپ فوتولومینسانس و فلورسنس کاربردهای مختلفی دارند. پدیده فتو لومینسنس یا فلورسنس زمانی اتفاق می افتد که یک جسم طول موج انرژی بالاتر را جذب می‌کند و در طول موج با انرژی پایین تر تابش می نماید. در علوم بیو از کلمه میکروسکوپ فلورسانس بیشتر استفاده می شود. در تولید ال ای دی ها، کلمه فوتولومینسانس بیشتر کاربرد دارد.

یک ال ای دی، طول موج به خصوصی دارد برای مثال ال ای دی های سبز رنگ ممکن است دارای طول موج تابش ۵۲۵ نانومتر باشند. در صورتی که چاه های کوانتومی ال ای دی اتصالی شده باشند تابش ندارند. بنابراین با استفاده از یک میکروسکوپ فوتولومینسانس در حین تولید ال ای دی ها، می توان پی برد که آیا ال ای دی اتصال داخلی دارند و یا خیر. به عبارت دیگر وقتی ال ای دی در حال تولید می باشند و هنوز حتی امکان اتصال به منبع الکتریکی نمی باشد، یک میکروسکوپ فوتولومینسانس قادر به تشخیص سالم بودن و یا مشکل دار بودن ال ای دی ها می باشد. منابع ۱، ۲ و ۳ راجع به پدیده فوتولومینسانس در ال ای دی ها به صورت تشریحی توضیح داده اند.

در مقاله حاضر، یک میکروسکوپ معمولی به یک میکروسکوپ فوتولومینسانس تغییر کاربری داده شده است. این کار توسط قرار دادن یک سری لیزر حول میکروسکوپ معمولی و فیلتر کردن تابش های اضافی، صورت گرفته است. همچنین عکس های فوتولومینسانس در ال ای دی ها ارائه شده است.

راه اندازی تجربی و نتایج

در شکل ۱ نمای اسکماتیک کناری از میکروسکوپ فوتولومینسانس ساخته شده، ارائه شده است. این میکروسکوپ شامل یک هسته مرکزی می باشد که شامل یک میکروسکوپ معمولی نایکون تغییر کاربری داده شده، می باشد. یک سری لیزر به طول موج ۴۰۵ نانومتر حول محور عمودی میکروسکوپ کار گزاری شده است. وظیفه لیزر ها تحریک یکنواخت فوتولومینسانس جسم مورد نظر می باشد. لیزرها در طول موج انرژی بالاتر، ۴۰۵ نانومتر، جسم مورد نظر را تحریک نوری می نمایند و جسم مورد نظر پس از جذب نور، فوتون های با انرژی پایین تر را به صورت فوتولومینسانس تابش می کند. اجسام مورد نظر در این کار ال ای دی های سبز رنگ می باشند که در طول موج ۵۲۵ نانومتر فوتولومینسانس می‌کنند. مسیر دوربین میکروسکوپ توسط یک فیلتر و دوربین و یا اسپکترومتر تجهیز شده است. اسپکترومتر قادر به اندازه گیری طول موج فوتولومینسانس تابش شده توسط ال ای دی می باشد. شکل ۲ نمای اسکماتیک بالای میکروسکوپ فوتولومینسانس را نمایش داده است. هفت لیزر حول محور مرکزی میکروسکوپ به صورت یکنواخت جایگذاری شده اند. لیزرها وظیفه تحریک یکنواخت نوری را بر عهده دارند. نور میکروسکوپ معمولی در حالت استفاده از میکروسکوپ فوتولومینسانس قطع می شود. مسیر میکروسکوپ معمولی برای جهت یابی به نقطه مورد نظر مورد استفاده قرار می گیرد.

در شکل های ۱ و ۲ نور تابیده شده توسط لیزر با رنگ بنفش نمایش داده شده است و نور فوتولومینسانس توسط ال ای دی با رنگ سبز نمایش داده شده است.

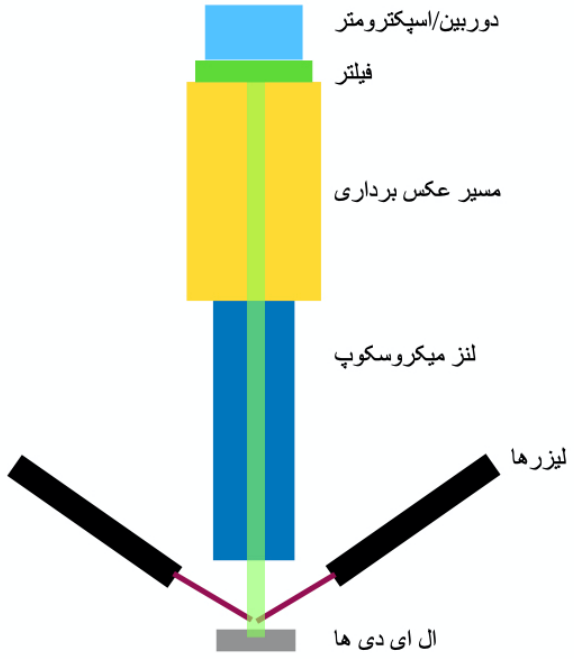
شکل ۳ تصویری از فوتولومینسانس ال ای دی ها را نمایش می دهد. برخی از ال ای دی ها روشن نمی شوند. دلایل مختلفی برای عدم کارکرد ال ای دی ها ممکن است وجود داشته باشد. یکی از دلایل عدم کارکرد صحیح ال ای دی ها اتصال داخلی چاه های کوانتومی ال ای دی ها می باشد. دلایل دیگری برای عدم کارکرد ال ای دی ها نیز وجود دارد. در صورتی که دلیل عدم کارکرد ال ای دی ها اتصال داخلی باشد، به احتمال زیاد و شاید تنها روش تشخیص صحیح عدم کارکرد می تواند دریافت اسپکتروم نوری توسط دستگاه میکروسکوپ فوتولومینسانس باشد.

ال ای دی های شکل ۳ به منبع الکتریکی متصل نمی باشند و نور ساتع شده از آن ها، همان نور فوتولومینسنس می باشد. ال ای دی هایی که روشن نمی شوند به راحتی در عکس فوتولومینسانس قابل تشخیص می باشند. در صورتی که ال ای دی ها در عکس فتو لومینسانس روشن نشوند به این معنی می باشد که ال ای دی دارای اتصال داخلی در چاه های کوانتومی می باشد. برخی از ال ای دی های نمایش داده شده در این عکس اصلاً فوتولومینسانس نمی‌کنند و در نتیجه دارای اتصال

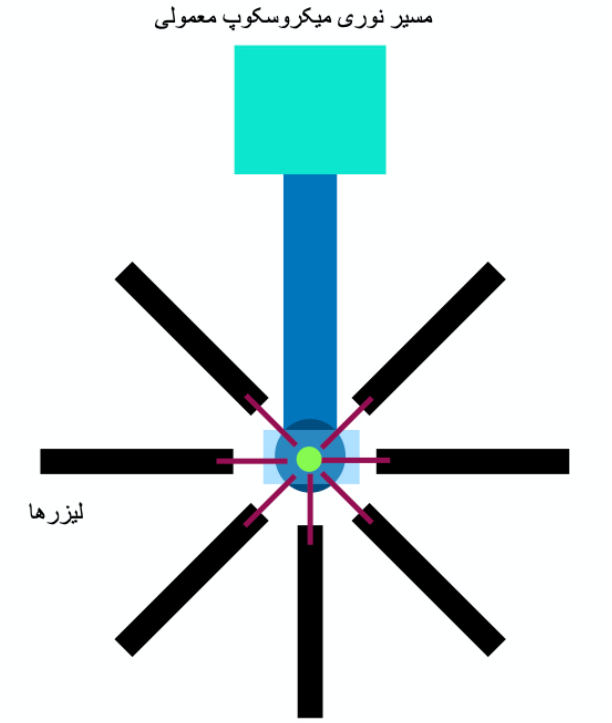
[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

داخلی می باشند. این ال ای دی ها در شکل ۳ تشخیص داده شده اند و با علامت دایره قرمز نماد گذاری شده اند .

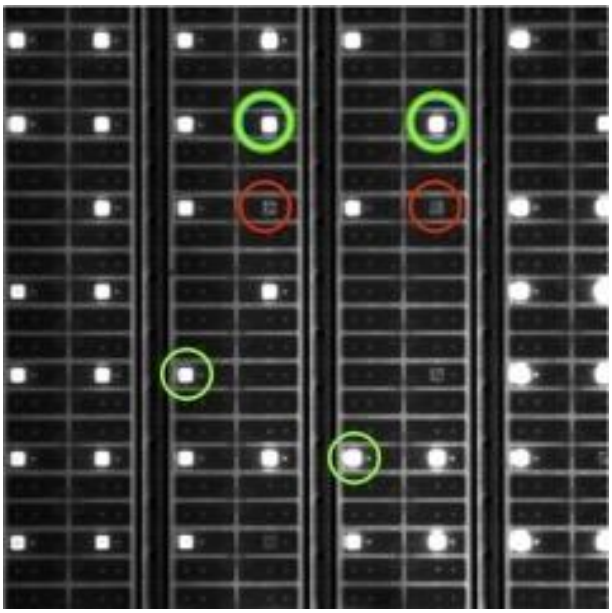
همانطور که در عکس ۳ مشاهده می شود حتی بدون اتصال الکتریکی ال ای دی ها به منبع الکتریکی می توان تشخیص داد که ال ای دی ها سالم هستند و یا خیر. کاربرد عمده این تشخیص در حین تولید ال ای دی ها در خط تولید می باشد. وقتی ال ای دی ها در خط تولید بر روی ویفر قرار دارند راه بخصوصی برای اتصال الکتریکی و تست ال ای دی ها موجود نمی باشد. بنابراین یکی از معدود روش های تشخیص توسط میکروسکوپ فوتولومینسانس می باشد. می توان به سادگی ال ای دی ها را در حین تولید مورد آزمایش قرار داد و از صحت کارکرد داخلی آن ها مطمئن شد. ال ای دی هایی که سالم نمی باشند در عکس فوتولومینسانس تاریک می باشند. در نتیجه کارکرد عملی میکروسکوپ فوتولومینسانس ساخته شده در این کار، در میانه خط تولید ال ای دی ها و برای تست و پیشگیری سریع در پیش تولید می باشد.



شکل ۱: نمای اسکماتیک کناری میکروسکوپ فوتولومینسانس. لیزرهای ۴۰۵ نانومتری حول محور مرکزی لنز میکروسکوپ جایگذاری شده اند. درحین فوتولومینسانس، نور میکروسکوپ نوری خاموش می شود و لیزرها تنها منبع ایجاد نور می باشند. لیزرها جسم مورد نظر را تحریک نوری می کنند. در این مورد جسم مورد نظر، ال ای دی های سبز رنگ می باشند که تابش فوتولومینسانس در ۵۲۵ نانومتر می کنند.



شکل ۲: نمای اسکماتیک بالایی از میکروسکوپ فوتولومینسانس. هفت لیزر به دور محور مرکزی میکروسکوپ چیده شده اند. هدف از این چیدمان، یکنواخت سازی نور تحریکی برای میکروسکوپ فوتولومینسانس می باشد.



[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

شکل ۳: عکس فتو لومینسانس از ال ای دی های سبز رنگ. درحین فوتولومینسانس، منبع الکتریکی متصل به ال ای دی ها قطع شده است و نور متصاعد از ال ای دی ها، نور فوتولومینسانس تحریک شده توسط لیزر می باشد. ال ای دی هایی که دارای اتصال داخلی نمی باشند روشن شده اند. ال ای دی هایی که دارای مشکل اتصال داخلی می باشند با دایره قرمز نمایش داده شده اند و چند نمونه از ال ای دی های سالم با دایره سبز نمایش داده شده اند.

نتیجه گیری

در این مقاله ساخت یک میکروسکوپ فوتولومینسنس با کاربرد تشخیص ال ای دی های ناسالم تشریح شده است. به عنوان یک مثال کاربردی، یک سری ال ای دی سالم و ناسالم توسط این میکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفت و ال ای دی های ناسالم شناسایی شدند.

میکروسکوپ فوتولومینسانس با استفاده از یک میکروسکوپ نایکون ساخته و عکس های ال ای دی ها در حالت فوتولومینسانس دریافت شده است. عکس فوتولومینسانس با قطع اتصال الکتریکی ال ای دی ها گرفته شده است. علت روشن نشدن برخی از ال ای دی ها اتصال داخلی می باشد و در عکس فتو لومینسانس روشن نمی شوند. این ال ای دی ها در عکس فتو لومینسانس تاریک می باشند زیرا چاه های کوانتومی آنها دارای اتصال داخلی می باشد.

ال ای دی های دارای مشکل اتصال داخلی، می توانستند خیلی پیشتر از این و در حین تولید ال ای دی ها و در خط تولید بر روی ویفر تشخیص داده شوند. یکی از کاربردهای میکروسکوپ فوتولومینسانس ساخته شده در این کار، استفاده در تست ال ای دی ها در میانه خط تولید آن ها می باشد.

مرجع‌ها

[1] A. Jaros, J. Hartmann, H. Zhou, B. Szafranski, M. Strassburg, A. Avramescu, A. Waag, and T. Voss, " Photoluminescence of planar and 3D InGaN/GaN LED structures excited with femtosecond laser pulses close to the damage threshold," Scientific Reports, Vol. 8, Article number 11560, 2018.

[2] M. Schubert, Q. Dai, J. Xu, J.K. Kim, and E.F. Schubert, "Electroluminescence induced by photoluminescence excitation in GaInN/GaN lightemitting diodes," Applied Physics Letters, 95, 191105, pp. 1-3, 2009.

[3] S. Sharma, T. Tingberg, I. Carrasco, M. Bettinelli, D. Kuylenstierna, M. Karlsson, "Photoluminescence Properties and Fabrication of Red-Emitting LEDs based on $Ca_9Eu(VO_4)_7$ Phosphor," ECS Journal of Solid State Science and Technology, 9, 016004, 2020.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]