بیست و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و هفتمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۲۳ تا ۲۵ دی ماه ۱۳۹۳، دانشگاه شهید بهشتی

ساخت دیود نورگسیل آلی با استفاده از اکسایتون های الکتروپلکس در لایه PVK:PBD

سید حسین رضوی، عزالدین مهاجرانی

مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران، پژوهشکده لیزر و پلاسمای دانشگاه شهید بهشتی

چکیده - در این مقاله الکترولومینسانس ترکیب PVK:PBD در ساختار چند لایه ای مورد بررسی قرار گرفته است لایه های ساختار OLED شامل ITO / PEDOT:PSS/ PVK:PBD/AL می باشد. پس از اعمال ولتاژ ۰ تا ۳۰ ولت تغییرات طیف رنگی از ۴۵۲ تا ۵۵۴ نانومتر بر اساس تغییر ولتاژ دیده شد. این تغییر قابل توجه برابر ۱۰۰ نانومتر می باشد و پیش از این گزارش نشده است که طیفی را از نور آبی تا نارنجی شامل می شود.

کلید واژه- OLED، الکترولومینسانس، اکسایتون، الکتروپلکس

Construction of Organic light emitting diode by electroplex exiton in PVK:PBD layer

Seyed Hossein Razavi, Ezeddin Mohajerani

Iranian National Laser Center, Laser and plasma Research Institute- shahid beheshti university

Abstract- In this paper we consider the electroluminescence of PVK(polyvinyl carbazole):PBD (۲-(۴-Biphenylyl)-۵-phenyl-۱،۳،۴-oxadiazole) in multilayer structure. The layers of the OLED consequently include ITO/ PEDOT:PSS((poly(۳،۴-ethylenedioxythiophene):poly(styrenesulfonate)) /PVK:PBD/AL. After we impose voltage to the device from ۰ to ۳۰ volts the peak of spectrum of device changes ۴۵۲ to ۵۵۴nm it is about ۱۰۰ nm that is not reporting before it. This result show tuning of OLED from blue to orange color.

Keywords: OLED, Electroluminescence, Exiton, Electroplex

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-01]

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

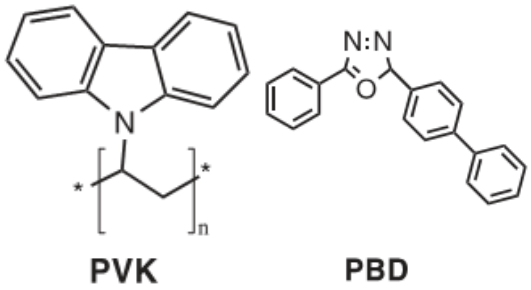
مقدمه

دیود نور گسیل آلی در مجامع تحقیقات علمی در دهه اخیر موضوع پژوهش های علمی قرار گرفته است. این توجه به دلیل ویژگی های خاصی از جمله هزینه سنتز کم، امکان فراوری مواد با قیمت پایین، امکان تولید در مقیاس بالا، بهره تولید نوری بالا و تولید وسیله به روشی ساده و هزینه پایین، است[۱]. در این وسیله، درشرایط عادی، گسیل نور از اکسایتون هایی یک ماده که به صورت مجزا از مواد دیگر تشکیل شده، ایجاد می گردد. اما مکانیسمی وجود دارد که اکسایتون در دو ماده تشکیل می شود. و یک واحد اکسایتونی را تشکیل می دهد، که الکترومپلکس نامیده می شود. در این روش، یک ماده انتقال دهنده خوب الکترون که دارای سطح انرژی LUMO پایین و سطح انرژی HOMO بالا است با یک ماده دیگر که انتقال دهنده خوب حفره با سطح انرژی HOMO پایین و سطح انرژیLUMO بالا ترکیب شده و یا بر روی یکدیگر لایه نشانی می شود و به دلیل سد انرژی که هر کدام از حامل های درهنگام انتقال از یک ماده به ماده دیگر در ولتاژ های بالای وسیله نور گسیل با آن مواجه اند، حامل های بار درسطح مشترک بین دو ماده مختلف همدیگر را ملاقات می کنند. بنابراین احتمال تشکیل اکسایتون بین دو مولکولی افزایش می یابد. این پدیده در ولتاژ های بالاتر در مقایسه با الکترولومینسانس عادی حاصل از اکسایتون های معمولی با شدت بیشتری اتفاق می افتد [۲،۳]. تحقیقات در این زمینه برآن است که علاوه بر پایین آوردن ولتاژ کاری در این روش عملکردی میزان گسیل الکترولومینسانس و میزان پهنای طیفی حاصل از تغییر ولتاژ دراین نوع وسیله را افزایش دهد. در این تحقیق بر آن شدیم که گسیل حاصل از الکتروپلکس ترکیب نانو مقیاس PVK:PBD را که در پژوهش **Negres** [۴] ماهیت اکسایتون های آن مورد بررسی قرار گرفته است را مطالعه کنیم.

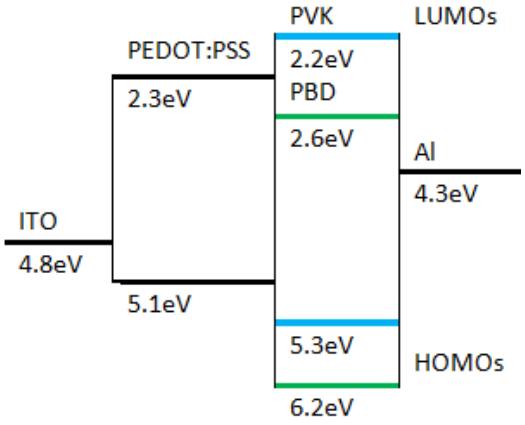
آزمایش

برای ساختن وسیله ابتدا ITO لایه نشانی شده بر روی زیر لایه شیشه ایی به طور کامل شسته شده در حمام آلتراسونیک به ترتیب با آب دیونیزه شده ، استون، دی کلرواتان و متانول انجام میشود. PEDOT:PSS به عنوان انتقال دهنده حفره بر روی ITO به روش لایه نشانی چرخشی به اندازه ۹۰ نانو متر لایه نشانی شد. لایه ی لایه نشانی شده در ۱۲۰ درجه سانتی گراد پخت شد. این پختن باعث می شود که لایه پخت شده همواری بهتری پیدا می کند. لایه گسیلنده که شامل حلال دی کلرو اتان در PVK:PBDبا نسبت ۱۰۰:۴۰ وزنی به روش لایه نشانی چرخشی لایه نشانی می شود و بعد از آن در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد در آون گذاشته می شود. بعد از این لایه AL به روش تبخیری لایه نشانی می شود ضخامت این لایه ۲۰۰ نانومتر است در این مرحله وسیله کامل ساخته می شود(شکل ۲). تمام مواد از شرکت Alderich Sigma خریداری شده است.

با اعمال ولتاژ توسط دستگاه منبع تغذیه Keithley ۲۴۰۰ اندازه گیری نمودار ولتاژ-جریان انجام می شود و الکترو لومیناس(EL) طیف گسیلی توسط دستگاه Ocean optics USB۲۰۰ انجام می شود ناحیه فعال $۰,۲۵\ cm^{۲}$ است. تمام ضخامت ها توسط دستگاه DekTak ۸۰۰۰ اندازه گیری می شود.



شکل۱: ساختارمولکول های PVKو PBD



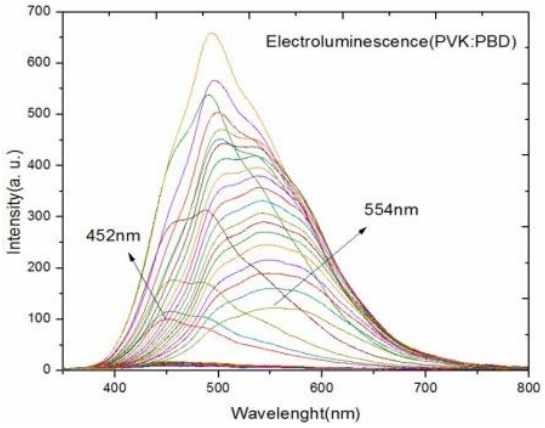
شکل۲: ساختار دیود نورگسیل

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-01]

نتایج و بحث

در شکل ۲ تراز های انرژی بر حسب الکترون ولت برای مواد موجود در ساختار آورده شده است که از مرجع[۵] استخراج شده است. گاف انرژی برایPBD وPVK طول موج های ۳۵۰ تا ۴۰۰ نانومتر را شامل می شود. این میزان گاف انرژی با در نظر گرفتن اثر انبوهه شدن یا بازآرایی اگزایمر و اگزایمپلکس در فیلم جامد با یک جابجایی طول موجی مشابه آنچه در فوتولومینسانس در ترکیب PVK:PBD دیده می شود در ۴۳۲ نانومتر قرار می گیرد [۶] اما قله طول موجی ۴۵۰نانومتر به بالا مربوط به تبادل الکترونی PVKوPBD می باشد که اختلاف انرژی ۲,۷الکترون ولت را شامل می شود . اگر به این مقدار اثر کاهش تراز انرژی به دلیل انبوهه شدن به دلیل وجود دو گروه اکسیدازول و کربازول را اضافه کنیم در آن صورت می توان جابجایی به سمت قرمز بیشتری را در وسیله مشاهده کرد. طیف الکترولومینسانس وسیله که در شکل ۳ نشان داده شده است با تغییر ولتاژ مستقیم از ۰ تا ۳۰ ولت تغییر می کند قله طول موجی از ۴۵۲ نانومتر تا ۵۵۴ نانومتر تغییر می کند. این تغییر برابر ۱۰۲ نانومتر است. این جابجایی به سمت قرمز که در طیف مشاهده می شود با طیف فوتولومینسانس و الکترولومینسانس در ولتاژ هر ماده به صورت مجزا متفاوت است . این نتیجه نشان می دهد که طیف جدیدی در ترکیب حاصل از دو ماده ایجاد شده است. در شروع اعمال ولتاژ طیف حاصل از وسیله مربوط به اگزایمر ایجاد شده در دایمر های PVK و دایمر های PBD و هینطور دایمر های اگزایمپلکس PVK *PBDو PVK*PBD می باشد که همپوشانی می کنند و در مجموع طیف ترکیبی اگزایمر و اگزایمپلکس را در ولتاژ پایین تشکیل می دهد. این اثر قبلا در کار تحقیقاتی Glowacki و همکارانش بررسی شده است[۷]. Glowacki علاوه براکسایتون های سینگلت اکسایتون های تریپلت را نیز بررسی کرده است که چون مقدار قابل ملاحظه ای از اکسایتون های تریپلت در این ترکیب وجود ندارد نمی تواند قله بالاتر از ۴۵۰ نانومتر ناشی از آن باشد و نیز دلیل دیگر این است که طیف الکتروفسفرسانس با تغییر ولتاژ تغییر قابل توجهی نمی کند. لذا این تغیر طیف اثبات می کند که این طیف مربوط به اکسایتون های تریپلت نمی باشد.Jiang [۸]

وهمکارانش برای الکترولومینسانس PVK قله ای متفاوت را مشاهده کرده اند که آن را به الکترومر نسبت داده اند این در حالی است که در همان ناحیه برای PVK:PBD نیز قله ای متفاوت وجود دارد که درباره آن بحثی نشده است و آن را در امتداد اگزایمپلکس مفروض دانسته اند. با توجه به اینکه با تغییر ولتاژ این طیف افزایش پیدا کرده است تنها می توان این اثر را به الکتروپلکس منتسب کرد. در این شرایط الکترون ها و حفره هایی که سد های انرژی بالایی به دلیل وجود مواد غیر یکسان در مقابل خود- برای حفره ها PBD و برای الکترون ها PVK – می بینند، تماما پشت سد انرژی جمع می شوند و شرایط را برای ایجاد گسیل الکتروپلکس مهیا می کنند. این خیلی مورد توجه است که گسیل معمولی هر وسیله بعد از گسیل الکتروپلکس آن در ولتاژ بالا حذف می شود و با تغییر ولتاژ می توان نور را از آبی به قرمز جابجا کرد.



شکل۳: طیف الکترولومینسانس وسیله

نتیجه‌گیری

۱۰۲ نانومتر تغییر در قله الکترولومینسانس با تغییر ولتاژ از ۰ تا ۳۰ولت مشاهده می شود که این میزان تغییر طیفی در این مواد قبلا گزارش نشده است. این می تواند به دلیل استفاده از لایه PEDOT:PSSباشد که با تسهیل رسیدن حفره ها به لایه نورگسیل شرایط تعادلی را برای حفره ها ایجاد کرده تا میزان آنها در پشت سد انرژی با الکترونها متوازن شود این عامل از این جهت که تعداد حفره ها در حالت عادی در PVK کمتر از الکترونها در PBD است مورد توجه است. گستره طیف در طول موج های بالاتر با توجه به متغییر بودن با ولتاژ که وابستگی به

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-01]

جریان الکترونی را مطرح می کند، تنها می توان به انبوهه شدن الکترون ها پشت سد انرژی نسبت داده شود و تراز های تریپلت را که در مرجع [۷] بررسی شده است را نمی توان عامل آن دانست چون الکتروفسفرسانس در این مواد بسیار ضعیف است و گروه های دهنده و گیرنده الکترون اکسیدازول و کربازول موجود در نمونه تنها می توانند شرایط را برای بازآرایی مولکول ها و کنترل تراز های مولکولی و ایجاد تله الکترونی برای تسهیل فرآیند الکترومر و الکترومپلکس مهیا کنند . لذا گستردگی دامنه وسیع تغییرات، مربوط به گسیل الکتروپلکس است. گسیل معمولی هر وسیله بعد از گسیل الکتروپلکس غیر محسوس می گردد و در پوش گسیل الکترپلکس قرار می گیرد. با این نتایج پیشنهاد می شود که موادی سنتز شود که یکی از آنها دارای سطح انرژی HOMO پایین سطح LUMO بالا و دیگری بر عکس باشد از این طریق اثر الکتروپلکس را افزایش داد البته باید رسانایی هر دو ماده نیز افزایش یابد تا وسیله در ولتاژ کمتری کار کند. این امر منجر به مفهوم جدیدی از وسایل نورگسیل OLED می گردد.

سپاسگزاری

از آقای امیر خبازی به خاطر همکاری ایشان در انجام آزمایشات کمال تشکر و قدر دانی را دارم.

مراجع

[۱] Evanoff D. , Lawrence J. R., Huebner C. F., Poly(methyl methacrylate) Copolymers Containing Pendant Carbazole and Oxadiazole Moieties for Applications in Single-Layer Organic Light Emitting Devices, **Journal of Polymer Science** ۴۶ (۲۰۰۸)۷۸۸۲–۷۸۹۷.

[۲] Zhang F., Sun F., Shi Y., Electroplex emission from bi-layer blue emitting organic materials, **Physica Scripta** ۷۵(۲۰۰۷)۴۰۷–۴۱۰.

[۳] Wang Y. and etal, Electroplex emission from ablend of poly(N-vinylcarbazole) and ۲،۹ dimethyl-۴،۷-diphenyl-۱, ۱۰-phenanthroline, **European Polymer Journal** ۴۱ (۲۰۰۵)۱۰۲۰-۱۰۲.

[۴] Negres R. A., Gong Xi., Moses D., Heeger A. J., The nature of excited states in PVK:PBD polymeric host for organic light-emitting diodes , Conference on Lasers and Electro-Optics Baltimore, Maryland United States,۲۰۰۳

[۵] Wang J., Gou J., Li W., Phosphorescent Molecularly Doped Light-Emitting Diodes with Blended Polymer Host and Wide Emission Spectra, **The Scientific World Journal** Volume ۲۰۱۳ (۲۰۱۳)۱-۵.

[۶] Chowdhury P. S., Saha S., Patra A.,The role of semiconducting hosts on photoluminescence efficiency, **Chemical Physics Letters** ۴۰۵ (۲۰۰۵) ۳۹۳–۳۹۷

[۷] Glowacki I., Szamel Z., The nature of trapping sites and recombination centres in PVK and PVK–PBD electroluminescent matrices seen by spectrally resolved thermoluminescence, **Journal of Physics D: Applied Physics**,۴۳ (۲۰۱۰),pp.۲۹۵۱۰۱.

[۸] Jianga X. R. A. Register,Kelly A. Killeenc Mark E. Thompson,Florian Pschenitzka, Thomas R. Hebner,d) and James C. Sturm, Effect of carbazole–oxadiazole excited-state complexes on the efficiency of dye-doped light-emitting diodes, **Journal of applied physics** , ۹۱ (۲۰۰۲) ۶۷۱۷-۶۷۲۴.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-01]