بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز

بررسی تجربی جذب سطحی و انتقال الکترون نانو ذرات گرافن و مولکولهای رودامین 6G با استفاده از روش فلوئورسانس القائی لیزری

محمد رضا تاجیک، پرویز پروین، علی بوالی، سروش مهردادی و حسن غفوری فرد

دانشکده مهندسی انرژی و فیزیک، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

چکیده - در این پژوهش به بررسی جابجایی طیف فلوئورسانس سوسپانسیون نانو ذرات گرافن در محلول رودامین *6G* پرداخته شده است . نتایج حاکی از جابجایی طیف به سمت طول موجهای کوتاه تر (جابجایی آبی) در غلظت های مختلف رودامین *6G* است . با افزایش غلظت گرافن مقدار جابجایی آبی طیف افزایش می یابد . جابجایی آبی طیف ناشی از مکانیسم جذب سطحی رودامین *6G* توسط گرافن و انتقال الکترون از رودامین برانگیخته به گرافن است.

کلید واژه- فلوئورسانس القائی لیزری، رنگدانه رودامین 6G، نانوذرات گرافن، جذب سطحی

Experimental investigation of eliectron transfer anf surface absorption of Diamond nanoparticles and Rhodamine 6G molecules using Laser Induced Fluoresence technique

M. Tajik , P. Parvin, A.Bavali, S. Mehrdadi and H. Ghafouri Fard

Energy and Physics Department, Amirkabir University of technology: P.O. Box 15875-4413, Tehran, Iran

Abstract- In this paper we study the surface absorption of graphene nanoparticles on Rhodamine 6G molecules and electron transfer from dye molecules to Diamond nanoparticles using laser induced fluorescence spectroscopy. Second harmonic of ND:YAG laser with wavelength of 532 nm is used for excitation. Our results indicate that the addition of graphene nanoparticles to Rd6G solutions causes shift of fluorescence pick wavelength of Rd6G to lower wavelengths. We attribute these blue shifts to chemical interactions between graphene nanoparticles and Rd6G molecules.

Keywords: Graphene nanoparticles, Laser Induced Fluorescence, Rhodamine 6G, surface absorption

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-20]

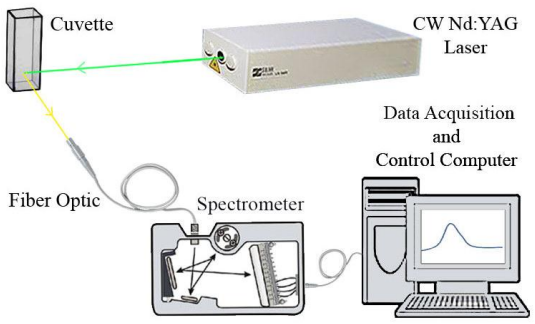
۱- مقدمه

در هیبریدهای نانوذرات و محلول رنگدانه، عوامل زیادی بر طیف فلوئورسانس رنگدانه تاثیر می گذارند که عبارتند از: انبوهش، بازجذب، انتقال انرژی، انتقال بار، نوع حلال و ساختار رنگینه. از میان نانوذرات مختلفی که به صورت هیبرید با رنگدانه ها در زیست حسگرها و روشهای درمان فوتوشیمیایی گرافن و اکسید گرافن به دلیل غیرسمی بودنشان اهمیت ویژه ای پیدا کرده اند[۱]. گرافن یک نیمه هادی با شکاف باند صفر است، به همین دلیل از خود فلوئورسانس نشان نمی دهد. اما حضور آن به صورت هیبرید همراه مولکولهای فلوروفور، منجر به تغییراتی در طیف فلوئورسانس رنگدانه از طریق فرایندهایی مانند فرونشانی فلوئورسانس فلورفور در مجاورت نانو ذرات فلزی می شود. پدیده ای که بطور گسترده بصورت انتقال انرژی از فلورفور برانگیخته به ذرات فلزی دیده شده است. این انتقال انرژی بصورت تابعی از فاصله بین مولکول رنگینه و نانو ذره فلزی(R) و از مرتبه R^{-4} است. بررسی های انجام شده این رابطه را در کوپلینگ طولی بین گرافن و فلورفور نیز بدست می دهند [۳و۲]. در واقع با توجه به مسطح بودن گرافن، احتمال جذب سطحی رودامین6G توسط گرافن کاملاً معقول به نظر می رسد. زانگ و همکارانش [۱] جذب سطحی رودامینB توسط گرافن اکسید تایید کردند. آنها با قرار دادن قرص گرافن اکسید در ته ظرف کووت، مشاهده کردند که با گذشت زمان شدت طیف جذب رودامینB کاهش می یابد که آن را به جذب رودامینB توسط قرص گرافن اکسید نسبت دادند. از طرفی انتقال بار از فلورفور برانگیخته مانند رودامینB به گرافن و گرافن اکسید موجب فرونشانی فلوئورسانس فلورفور نیز می شود[۴]. در این پژوهش با اضافه نمودن مقادیر بسیار کم نانوذرات گرافن به محلول رودامین 6G با غلظت مناسب و ثابت در حلال اتانول (به گونه ای که عواملی مانند انبوهش، بازجذب و نوع حلال که در غلظتهای کم محلول رنگدانه و چگالیهای بسیار کم نانوذره قابل توجه نیستند را نداشته باشیم) جابجایی نا متعارفی مشاهده کردیم که با نسبت دادن آن به جذب سطحی و انتقال الکترون قابل توجیه است.

۲- آزمایشها و نتایج

طیف فلوئورسانس سوسپانسیون نانو ذرات گرافن (تولید شده به روش شیمیایی) در محلول رودامین6G ($C_{28}H_{31}ClN_2O_3$ و جرم مولی 479.02 g/mol) بررسی شده است. از اتانول (C_2H_5OH) با درجه خلوص ۹۹/۹ ٪ به عنوان حلال استفاده شد. برای تحریک مولکول های رودامین6G از هماهنگ دوم لیزر Nd:YAG با طول موج 532 nm استفاده شد. در این آزمایشات نمونه را پس از آماده سازی، در حمام التراسونیک قرار دادیم تا گرافن در محلول رودامین6G به خوبی پخش شود. سپس مقداری از نمونه، در یک کووت با ابعاد 1cm×1cm×4cm ریخته شد و تحت تابش لیزر Nd:YAG قرار گرفت.

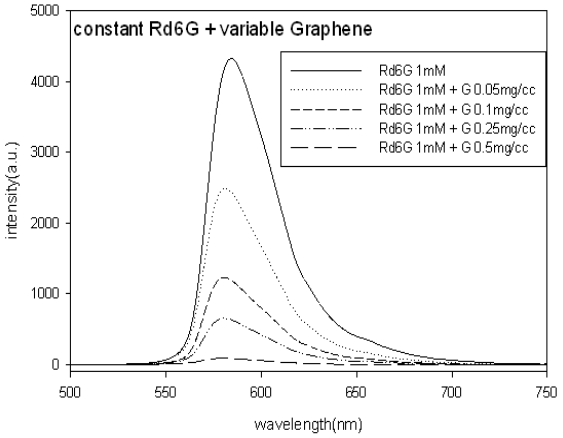
فلوئورسانس تولید شده در زاویه قائم نسبت به لیزرفرودی، توسط فیبرنوری (UV600/660,SMA-905) جمع آوری شد و به طیف سنج (Solar Laser Systems مدل S-150 با قدرت تفکیک پذیری 0/4 nm) هدایت گردید. در شکل (۱) طرحواره آزمایش نشان داده شده است .



شکل ۱ : طرحواره طیف سنجی فلوئورسانس القائی لیزری

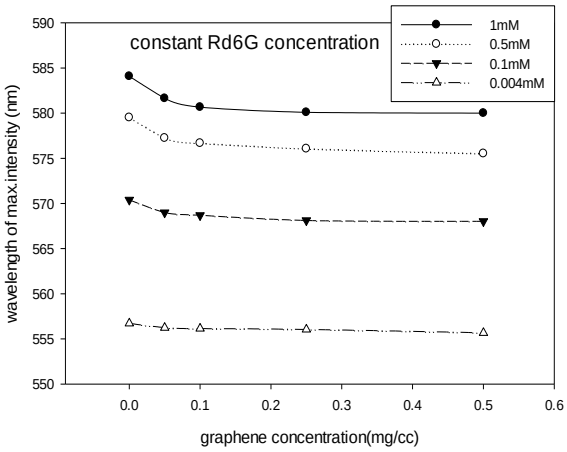
[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-20]

در شکل (۲) طیف فلوئورسانس رودامین 6G با غلظت ثابت 1mM در حضور غلظت های مختلف گرافن نشان داده شده است . با تغییر غلظت گرافن، شدت فلوئورسانس تغییر می کند و طیف فلوئورسانس نیز جابجا می شود .



شکل ۲ : طیف فلوئورسانس رودامین 6G با غلظت ثابت 1mM در حضورغلظت های مختلف گرافن

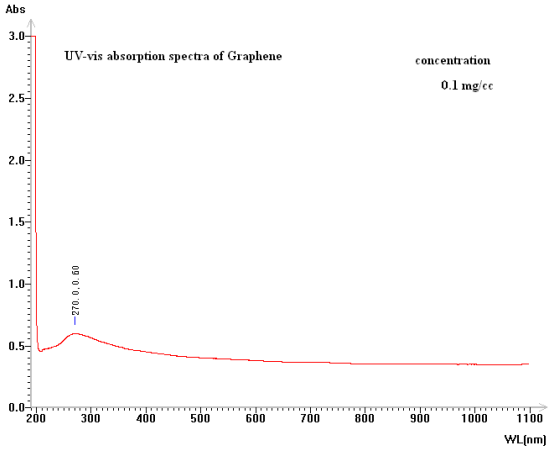
در شکل (۳) طول موج ماکزیمم فلوئورسانس محلول رودامین 6G در چهار غلظت ثابت 1mM ، 0/5mM ، 0/1mM و 0/004mM، برای غلظت‌های مختلف گرافن نشان داده شده است. در هر چهار غلظت رودامین، افزایش غلظت گرافن منجر به جابجایی طیف فلوئورسانس به طول موج های کوتاه تر (جابجایی آبی) می شود . مقدار این جابجایی آبی ،کم و حدود چند نانو متر است.



شکل ۳ : تاثیر افزایش غلظت گرافن بر طول موج ماکزیمم فلوئورسانس در غلظت های مختلف رودامین

۳- تحلیل نتایج

در شکل (۴) طیف جذب سوسپانسیون گرافن در اتانول و با غلظت 0/1 mg/cc نشان داده شده است . پیک جذب واقع در طول موج 270 nm بیانگر گذار π-π^* پیوند C=C است [۵].



شکل ۴ : طیف جذب سوسپانسیون گرافن در اتانول با غلظت 0.1 mg/cc

طیف جذب گرافن در محدوده طول موج های 500-700 nm ،که محدوده طیف فلوئورسانس رودامین6G است، تقریبا جذب ثابتی دارد. در نتیجه با توجه به همپوشانی طیف جذب گرافن و طیف گسیل رودامین، فرایند بازجذب و انتقال انرژی در تمام این محدوده طول موجی اتفاق می افتد. پس بازجذب فوتون گسیل شده از رودامین برانگیخته توسط گرافن و انتقال انرژی از رودامین برانگیخته به گرافن تأثیر چندانی بر جابجایی طیف فلوئورسانس رودامین6G ندارد. برای اثبات این ادعا از آزمایش با دو کووت استفاده می شود. در کووت اول محلول رودامین6G ریخته می شود و تحت تابش لیزر قرار می گیرد. فلوئورسانس تولید شده توسط رودامین6G با زاویه قائم نسبت به لیزرفرودی، از کووت دوم گذشته و توسط فیبرنوری جمع آوری می شود. بدین ترتیب می توان اثر بازجذب فوتون گسیلی از رودامین6G موجود در کووت اول، توسط نمونه موجود در کووت دوم در جابجایی طیف را بررسی کرد. در جدول (۱) نتایج آزمایش دو کووتی نشان داده شده است.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-20]

جدول ۱ : نتایج آزمایش دو کوتی

نمونه موجود در کوت دوم	غلظت رودامین 6G در کووت اول	
	4 μM	0/1 mM
	طول موج ماکزیمم فلوئورسانس (nm)	طول موج ماکزیمم فلوئورسانس (nm)
الکل	559/5	570/4
الکل+گرافن	559/5	570/4
الکل+رودامین 6G	563/5	576/6

در هر دو غلظت رودامین6G موجود در کووت اول، با افزودن گرافن به الکل موجود در کووت دوم (غلظت گرافن برابر 0.1 mg/cc) طول موج ماکزیمم فلوئورسانس رودامین تغییری نکرده است. نتیجه می گیریم بازجذب فوتون گسیلی از رودامین6G کووت اول توسط گرافن موجود در کووت دوم، تأثیری در جابجایی طیف فلوئورسانس رودامین ندارد. چنانچه به جای گرافن، در کووت دوم نیز محلول رودامین6G با همان غلظت رودامین موجود در کووت اول قرار دهیم، طول موج ماکزیمم فلوئورسانس رودامین دچار جابجایی قرمز می شود که بیانگر بازجذب فوتون گسیلی از ردامین6G کووت اول توسط رودامین6G موجود در کووت دوم است. جذب سطحی ردامین6G توسط گرافن یا برخورد رودامین6G با گرافن، می تواند منجر به انتقال بار از رودامین6G برانگیخته به گرافن شود. این انتقال بار از رودامین6G به گرافن، به دلیل محدودکردن رزونانس بار مثبت در سیستم الکترونهای π گروه آمینو زانتن در مولکول رودامین6G، موجب جابجایی آبی طیف می شود. در شکل (۳) مشاهده می شود که با افزایش غلظت رودامین 6G، مقدار جابجایی آبی طیف فلوئورسانس افزایش می یابد که بیانگر افزایش جذب سطحی ردامین توسط گرافن یا افزایش برخورد ردامین6G با گرافن است .

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش جابجایی آبی طیف فلوئورسانس محلول رودامین 6G در حضور گرافن مشاهده شده است. با وجود همپوشانی طیف جذب گرافن و طیف فلوئورسانس ردامین6G، به دلیل جذب تقریباً ثابت گرافن در تمام طیف فلوئورسانس ردامین6G، بازجذب و انتقال انرژی تأثیری بر جابجایی طیف فلوئورسانس رودامین6G ندارد . اما به دنبال جذب سطحی رودامین6G توسط گرافن و یا برخورد گرافن و رودامین 6G با یکدیگر، انتقال بار از رودامین برانگیخته به گرافن و در نتیجه جابجایی آبی طیف فلوئورسانس رودامین 6G اتفاق می افتد .

مراجع

[1] Renyun Zhang ; Magnus Hummelgard ; Gang Lv ; Hakan Olin;"Real time monitoring of the drug release of rhodamine B on graphene oxide",Carbon 49 ,1126-1132, 2011.

[2] R. S. Swathi ;K. L. Sebastian;"Long range resonance energy transfer from a dye molecule to graphene has (distance)-4 dependence",the Journal of Chemical Physics 130, 086101 ,2009.

[3] G. Gomez-Santos ; T. Stauber;"Fluorescence quenching in graphene: A fundamental ruler and evidence for transverse plasmons",Physical Reveiw B 84, 165438 ,2011.

[4] Yan Liu; Chun-yan Liu; Yun Liu;" Investigation on fluorescence quenching of dyes by graphite oxide and grapheme", Applied Surface Science 257 ,5513–5518, 2011.

[5] Jin-Long Chen ; Xiu-Ping Yan;"A dehydration and stabilizer-free approach to production of stable water dispersions of graphene nanosheets",J. Mater. Chem, 20, 4328–4332, 2010.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-20]