



لیه
پوتو نویک
اپتیک و فوتونیک ایران

بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز



بررسی جایه جائی بیناب فلوئورسانس رودامین 6G آلائیده به نانوذرات الماس

سروش مهردادی، پرویز پروین^{*}، رضا تاجیک، علی بوالی، حسن غفوری فرد، لیلاناچی و مژگان فلاحتی

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

چکیده - در این پژوهش با استفاده از فلوئورسانس القائی لیزری به بررسی تاثیر نانوذرات الماس بر روی طول موج قله‌ی فلوئورسانس رنگدانه رودامین 6G پرداخته شده است. برانگیزش با هماهنگ دوم لیزر Nd:YAG در طول موج 532 نانومتر صورت گرفته است. نتایج حاکی از آن است که اضافه شدن نانوذرات الماس به محلول رودامین 6G در محیط اتانول باعث جایه جائی طول موج قله‌ی فلوئورسانس رودامین 6G به طول موج‌های بالاتر می‌شود و این امر با افزایش غلظت نانوذرات الماس شدت بیشتری می‌یابد. همچنین نانوذرات الماس نور لیزر را به طور قابل ملاحظه‌ای پراکنده می‌کنند و باعث افت شدت فلوئورسانس قله‌ی رودامین 6G می‌شوند.

کلید واژه - فلوئورسانس القائی لیزری، رنگدانه رودامین 6G، نانوذرات الماس

Laser Induced Fluorescence spectral shift of Diamond nanoparticles dispersed in Rhodamine 6G

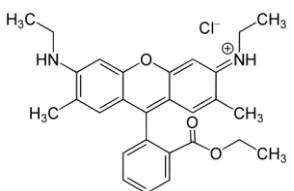
S. Mehrdadi, P. Parvin, R. Tajik , A.Bavali, H. Ghafoori Fard, Leila Naji and M.Falahati

Energy and Physics Department, Amirkabir University of technology: P.O. Box ۱۵۸۷۵-۴۴۱۳, Tehran, Iran

Abstract- In this paper we study the effect of Diamond nanoparticles on fluorescence pick wavelength by using Laser Induced Fluorescence technic. Second harmonic of ND:YAG laser with wavelength of 532nm is used for excitation. Our results indicate that the addition of Diamond nanoparticles to Rhodamine 6G in Ethanol solution causes shift of fluorescence pick wavelength of Rhodamine 6G to higher wavelengths and this becomes more sever with increasing the concentration of Diamond nanoparticles. In addition Diamond nanoparticles effectively scatter laser light and cause a significant drop of fluorescence pick intensity.

Keywords: Diamond nanoparticles, Laser Induced Fluorescence, Rhodamine 6G

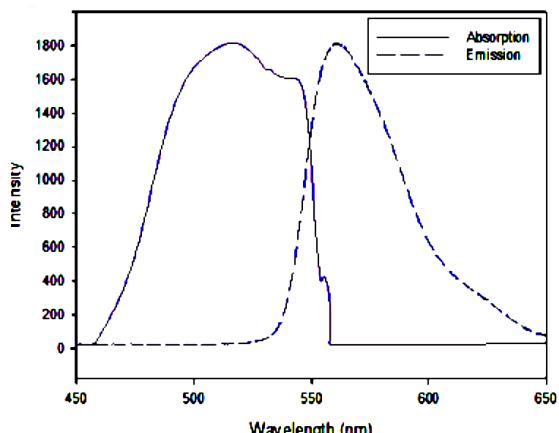
دارد، این پیوند امکان جایه جایی دارد و چرخش الکترون‌ها ای آن منجر به گسیل فلورسانس می‌شود.



شکل ۱: ساختار شیمیایی مولکول رودامین ۶G [۲۱]

۱-۲- فرآیند بازجذب و بازتابش و تاثیر آن بر طیف فلورسانس رودامین ۶G

این فرآیند ناشی از همپوشانی طیف گسیل و جذب ماده رنگدانه می‌باشد.



شکل ۲: هم پوشانی طیف جذب و گسیل فلورسانس رودامین ۶G

بدین معنی که مولکول‌های رنگدانه با جذب مجدد طیف گسیل فلورسانس یا به اصطلاح بازجذب و گسیل فلورسانس با طول موج بالاتر به دلیل دارا بودن انرژی کمتر و یا به اصطلاح بازتابش، در کل موجب جایه جایی طیف فلورسانس به سمت طول موج‌های بالاتر (جایه جایی سرخ) می‌شود. همین طور با افزایش غلظت فلوروفور، همپوشانی این دو طیف بیشتر می‌شود و بازجذب بیشتری رخ داده و شاهد جایه جایی سرخ بیشتری هستیم. شکل ۲ این فرآیند را نشان می‌دهد.

۲-۲- فرآیند انبوهش و تاثیر آن بر طیف فلورسانس رودامین ۶G

به دلیل برهمکنش‌های واندروالسی بین دو یا چند مولکول رنگینه در حالت پایه، دیمر یا پلیمر شکل می‌گیرد بر اساس هندسه و شکل دیمر، دو باند جذب شکل می‌گیرد، یکی

۱- مقدمه

رنگدانه رودامین ۶G از دسته رنگدانه‌های گروه زانتن است که دارای گسیل فلورسانس در ناحیهٔ مرئی می‌باشد و از آن به عنوان محیط فعال لیزر رزینه‌ای استفاده می‌شود. برای برانگیزش رودامین ۶G از همانگ دوم لیزر Nd:YAG با طول موج 532 nm استفاده می‌شود [۲۱-۲۲]. این رنگدانه کاربردهای وسیعی در حوزه پزشکی و بیوفناوری دارد. در سال‌های اخیر نانوذرات الماس به دلیل ویژگی‌های منحصر‌بفرد از جمله ویژگی‌های سطحی، خنثی بودن از نظر فیزیکی و شیمیایی و زیست سازش پذیری مورد توجه بسیاری قرار گرفته‌اند و از آنها برای تصویر برداری پزشکی استفاده می‌شود [۲۳]. همین طور این نانوذره بدليل امکان اصلاح سطح آن می‌تواند به مولکول‌های زیستی متصل شود. مولکول‌های زیستی هنگامی تزریق به بدن در نواحی خاصی از جمله تومورها تجمع پیدا می‌کنند و از آنها می‌توان برای رساندن داروهای ضدسرطان و همین طور شناسایی محل تومور پرداخت [۴]. برخی از داروهای ضد سرطان از جمله دکستوربین به صورت رنگدانه‌ای بوده و دارای فلورسانس می‌باشند و امکان اتصال به نانوالماس را دارند [۵]. از آنجاییکه ویژگی‌های نوری رنگدانه‌ها به عواملی همچون نوع حلال، غلظت، میزان ناخالصی، دما و عوامل دیگر بستگی دارد، بامطالعهٔ طیف فلورسانس رودامین ۶G آلاتیده به نانوالماس، می‌توان به پیش‌بینی روند تغییرات طیف فلورسانس در رنگدانه‌های دیگری که در بیوفوتونیک و درمان شیمیایی بیماریها به کار می‌روند و تهیه آنها هزینه بسیاری دارد پرداخت.

۲- تئوری

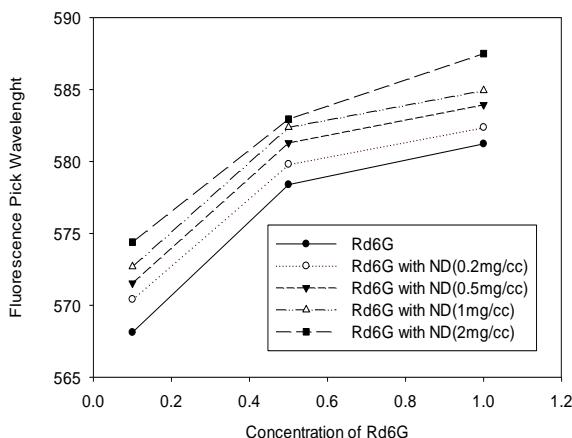
رودامین ۶G با فرمول شیمیایی $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$ و جرم مولی 479.02 g/mol است. شکل ۱ ساختار شیمیایی این مولکول را نشان می‌دهد که شامل سه حلقهٔ بنزنی چسبیده به هم به نام گروه زانتن و یک حلقهٔ بنزنی آویزان می‌باشد. در قسمت آویزان رودامین ۶G یک گروه اتیل آمین ($H-N-C_2H_5$) و یک گروه آلکیل (CH_3) متصل شده‌اند. عامل فلورسانس در رودامین ۶G الکترون‌های π نامستقر در گروه اتیل آمین می‌باشد [۶]. به طور کلی در ساختارهایی که به طور یک در میان پیوند π وجود

جدول ۱: تأثیر دما بر طول موج و شدت قله فلئورسانس رودامین ۶G با غلظت $8\mu\text{M}$

رودامین ۶G با غلظت $8\mu\text{M}$		دما
طول موج ماکزیمم فلئورسانس (nm)	شدت ماکزیمم (a.u)	
۵۶۰.۷۰	۵۶۷۳۰	۳۰ °C
۵۶۰.۷۰	۴۷۹۹۴	۴۰ °C

۵-۲- تأثیر اضافه شدن نانوذرات الماس بر طیف فلئورسانس رودامین ۶G

به منظور بررسی تأثیر این نانوذرات بر طیف فلئورسانس در چهار غلظت مختلف رودامین ۶G مقادیر مختلفی نانوذره اضافه گردید. شکل ۵ نمودار طیف فلئورسانس رودامین ۶G را در چهار غلظت همراه با نانوذرات الماس نشان می دهد. (تمامی نمونه ها در اتanol می باشند)



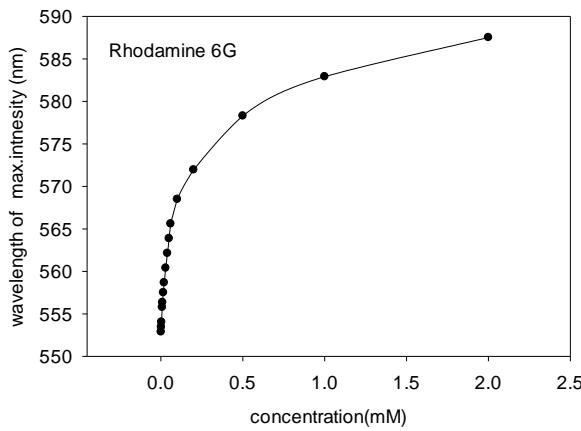
شکل ۵: تغییرات طول موج قله فلئورسانس رودامین ۶G در غلظت های مختلف با اضافه شدن مقادیر مختلف نانوذرات الماس

همان طور که در شکل ۵ مشاهده می شود در هر منحنی از چپ به راست غلظت رودامین ۶G عبارت است از: ۰.۱ میلی مولار، ۰.۵ میلی مولار و ۱ میلی مولار همین طور از پایین به بالا محلول ها به ترتیب شامل: رودامین ۶G در محیط اتانول بدون نانوذره، در حضور نانوذره با غلظتهای ۰.۱، ۰.۲ و ۰.۵ میلی گرم بر سی سی می باشند. مطابق این شکل در تمام منحنی ها چه در حضور نانوذره و چه در عدم حضور آن با افزایش غلظت رودامین ۶G طول موج قله ای پیک به طول موج های بالاتر جایه جا

در انرژی های بالاتر از باند جذب مونومر (باند H) و دیگری در انرژی های پایین تراز باند جذب مونومر (باند J). انبوهشی که در طیف جذب باند H و باند J از خود نشان می دهد به ترتیب انبوهش نوع H و J نامیده می شود. انبوهش نوع J معمولاً فلئورسانس از خود نشان می دهد اما انبوهش نوع H به شدت فرونشانی می شود [۷].

۳-۲- تأثیر غلظت بر طیف فلئورسانس رودامین ۶G

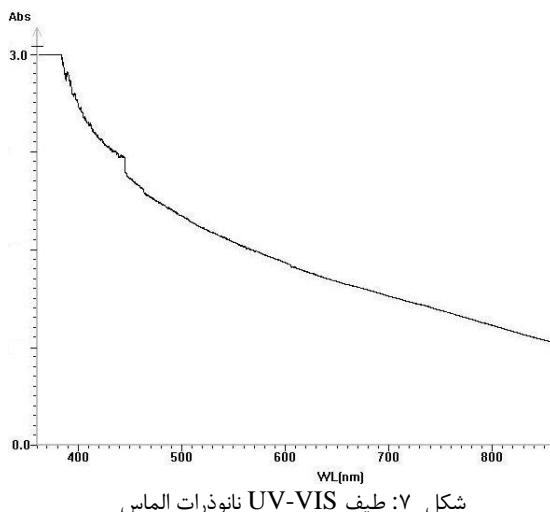
یکی از عوامل مهم در طیف فلئورسانس رودامین ۶G غلظت می باشد. با افزایش غلظت این رنگدانه، طول موج قله ای فلئورسانس به طول موج های بالاتر جایه جا می شود. شکل ۳ نمایانگر تغییر طول موج قله ای فلئورسانس رودامین ۶G با تغییر غلظت می باشد.



شکل ۳: تغییرات طول موج قله فلئورسانس با تغییرات غلظت رودامین ۶G

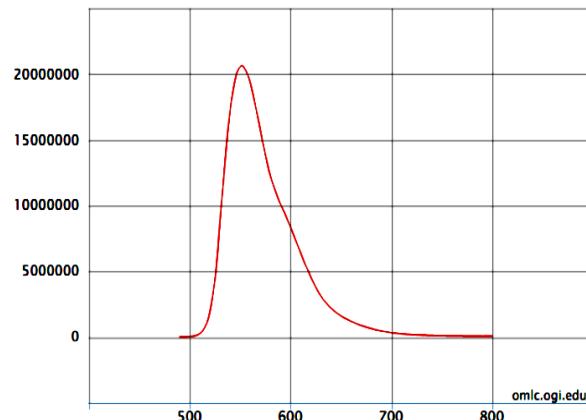
۴-۲- تأثیر دما بر فلئورسانس رودامین ۶G

در غلظت های پایین با افزایش دما، جنبش مولکول ها بیشتر شده و شدت فلئورسانس به دلیل افزایش فروافت برخوردی کاهش می یابد. در حالیکه در غلظت های بالا، با افزایش دما امکان انبوهش مولکول های فلوروفور کم می شود و ساختارهای دیمر به مونومر تبدیل می شوند در نتیجه شدت فلئورسانس افزایش می یابد. اما دما تاثیری بر جایه جائی طول موج قله فلئورسانس ندارد. جدول ۱ تأثیر دما بر شدت و طول موج قله فلئورسانس را نشان می دهد.



شکل ۷: طیف UV-VIS نانوذرات الماس

می شود که علت آن افزایش همپوشانی طیف جذب و گسیل فلورسانس و بازجذب بیشتر و جابه جائی بیشتر به طول موج های بالاتر است. اضافه شدن نانوذرات الماس در تمام غلظت ها باعث جابه جائی قله ای فلورسانس به طول موج های بالاتر می شود. و با افزایش غلظت نانوذرات این جابه جائی بیشتر می گردد. نانوذرات الماس به دلیل پراکنندگی بالا باعث افزایش مسیر نوری تا رسیدن به فیبر می شود. این افزایش مسیر نوری امکان جذب مجدد نور فلورسانس از یک مولکول رنگدانه به مولکول های دیگر را افزایش می دهد. بنابراین با افزایش میزان بازجذب شاهد جابه جائی سرخ قله ای فلورسانس هستیم. دلیل دیگر این جابه جائی سرخ و یا به عبارتی کاهش میزان انرژی فلورسانس جذب گسیل فلورسانس توسط نانوذرات می باشد به منظور بررسی این موضوع طیف سنجی جذبی از نانوالماس صورت گرفت شکل ۶ طیف گسیل فلورور-سانس روdamین ۶G و شکل ۷ طیف UV-VIS نانوالماس را نشان می دهند.



شکل ۶: طیف گسیل فلورسانس روdamین ۶G

با توجه به شکل ۷ مشاهده می شود که میزان جذب نانوالماس در ناحیه فرابینفس زیاد بوده و با جابه جائی به طول موج های بالاتر میزان جذب به طور یکنواخت کم می شود. با توجه به شکل ۶ گسیل فلورسانس روdamین ۶G نیز در طول موج حدود ۵۸۰ نانومتر صورت می گیرد که این طول موج قابلیت جذب توسط نانوالماس را دارد و این امر می تواند باعث کاهش شدت فلورسانس یا کاهش انرژی فلورسانس و جابه جائی قله ای فلورسانس به طول موج های بالاتر شود.

مراجع

- [1] F. P. Schäfer (Ed.), *Dye Lasers*, 3rd Ed. (Springer-Verlag, Berlin, 1990).
- [2] F. J. Duarte and L. W. Hillman (Eds.), *Dye Laser Principles* (Academic, New York, 1990).
- [3] Chang, Y. R. et al. Mass production and dynamic imaging of fluorescent nanodiamonds. *Nature Nanotech.* 3, 284–288 (2008).
- [4] Chow, E. K. et al. Nanodiamond therapeutic delivery agents mediate chemoresistant tumor treatment. *Sci. Transl. Med.* 3,73ra21 (2011).
- [5] T. Burleson, N. Yusuf, A. Stanishevsky - J. Ach Mat Manufac Eng, 2009.
- [6] Jutta Arden; Gerhard Deltau; Volker Huth; Ute Krügel; Dimitrios Peros ; Karl H. Drechsler;"Fluorescence and lasing properties of rhodamine dyes",*Journal of Luminescence* 48 & 49 (1991) 352-358.
- [7] <http://www.dstuns.iitm.ac.in/teaching-and-presentations/teaching/undergraduate%20courses/cy306-structure-and-energetics-of-biomolecules/presentations/H-%20and%20J-%20Aggregates.pdf>