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

# بررسی جابه جائی بیناب فلوئورسانس رودامین 6G آلائیده به نانوذرات الماس

سروش مهردادی، پرویز پروین*، رضا تاجیک، علی بوالی، حسن غفوری فرد، لیلا ناجی 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 قله ی 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 جابه جائی طول موج قله ی فلوئورسانس رودامین 6G به طول موج های بالاتر می شود و این امر با افزایش غلظت نانوذرات الماس شدت بیشتری می یابد. همچنین نانوذرات الماس نور لیزر را به طور قابل ملاحظه ای پراکنده می کنند و باعث افت شدت فلوئورسانس قله ی رودامین *6G* می شوند.**

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

# Laser Induced Fluoresence 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 Fluorescene, Rhodamine 6G

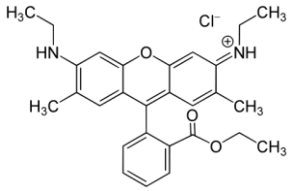
[ Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-06 ]

## ۱- مقدمه

رنگدانه رودامین ۶G از دسته رنگدانه های گروه زانتن است که دارای گسیل فلوئورسانس در ناحیه ی مرئی می باشد و از آن به عنوان محیط فعال لیزر رزینه ای استفاده می شود. برای برانگیزش رودامین ۶G از هماهنگ دوم لیزر Nd:YAG با طول موج 532 nm استفاده می شود[۱و۲]. این رنگدانه کاربردهای وسیعی در حوزه پزشکی و بیوفناوری دارد. در سال های اخیر نانوذرات الماس به دلیل ویژگی های منحصربفرد از جمله ویژگی های سطحی، خنثی بودن از نظر فیزیکی و شیمیایی و زیست سازش پذیری مورد توجه بسیاری قرار گرفته اند و از آنها برای تصویر برداری پزشکی استفاده می شود[۳]. همین طور این نانوذره بدلیل امکان اصلاح سطح آن می تواند به مولکول های زیستی متصل شود. مولکول های زیستی هنگامی تزریق به بدن در نواحی خاصی از جمله تومورها تجمع پیدا می کنند و از آنها می توان برای رساندن داروهای ضدسرطان و همین طور شناسایی محل تومور پرداخت[۴]. برخی از داروهای ضد سرطان از جمله دکستوربین به صورت رنگدانه ای بوده ودارای فلوئورسانس می باشند و امکان اتصال به نانوالماس را دارند[۵]. از آنجاییکه ویژگی های نوری رنگدانه ها به عواملی همچون نوع حلال، غلظت، میزان ناخالصی، دما و عوامل دیگر بستگی دارد، بامطالعه ی طیف فلوئورسانس رودامین 6G آلائیده به نانوالماس، می توان به پیش بینی روند تغییرات طیف فلوئورسانس در رنگدانه های دیگری که در بیوفوتونیک و درمان شیمیایی بیماریها به کار می روند و تهیه آنها هزینه بسیاری دارد پرداخت.

## ۲- تئوری

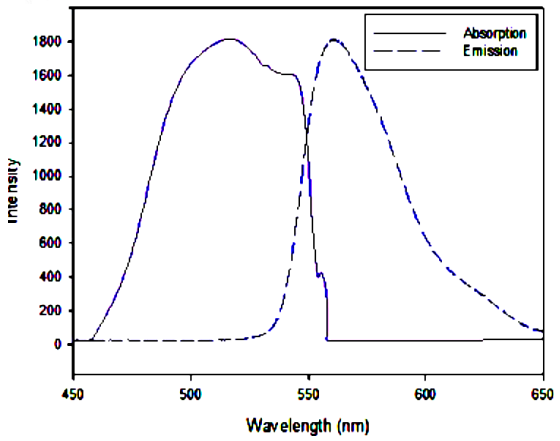
رودامین ۶G با فرمول شیمیایی $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$ و جرم مولی 479.02 g/mol است. شکل۱ ساختار شیمیایی این مولکول را نشان می دهد که شامل سه حلقه ی بنزنی چسبیده به هم به نام گروه زانتن و یک حلقه ی بنزنی آویزان می باشد. در قسمت زانتنی رودامین ۶G یک گروه اتیل آمین ($H\text{-}N\text{-}C_2H_5$) و یک گروه آلکیل ($CH_3$) متصل شده اند. عامل فلوئورسانس در رودامین 6G الکترون های π نامستقر در گروه اتیل آمین می باشد[۶]. به طور کلی در ساختارهایی که به طور یک در میان پیوند π وجود دارد، این پیوند امکان جابه جائی دارد و چرخش الکترون ها ی آن منجر به گسیل فلوئورسانس می شود.




شکل ۱: ساختار شیمیایی مولکول رودامین ۶G [۱و۲]

### ۲-۱- فرآیند بازجذب و باز تابش و تاثیر آن بر طیف فلوئورسانس رودامین ۶G

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




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

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

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

به دلیل برهمکنشهای واندروالسی بین دو یاچندمولکول رنگینه درحالت پایه ،دیمریاپلیمرشکل می گیرد بر اساس هندسه و شکل دیمر، دو باند جذب شکل می گیرد، یکی

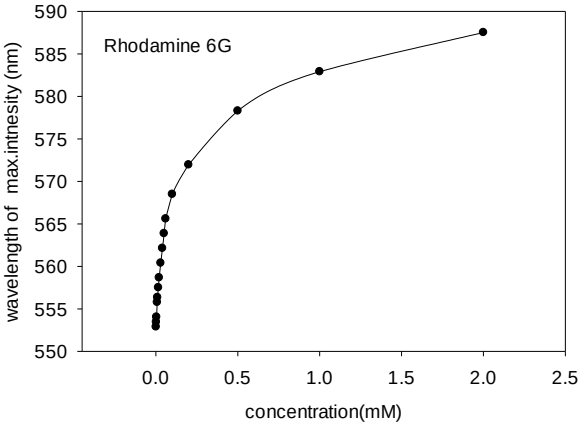


[ Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-06 ]

درانرژی های بالاتر از باند جذب مونومر (باند H) و دیگری درانرژی 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 معمولا فلوئورسانس از خود نشان می دهد اما انبوهش نوع H به شدت فرونشانی می شود[۷].

## ۲-۳- تأثیر غلظت بر طیف فلوئورسانس رودامین ۶G

یکی از عوامل مهم در طیف فلوئورسانس رودامین ۶G غلظت می باشد.با افزایش غلظت این رنگدانه، طول موج قله ی فلوئورسانس به طول موج های بالاتر جابه جا می شود. شکل ۳ نمایانگر تغییر طول موج قله ی فلوئورسانس رودامین۶G با تغییر غلظت می باشد.




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

## ۲-۴- تأثیر دما بر فلوئورسانس رودامین ۶G

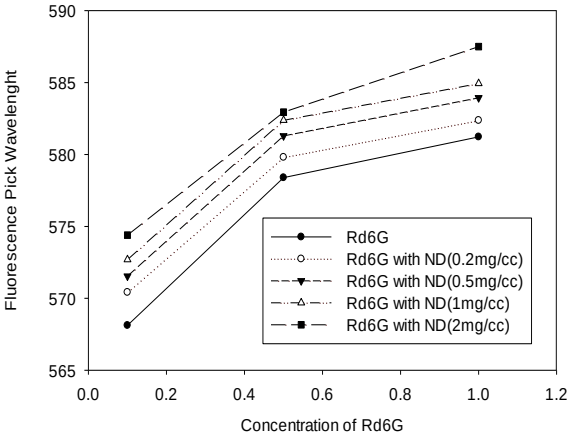
در غلظت های پایین با افزایش دما، جنبش مولکول ها بیشتر شده و شدت فلوئورسانس به دلیل افزایش فروافت برخوردی کاهش می یابد. در حالیکه در غلظت های بالا، با افزایش دما امکان انبوهش مولکول های فلوروفور کم می شود و ساختارهای دیمر به مونومر تبدیل می شوند در نتیجه شدت فلوئورسانس افزایش می یابد. اما دما تاثیری بر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

جدول ۱: تاثیر دما بر طول موج و شدت قله فلوئورسانس رودامین ۶G با غلظت ۸μM

| دما | رودامین 6G با غلظت 8μM | |
|---|---|---|
| | شدت ماکزیمم فلوئورسانس( a.u ) | طول موج ماکزیمم فلوئورسانس( nm ) |
| ۳۰°c | ۵۶۷۳۰ | ۵۶۰.۷۰ |
| ۴۰°c | ۴۷۹۹۴ | ۵۶۰.۷۰ |

## ۲-۵- تاثیر اضافه شدن نانوذرات الماس بر طیف فلوئورسانس رودامین ۶G

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



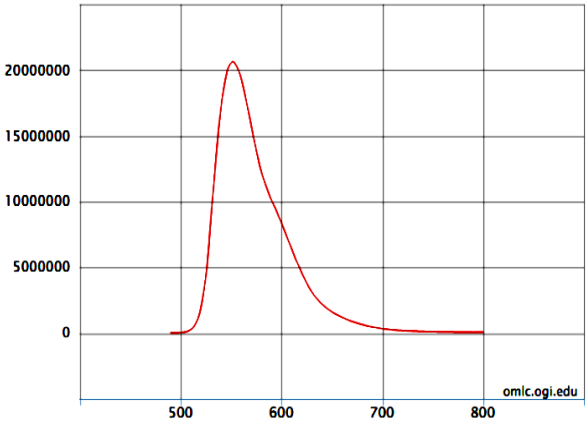

شکل ۵ : تغییرات طول موج قله فلوئورسانس رودامین ۶G در غلظت های مختلف با اضافه شدن مقادیر مختلف نانوذرات الماس

همان طور که در شکل ۵ مشاهده می شود درهر 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 غلظتهای۰.۲، ۱،۲ و 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 ی پیک به طول موج های بالاتر جابه جا



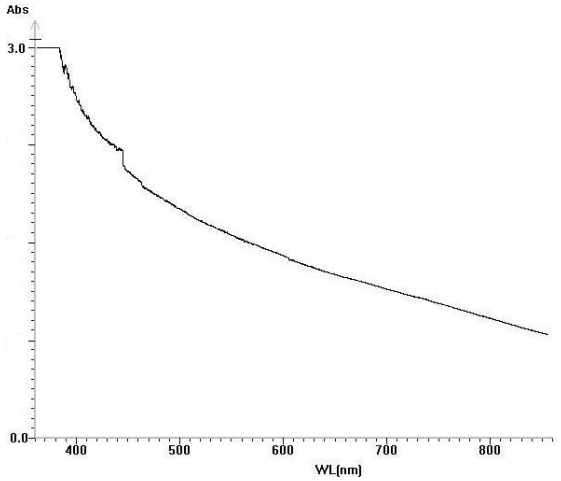
[ Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-06 ]

می شود که علت آن افزایش همپوشانی طیف جذب و گسیل فلوئورسانس 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 ی فلوئورسانس 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 فلوئورسانس از یک مولکول رنگدانه به مولکول های دیگر را افزایش می دهد. بنابراین با افزایش میزان بازجذب شاهد جابه جائی سرخ قله ی فلوئورسانس هستیم. دلیل دیگر این جابه جائی سرخ و یا به عبارتی کاهش میزان انرژی فلوئورسانس جذب گسیل فلوئورسانس توسط نانوذرات می باشد به منظوربررسی این موضوع طیف سنجی جذبی از نانوالماس صورت گرفت شکل۶ طیف گسیل فلوئور- سانس رودامین ۶G و شکل ۷ طیف UV-VIS نانوالماس را نشان می دهند.




شکل ۶ : طیف گسیل فلوئورسانس رودامین ۶G

با توجه به شکل ۷ مشاهده می شود که میزان جذب نانوالماس در ناحیه فرابنفش 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 فلوئورسانس رودامین 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 فلوئورسانس یا کاهش انرژی فلوئورسانس و جابه جائی قله‌ی فلوئورسانس به طول موج های بالاتر شود.




شکل ۷: طیف UV-VIS نانوذرات الماس

## ۳- نتیجه‌گیری

فلوئورسانس مولکول های رنگدانه در اثر اضافه شدن ناخالصی به آن تغییر می کند و همان طور که مشاهده شد با اضافه شدن نانوذرات الماس طیف فلوئورسانس به طول موج بالاتر جابه جا شد که میزان این جابه جائی متناسب با غلظت نانوذرات بود. بنابراین با کنترل پارامتر غلظت نانوذره می توان طول موج قله فلوئورسانس را کنترل کرد. این امرمی تواند در کاربردهای نوری مختلفی که نیاز به طول موجی غیر از طول موج گسیل رنگدانه دارند استفاده شود. همچنین با استخراج پارامتر های تاثیر گذار بر این سیستم پیچیده امکان پیش بینی روند تغییرات در سیستم های دیگر نیز فراهم می گردد.

## 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 Kringel; Dimitrios Peros ; Karl H. Drexhage;"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



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