بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۶-۱۵ بهمن ۱۳۹۸

اندازه گیری طول‌عمر فسفرسانس فیلم کمپلکس فلزی پلاتین در ماتریس پلی استایرن

زهرا محمد حسینی[۱و۲] و اسماعیل حیدری[۱و۲]

[۱]دانشکده فیزیک، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

[۲]پژوهشکده علوم کاربردی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

چکیده – در سال های اخیر مواد فسفرسانس کمپلکس فلزی کاربردهای متعددی در ساخت قطعات اپتیکی پیدا کرده اند. از بین این مواد، کمپلکس های پلاتین به طور گسترده ای مورد استفاده قرار گرفته اند. در این کار اندازه گیری طول‌عمر فسفرسانس کمپلکس فلزی پلاتین در ماتریس پلیمری پلی‌استایرن مورد بررسی قرار می گیرد. به این منظور، ابتدا یک فیلم از کمپلکس فلزی اکتااتیل پورفیرین‌پلاتین محلول در پلی‌استایرن تهیه کرده و آن را با هارمونیک دوم لیزر پالسی نانوثانیه تحریک می کنیم. با اندازه گیری داده های شدت فسفرسانس بر حسب زمان و برازش آن با تابع نمایی تک‌جمله ای مقدار طول‌عمر فسفرسانس قابل اندازه گیری است.

کلید واژه- اکتااتیل‌پرفیرین پلاتین، پلی‌استایرن، فسفرسانس، طول‌عمر، کمپلکس فلزی.

Measurement of Phosphorescence Lifetime of a Platinum Complex Film in Polystyrene Matrix

Z. Mohammad Hosseini, E. Heydari*

Faculty of Physics, Kharazmi University, 15719-14911, Iran

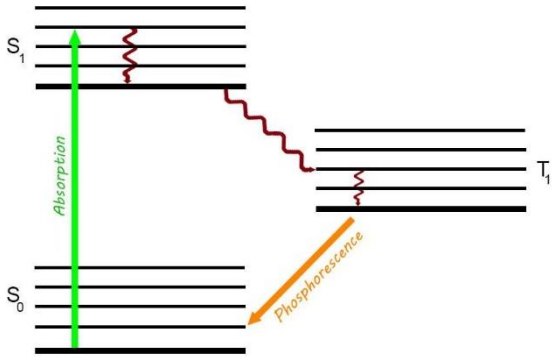
Abstract- In the recent years, phosphorescent metal complex materials have been increasingly used for fabrication of optical devices. Platinum is among the most commonly used metal complexes. In this work, measurement of phosphorescence lifetime of a platinum complex film in polystyrene matrix is performed. Thus, a film of PtOEP in PS matrix is prepared and excited with nano-second pulsed laser. Lifetime measurement is carried out by fitting a one-term exponential equation in time-dependent phosphorescence intensity.

Keywords: lifetime, metal complex, phosphorescence, polystyrene, PtOEP.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

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

مقدمه



شکل ۱. دیاگرام جابلونسکی برای تابش فسفرسانس

طیف‌سنجی براساس تفکیک‌زمانی یک روش پرکاربرد برای اندازه گیری دقیق فرآیندهای سریع در زمینه هایی همچون فوتونیک، زیست‌پزشکی و زیست‌فناوری است. در این فرآیندها، طول‌عمر یک ماده فوتولومینسانس تحت تاثیر یک سازوکار فیزیکی، زیستی یا شیمیایی تغییر می کند که با اندازه‌گیری تغییر طول‌عمر، امکان بررسی این سازوکارها فراهم می آید. اخیرا اندازه‌گیری طول‌عمر کمپلکس‌های فلزی فسفرسانس به دلیل کاربردهای متنوع آن‌ها در ساخت قطعات فوتونیکی از جمله حسگرها، بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. درواقع طول‌عمر یک ویژگی ذاتی مواد فوتولومینسانس است که با عوامل متغیر از جمله ناپایداری منبع‌نور، ناهمگن بودن فیلم کمپلکس فلزی و تابش زمینه تغییر نمی کند. هسته ی این کمپلکس‌ها معمولا فلزاتی نظیر پلاتین، روتنیم و یوروپیم است که اطراف آن را شاخه-های آلی فرا گرفته است [۱].

فلوئورسانس و فسفرسانس شکل‌های مختلف پدیده‌ی فوتولومینسانس هستند. در صورت تحریک اپتیکی ماده‌ی فوتولومینسانس، بخشی از نور جذب شده توسط ماده تابش می شود که این پدیده درصورتی که گذار از تراز یگانه به تراز پایه صورت گیرد، منجر به تابش فلوئورسانس و در صورتی که گذار از تراز سه‌گانه به تراز پایه صورت گیرد، منجر به تابش فسفرسانس می‌شود. برای نشان دادن فرآیند جذب و تابش در مواد فوتولومینسانس معمولا از نمودار جابلونسکی استفاده می‌شود. شکل ۱، دیاگرام جابلونسکی مکانیسم فسفرسانس را نشان می‌دهد [۲].

در اینجا طول‌عمر (τ) زمانی است که شدت فسفرسانس به $\frac{1}{e}$ بیشینه مقدار خود می رسد که مطابق با رابطه‌ی (۱) تابعی از آهنگ گذار تابشی و آهنگ گذارغیرتابشی است:

$$\tau = \frac{1}{\Gamma + K_{nr}} \qquad (۱)$$

که Γ آهنگ گذار تابشی و K_{nr} آهنگ گذار غیرتابشی است [۳].

ما در این آزمایش به منظور ساخت فیلمی از کمپلکس فلزی اکتااتیل‌پورفیرین‌پلاتین آن را در ماتریس پلی استایرن آلاییده کرده و سپس از لیزر پالسی نئودمیم یگ با پهنای پالس ۲۰ نانوثانیه برای به دست آوردن طول عمر فسفرسانس استفاده می‌کنیم. در نهایت با برازش داده های شدت بر حسب زمان در تابع نمایی تک‌جمله ای امکان اندازه گیری طول‌عمر وجود دارد.

مواد و چیدمان اندازه‌گیری

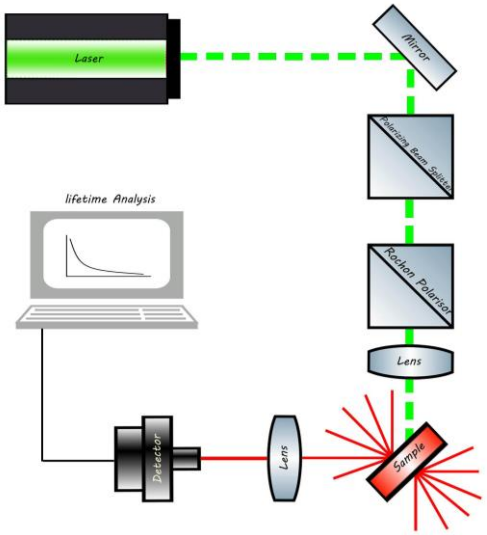
در این آزمایش، از کمپلکس فلزی پلاتین به عنوان ماده‌ی فسفرسانس استفاده شد که از شرکت لومتک تایوان تهیه شد. پلی‌استایرن نقش ماتریس میزبان را دارد که از شرکت سیگماآلدریچ خریداری شده است. از تولوئن به عنوان حلال کمپلکس فلزی و ماتریس میزبان استفاده شد که محصول شرکت مرک است. برای طیف سنجی از طیف‌سنج فیبری شرکت تورلبز استفاده شد. برای آشکارسازی از آشکارساز سیلیکونی تورلبز با پاسخ زمانی ۱ نانوثانیه استفاده شد. برای انتقال سیگنال آشکارساز به رایانه مبدل آنالوگ دیجیتال شرکت هنتک مدل ۶۰۲۲ به کارگرفته شد. برای بررسی طول‌عمر فسفرسانس کمپلکس فلزی اکتااتیل‌پورفیرین-پلاتین، فیلمی از آن در ماتریس پلی‌استایرن تهیه شد. بدین منظور ۲میلی گرم از کمپلکس فلزی اکتااتیل‌پورفیرین پلاتین و ۳۴۷ میلی گرم ماتریس پلی‌استایرن مخلوط شده را در ۱ میلی‌لیتر تولوئن حل کرده و برای ایجاد یک محلول

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

یکنواخت به مدت یک شبانه‌روز از همزن مغناطیسی استفاده شد. ۱ میلی‌لیتر از محلول ساخته‌شده روی بستر شیشه‌ای با ابعاد ۱ سانتی متر در ۱,۵ سانتی متر ریخته و به مدت یک ساعت در آون با دمای ۸۰ درجه ی سانتی گراد نگه‌داری شد.

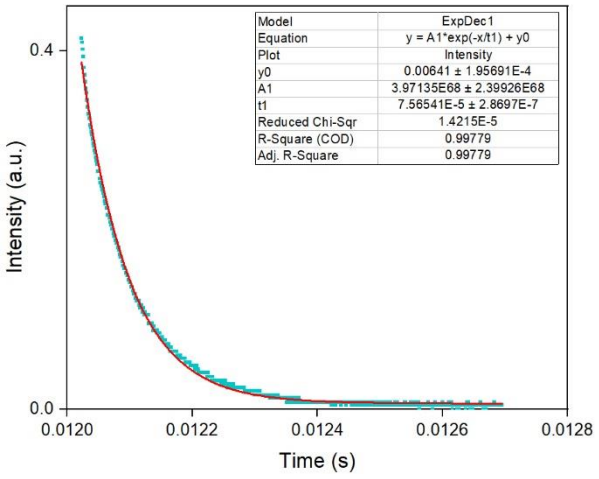
چیدمان اندازه گیری طول‌عمر در شکل ۲ نشان داده شده است: در این چیدمان از یک لیزر پالسی نئودمیم یگ به عنوان منبع تحریک فیلم کمپلکس فلزی استفاده شده است. این لیزر دارای طول پالس ۲۰ نانوثانیه و طول‌موج ۵۳۲ نانومتر و نرخ‌تکرار ۱ هرتز است. پالس لیزر پس از بازتاب و عبور از دو قطبش‌گر که برای کنترل شدت آن استفاده شده اند، توسط یک عدسی همگرا بر روی فیلم کمپلکس فلزی متمرکز شده و موجب تحریک فیلم می‌شود. سپس نور تابشی از نمونه توسط یک عدسی همگرای دیگر بر روی فیبر و سپس آشکارساز با هدف اندازه‌گیری شدت فسفرسانس نسبت به زمان، متمرکز شد.



شکل ۲. چیدمان اندازه‌گیری طول‌عمر فسفرسانس کمپلکس فلزی در ماتریس پلی‌استایرن با استفاده از هارمونیک دوم لیزر پالسی ۲۰ نانوثانیه.

نتایج و بحث

شکل ۳ نمودار افت شدت فسفرسانس کمپلکس فلزی را بر حسب زمان نشان می دهد. این شدت توسط آشکارساز سیلیکونی - با تفکیک زمانی ۱ میکروثانیه - بعد از تحریک توسط پالس لیزر ۲۰ نانوثانیه اندازه گیری شده است. با تحریک توسط لیزر ۵۳۲ نانومتر مولکول های فسفرسانس به تراز یگانه‌ی بالا برانگیخته می شوند و سپس با یک گذار غیرتابشی به ترازهای سه‌گانه انتقال می‌یابند. درنهایت با گذار از ترازهای سه‌گانه به تراز پایه، انرژی خود را به شکل تابش فسفرسانس از دست می‌دهند. به‌منظور به دست آوردن طول‌عمر فسفرسانس، داده های شدت با استفاده از تابع نمایی تک‌جمله‌ای در نرم افزار اوریجین پرو برازش شده‌است [۴]. مطابق با داده‌ها برازش نمودار با دقت بالایی صورت گرفته‌است. نمودار برازش شده با رنگ قرمز و داده-های اندازه‌گیری شده با نقاط آبی رنگ مشخص شده‌اند. مطابق با اطلاعات برازش، طول‌عمر فسفرسانس این کمپلکس فلزی در ماتریس پلی‌استایرن در حدود ۷۶ میکروثانیه است.



شکل ۳. نمودار شدت فسفرسانس بر حسب زمان. برازش نمودار شدت-زمان لومینسانس با استفاده از تابع نمایی تک جمله‌ای.

به دلیل این که طول‌عمر به دست آمده برای این کمپلکس تابعی از شرایط محیطی است، این امکان وجود دارد که از

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

این کمپلکس به عنوان حسگر برای بررسی عوامل موثر بر آن از جمله دما و فشار محیطی استفاده‌کرد [۵].

نتیجه‌گیری

در سال های اخیر، کمپلکس های فلزی پلاتین کاربرد متعددی برای ساخت حسگرهای فوتونیکی پیدا کرده است. هدف از این آزمایش به دست آوردن طول‌عمر کمپلکس فلزی اکتااتیل‌پورفیرین‌پلاتین در ماتریس پلی استایرن بود. با به کارگیری هارمونیک دوم لیزر نانوثانیه نئودمیم یگ، داده های شدت بر حسب زمان به دست آمد و با برازش این اطلاعات با تابع نمایی تک‌جمله ای مقدار طول‌عمر فسفرسانس در حدود ۷۶ میکروثانیه محاسبه شد.

سپاس گزاری

با تشکر از حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران.

مرجع‌ها

[1] Y. Amao, “Probes and polymers for optical sensing of oxygen”, Microchem. Acta, Vol. 143, pp. 1-12, 2003.

[2] P. M. Gewehr, D. T. Delpy, “Optical oxygen sensor based on phosphorescence lifetime quenching and employing a polymer immobilized metallo porphyrin probe”, Med. & Biol. Eng. & Comput., Vol. 31, pp. 2-10, 1993.

[3] D. B. Papkovsky, R. I. Dmitriev, “Biological detection by optical oxygen sensing”, Chem. Soc. Rev., 2013.

[4] X. D. Wang, O. S. Wolfbeis, “Optical methods for sensing and imaging oxygen: materials, spectroscopies and applications” Chem. Soc. Rev., Vol. 43, pp. 3666-3761, 2014.

[5] D. B. Papkovsky, A. V. Zhdanov, A. Fercher, R. I. Dmitriev, J. Hynes, *Phosphorescent Oxygen-Sensitive Probes, Springer, 2012.*

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

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