



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 طول عمر فسفرسانس فیلم کمپلکس فلزی پلاتین در ماتریس پلی استایرن

زهرا محمد حسینی<sup>۱</sup> و اسماعیل حیدری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده فیزیک، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

<sup>۲</sup>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 طول عمر فسفرسانس کمپلکس فلزی پلاتین در ماتریس پلیمری پلی استایرن مورد بررسی قرار می گیرد. به این منظور، ابتدا یک فیلم از کمپلکس فلزی اکتاتیل پورفیرین پلاتین محلول در پلی استایرن 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 تک جمله ای مقدار طول عمر فسفرسانس قابل اندازه گیری است. کلید واژه- اکتاتیل پورفیرین پلاتین، پلی استایرن، فسفرسانس، طول عمر، 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.

## مقدمه

جذب و تابش در مواد فوتولومینسانس معمولاً از نمودار جابلونسکی استفاده می‌شود. شکل ۱، دیاگرام جابلونسکی مکانیسم فسفرسانس را نشان می‌دهد [۲].

در اینجا طول عمر ( $\tau$ ) زمانی است که شدت فسفرسانس به  $\frac{1}{e}$  بیشینه مقدار خود می‌رسد که مطابق با رابطه‌ی (۱) تابعی از آهنگ گذار تابشی و آهنگ گذار غیرتابشی است:

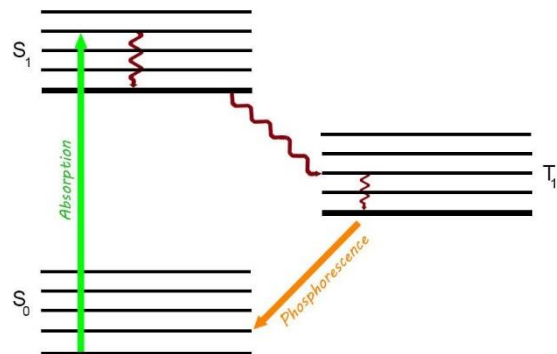
$$\tau = \frac{1}{\Gamma + K_{nr}} \quad (1)$$

که  $\Gamma$  آهنگ گذار تابشی و  $K_{nr}$  آهنگ گذار غیرتابشی است [۳].

ما در این آزمایش به منظور ساخت فیلمی از کمپلکس فلزی اکتاتیل پورفیرین پلاتین آن را در ماتریس پلی استایرن آلیایده کرده و سپس از لیزر پالسی نئودیمیم یگ با پهنای پالس ۲۰ نانوثانیه برای به دست آوردن طول عمر فسفرسانس استفاده می‌کنیم. در نهایت با برآش داده‌های شدت بر حسب زمان در تابع نمایی تک‌جمله‌ای امکان اندازه‌گیری طول عمر 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 تولون به عنوان حلال کمپلکس فلزی و ماتریس میزبان استفاده شد که محصول شرکت مرک است. برای طیف‌سنجی از طیف‌سنج فیبری شرکت تورلیز استفاده شد. برای آشکارسازی از آشکارساز سیلیکونی تورلیز با پاسخ زمانی ۱ نانوثانیه استفاده شد. برای انتقال سیگنال آشکارساز به رایانه مبدل آنالوگ دیجیتال شرکت هنتک مدل ۶۰۲۲ به کار گرفته شد. برای بررسی طول عمر فسفرسانس کمپلکس فلزی اکتاتیل پورفیرین-پلاتین، فیلمی از آن در ماتریس پلی‌استایرن تهیه شد. بدین منظور ۲ میلی‌گرم از کمپلکس فلزی اکتاتیل پورفیرین پلاتین و ۳۴۷ میلی‌گرم ماتریس پلی‌استایرن مخلوط شده را در ۱ میلی‌لیتر تولون حل کرده و برای ایجاد یک محلول

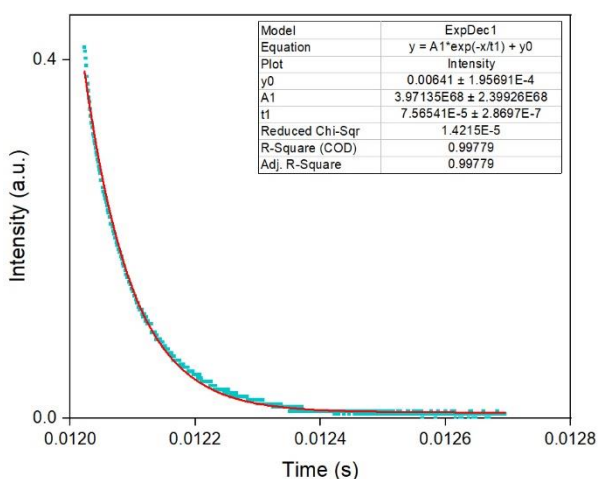


شکل ۱. دیاگرام جابلونسکی برای تابش فسفرسانس

طیف‌سنجی براساس تفکیک‌زمانی یک روش پرکاربرد برای اندازه‌گیری دقیق فرآیندهای سریع در زمینه‌هایی همچون فوتونیک، زیست‌پزشکی و زیست‌فناوری است. در این فرآیندها، طول عمر یک ماده فوتولومینسانس تحت تاثیر یک سازوکار فیزیکی، زیستی یا شیمیایی تغییر می‌کند که با اندازه‌گیری تغییر طول عمر، امکان بررسی این سازوکارها فراهم می‌آید. اخیراً اندازه‌گیری طول عمر کمپلکس‌های فلزی فسفرسانس به دلیل کاربردهای متنوع آن‌ها در ساخت قطعات فوتونیک از جمله حسگرها، بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. در واقع طول عمر یک ویژگی ذاتی مواد فوتولومینسانس است که با عوامل متغیر از جمله ناپایداری منبع نور، ناهمگن بودن فیلم کمپلکس فلزی و تابش زمینه تغییر نمی‌کند. هسته‌ی این کمپلکس‌ها معمولاً فلزاتی نظیر پلاتین، روتنیم و یوروپیم است که اطراف آن را شاخه‌های 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 می‌شود که این پدیده در صورتی 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

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. در نهایت با گذار از ترازهای سه‌گانه به تراز پایه، انرژی خود را به شکل تابش فسفرسانس از دست می‌دهند. به‌منظور به دست آوردن طول عمر فسفرسانس، داده های شدت با استفاده از تابع نمایی تک‌جمله‌ای در نرم افزار اوريجين پرو برآزش شده‌است [۴]. مطابق با داده‌ها برآزش نمودار با دقت بالایی صورت گرفته‌است. نمودار برآزش شده با رنگ قرمز و داده‌های اندازه‌گیری شده با نقاط آبی رنگ مشخص شده‌اند. مطابق با اطلاعات برآزش، طول عمر فسفرسانس این کمپلکس فلزی در ماتریس پلی‌استایرن در حدود ۷۶ میکروثانیه است.

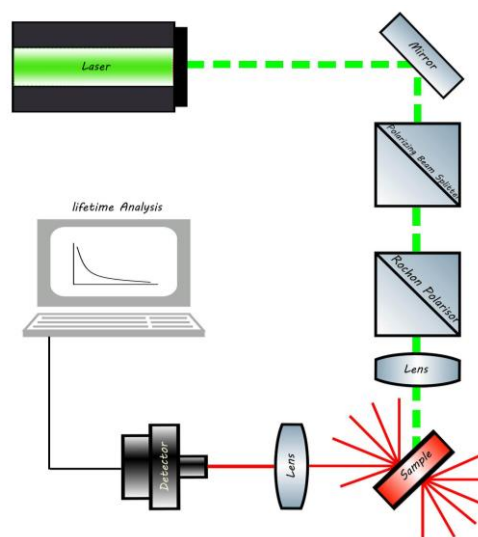


شکل ۳. نمودار شدت فسفرسانس بر حسب زمان. برآزش نمودار شدت-زمان لومینسانس با استفاده از تابع نمایی تک جمله‌ای.

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

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 طول عمر در شکل ۲ نشان داده شده است: در این چیدمان از یک لیزر پالسی نئودیمیم یگ به عنوان منبع تحریک فیلم کمپلکس فلزی استفاده شده است. این لیزر دارای طول پالس ۲۰ نانوثانیه و طول موج ۵۳۲ نانومتر و نرخ تکرار 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 طول عمر 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

- [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.

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

### نتیجه گیری

در سال های اخیر، کمپلکس های فلزی پلاتین کاربرد متعددی برای ساخت حسگرهای فوتونیکی پیدا کرده است. هدف از این آزمایش به دست آوردن طول عمر کمپلکس فلزی اکتاتیل پورفیرین پلاتین در ماتریس پلی استایرن بود. با به کارگیری هارمونیک دوم لیزر نانوآنیه نئودیمیم یگ، داده های شدت بر حسب زمان به دست آمد و با برآزش این اطلاعات با تابع نمایی تک جمله ای مقدار طول عمر فسفرسانس در حدود ۷۶ میکروثانیه محاسبه شد.

### سپاس گذاری

با تشکر از حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران.

### مرجع ها

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