بیست و هفتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و سیزدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه سیستان و بلوچستان،
زاهدان، ایران.
۱۴-۱۶ بهمن ۱۳۹۹

کد مقاله : ۱-۲۴۸۱-۱۰-A

بررسی انتقال انرژی بین نانوذرات تبدیل افزایشی فرکانس و کمپلکس فلزی روتنیم

جواد امیراحمدی، محمدحسین مجلس آرا، اسماعیل حیدری

آزمایشگاه سنسورهای نانو فوتونیکی و اپتوفلویدیک ،دانشکده فیزیک، دانشگاه خوارزمی

e. heydari@khu.ac.ir

ویژگی های منحصر به فرد نانوذرات لانتانیدی تبدیل افزایشی فرکانس باعث شده است که اخیرا در کاربردهایی مثل مهندسی پزشکی، زیست شناسی و فوتوولتاییک مورد توجه زیادی قرار بگیرند.ما دراین پژوهش به بررسی انتقال انرژی در نانوکامپوزیت تبدیل افزایشی فرکانس می‌پردازیم و انتقال انرژی از نانوذرات تبدیل افزایشی فرکانس $NaYF_4:Yb^{3+},Tm^{3+}$که توسط لیزر ۹۸۰ نانومترتحریک شده است به کمپلکس فلزی روتنیم که دارای تابش در ۵۵۰ نانومتر است را نشان می‌دهیم.

نانوذرات تبدیل افزایشی فرکانس،لانتانید،انتقال انرژی،کمپلکس فلزی روتنیم

InvestigationonEnergy Transfer between Upconversion Nanoparticles andRuthenium Metal Complex

Javad Amir Ahmadi, Mohammad Hossein Majles Ara, Esmaeil Heydari

Nanophotonic Sensors andOptofluidics Lab, Faculty of Physics, Kharazmi University

Recently unique properties of lanthanideupconversion nanoparticles have received much attention in applications such as biomedical engineering, biology, and photovoltaic. In this research, we investigate the energy transfer in an upconversion nanocomposite. Here, we demonstrate the energy transfer between $NaYF_4$: Yb^{3+}, Tm^{3+},upconversion nanoparticle which is excited by a 980 nm laser and ruthenium metal complex with emission at 550 nm.

Upconversion Nanoparticles,Lanthanide, EnergyTransfer,Ruthenium Metal Complex

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

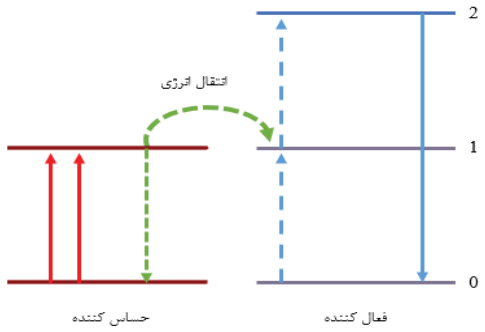
مقدمه

نانوذرات لانتانیدی تبدیل افزایشی فرکانس به دلایل داشتن طیف تابشی باریک، قرار گرفتن در پنجره اپتیکی بافت، پایداری و طول عمر بالا،جابجایی ضد استوکس زیادو تحریک توسط نور فروسرخ توجه زیادی را در زمینه های مهندسی پزشکی،پزشکی،زیست فناوری و فوتوولتاییک به خود جلب کرده است.[۱]

تابش حاصل از یون های لانتانید پهنای طیفی باریکی دارد چون آخرین تراز الکترونی آن‌ها،4f،نیمه پر است و توسط ترازهای الکترونی مجاور یعنی 5s و 5pایزوله شده است.بنابراین زمانی که تحت تحریک نور فروسرخ قرار می‌گیرند احتمال گذار در این زیرلایه کاهش پیدا می‌کند.[۲] نانوذرات لانتانیدی تبدیل افزایشی فرکانس برخلاف مواد با قابلیت تبدیل کاهشی فرکانس که در طبیعت وجود دارند با جذب دو یا چند فوتون کم انرژی در ناحیه طیفی فروسرخ یک فوتون با انرژی بالا در ناحیه طیفی مرئی تابش می کنند. علاوه‌براین برخلاف کوانتوم دات های آلی طیف تابشی آن ها به ابعاد نانوتابشگرها بستگی ندارد.[۳] نانوذرات تبدیل افزایشی فرکانس را می‌توان با لیزر پیوسته طول موج، با توانی بین 1-1000 W/cm^2تحریک کرد برخلاف پدیده غیرخطی جذب دو فوتونی در مواد آلی که نیاز به لیزر پالسی با توانی بین 10^6-10^9 W/cm^2برای تحریک دارند.[۴]

این نانوذرات متشکل از کریستال میزبان و یون های حساس کننده و فعال کننده هستند.کریستال میزبان معمولا از جنس $NaYF_4$ است که از نظر اپتیکی غیر فعال است .یون حساس کننده فوتون های فروسرخ با انرژی کم را دریافت کرده و با انتقال آن به یون های فعال کننده موجب تابش فوتون با انرژی بالا در ناحیه مرئی می شود.معمولا از یون لانتانید Yb^{3+}به عنوان حساس کننده،به دلیل سطح مقطع جذب بیشتر از سایر یون‌های لانتانید و هم پوشانی مناسب ترازهای انرژی آن با یون های فعال کننده،استفاده می‌شود. همچنین از یون های لانتانیدی Ho^{3+} , Er^{3+} , Tm^{3+}نیز به عنوان فعال کننده استفاده می‌شود.[۵]

فرآیند غیرخطی تبدیل افزایشی فرکانس که طی آن دو یا چند فوتون جذب و یک فوتون با طول موج کوتاه تر تولید می‌شود توسط پنج مکانیزم صورت می‌گیرد که شامل موارد زیر است : ۱.جذب تراز برانگیخته ۲. تبدیل افزایشی انتقال انرژی ۳.بهمن فوتونی ۴.تبدیل افزایشی جمعی ۵.تبدیل افزایشی با واسطه مهاجرت انرژی. مکانیزم صورت گرفته در نانوذرات تبدیل افزایشی مورد بررسی ما در این مقاله، تبدیل افزایشی انتقال انرژی است که در شکل ۱ آن را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱ : نمودار برانگیختگی،انتقال انرژی و تابش یون های حساس کننده و فعال کننده در فرآیند تبدیل افزایشی انتقال انرژی

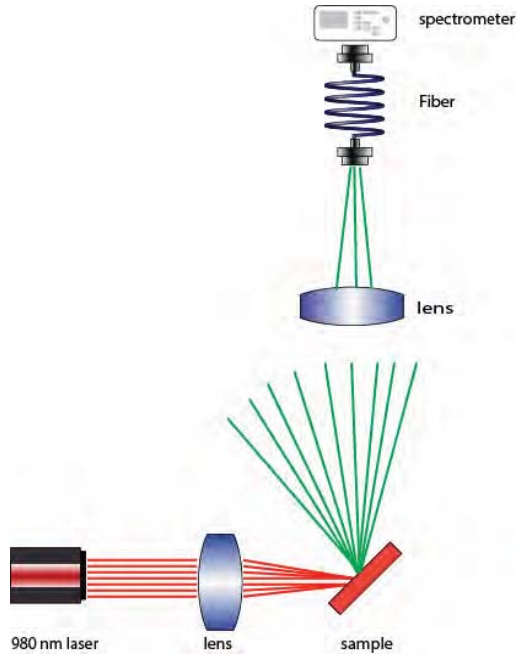
برای اینکه انتقال انرژی بین نانوذرات تبدیل افزایشی و کمپلکس فلزی روتنیم اتفاق بیافتد باید طیف تابشی نانوذرات تبدیل افزایشی با طیف جذبی کمپلکس فلزی هم پوشانی مناسبی داشته باشد . از آن جایی که کمپلکس فلزی روتنیم در بازه طیفی ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر بیشترین مقدار جذب را دارد از نانوذرات تبدیل افزایشی با بیشینه طیف تابشی ۴۵۰ نانومتر برای انتقال انرژی بهتر استفاده شده است.

روش تجربی

کمپلکس روتنیم $Ru(phen)_3Cl_2$از سیگما آلدریچ خریداری شده است. نانوذرات تبدیل افزایشی

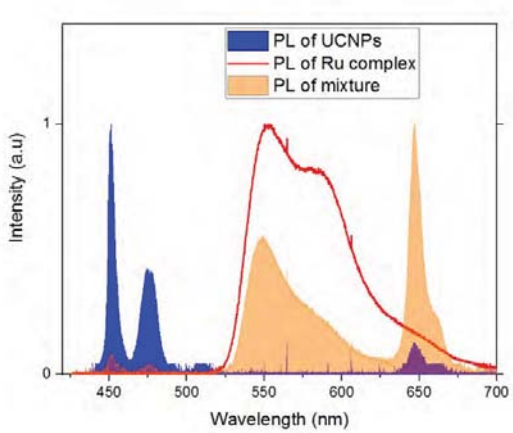
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

$NaYF_4:Yb^{3+},Tm^{3+}$به روش هیدروترمال تهیه شد که به صورت کلویید در محلول تولوئن قرار دارد.[۶]در این نانوذرات یون Yb^{3+} به عنوان حساس کننده و یون Tm^{3+} به عنوان فعال کننده استفاده شده است.Yb^{3+} تنها یک تراز برانگیختگی دارد وهم پوشانی مناسبی بین تراز های انرژی Yb^{3+} و Tm^{3+}وجود دارد.علاوه بر بیشینه طیف تابشی در ۴۵۰ نانومتر، نانوذرات تبدیل افزایشی دارای بیشینه ای در طول موج ۶۵۰ نانومتر هستند.برای طیف سنجی از لیزر ۹۸۰ نانومتر-MDLIII CNI با توان بیشینه ۲ وات برای تحریک اولیه استفاده شده است که پرتو نور لیزر با عبور از یک عدسی با فاصله کانونی ۵ سانتی متر بر روی نانوذرات متمرکز می‌شود. سپس تابش نانوذرات توسط یک عدسی همگرا روی ورودی فیبر طیف سنج مدل CSS100Thorlabs متمرکز شده و طیف آن اندازه گیری می‌شود.که در شکل ۲ چیدمان آزمایش نشان داده شده است.برای اندازه گیری طیف تابشی کمپلکس روتنیم از چیدمان مشابه ولی از لیزر ۴۱۰ نانومتر استفاده شده است



شکل ۲:چیدمان اندازه گیری طیف تابشی نانوذرات تبدیل افزایشی فرکانس با استفاده از لیزر ۹۸۰ نانومتر

به منظور اندازه گیری طیف تابشی کمپلکس روتنیم ۵ میلی گرم از ماده $Ru(phen)_3Cl_2$با ۲ میلی لیتر کلروفرم ترکیب و برای حلالیت بهتر مقدار ۲۰۰ میکرولیتر ایزوپروپانول با پیپت مکانیکی به محلول اضافه شد .سپس مدت ۳۰ دقیقه همزده شده و در دستگاه التراسونیک قرارداده شد.با استفاده از لیزر ۴۱۰ نانومتر و با کمک چیدمان شکل ۲ کمپلکس روتنیم تحریک شده و طیف تابشی آن اندازه گیری شد که در شکل ۳، نشان داده شده است. کمپلکس فلزی روتنیم یک بیشینه تابشی بیشینه در ۵۵۱ نانومتر دارد. از آن جایی کمپلکس فلزی روتنیم طیف جذبی در بازه ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر دارند و طیف تابشی نانوذرات تبدیل افزایشی نیز در همین بازه است با ترکیب کردن آن ها با یکدیگر و رسیدن به غلظت مناسب انتظار انتقال انرژی به صورت دینامیکی را خواهیم داشت. در نهایت به ترکیب نانوذرات تبدیل افزایشی و کمپلکس روتنیم ماتریس پلیمری PMMA(پلی متیل متاکریلات) را به نسبت ۳ به ۱ اضافه کردیم و طیف آن را اندازه گیری کردیم که در شکل۳،مشاهده می‌کنید.



شکل ۳: نمودار آبی رنگ ؛طیف تابشی نانوذرات تبدیل افزایشی فرکانس $NaYF_4:Yb^{3+}, Tm3^{+}$، تحریک شده توسط لیزر ۹۸۰ نانومتر ۲ وات. دو بیشینه تابشی در طیف آبی در آن مشاهده می‌شود. نمودار قرمز رنگ؛ طیف تابشی کمپلکس روتنیم$Ru(phen)_3Cl_2$ تحریک شده توسط لیزر ۴۱۰ نانومتر. نمودار نارنجی رنگ؛ طیف تابشی نمونه ترکیب شده نانوذرات تبدیل افزایشی فرکانس با کمپلکس فلزی روتنیم تحریک شده با لیزر ۹۸۰ نانومتر ۲ وات .

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله با کمک نانوذرات تبدیل افزایشی فرکانس $NaYF_4;Yb^{3+},Tm^{3+}$ توانستیم یک راه جدید برای تحریک کمپلکس فلزی روتنیم $Ru(phen)_3Cl_2$ نشان دهیم. با این روش می‌توان کمپلکس فلزی روتنیم را با کمک لیزر ۹۸۰نانومتر که در بازه طیفی فروسرخ نزدیک قرار می‌گیرد تحریک کرد. همانطور که در نتایج مشاهده کردید بدون حضور کمپلکس فلزی روتنیم نور ورودی لیزر فروسرخ جذب نانوذرات تبدیل افزایشی شده و باعث تابش آبی رنگ آنها می‌شود. اما وقتی نانوذرات تبدیل افزایشی درکنار کمپلکس روتنیم قرار می‌گیرد این انرژی به طور دینامیکی از نانوذرات به کمپلکس روتنیم انتقال پیدا می‌کند و در نهایت تنها طیف تابشی نارنجی رنگ کمپلکس فلزی روتنیم را خواهیم داشت.

مرجع‌ها

[1] J. Shen, L. D. Sun and C. H. Yan, Dalton Trans., 2008, 5687–5697

[2] H. Dong, L. D. Sun and C. H. Yan, Nanoscale, 2013, 5, 5703–5714

[3] F. Wang and X. G. Liu, Acc. Chem. Res., 2014, 47, 1378–1385

[4] F. Wang and X. G. Liu, Chem. Soc. Rev., 2009, 38, 976–989

[5] T. Jiang, Y. Liu, S. S. Liu, N. Liu and W. P. Qin, J. Alloys Compd., 2012, 377, 81–87

[6] Fatemeh Kaboli, Nahid Ghazyani, Mohammadreza Riahi, Hossein Zare-Behtash,Mohamad Hossein Majles Ara, and Esmaeil Heydari, *Nano Mater.*2019, 2, 6, 3590–3596

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.