



ارائه شده توسط :

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتربر

# ورقه های نانوکامپوزیت پلیمری با فسفر upconversion غیرآلی و افزودنی های نوری

الکتریکی که با ماتریس پرتوی سه گانه هم جریان کمک شده و ته نشست لیزری پالسی

مستقیم ایجاد شده است

چکیده:

در این مقاله تحقیقی روی ورقه های نانوکامپوزیتی پلیمری با دو ماده افزودنی غیرآلی یعنی فسفر فلورسننت ZnO و NaYF<sub>4</sub>:Yb<sub>3</sub>þ, Er<sub>3</sub>þ upconversion اصلاح شده با آلمینیوم (AZO) انجام گرفته است. ورقه ها با استفاده از یک روش جدید تبخیر همزمان محلول یخ زده پلیمر پلی(متیل متاکریلات) یا PMMA با استفاده از روش تبخیر لیزری پالسی به کمک ماتریس و ساییدگی فسفر و اهداف AZO با استفاده از ته نشست PLD پالسی لیزری ته نشست گردید. سه پرتوی لیزری، یک پرتوی مادون قرمز 1064-nm برای MAPLE و دو پرتوی 532-nm برای اهداف PLD به طور همزمان در این عملیات استفاده گردید. یک نگهدارنده هدف با کنترل راه دور هدف مورب شده طراحی گردید تا همپوشانی زوائد را از سه هدف و ترکیب یکنواخت مواد افزودنی را در ورقه پلیمری فراهم سازد. ورقه های نانوکامپوزیت ساخته شده با استفاده از افتراق اشعه ایکس، میکروسکوپ الکترونی پیمایشی SEM، و اندازه گیری کارابی کوانتموی QE فلورسانس upconversion تعیین مشخصات گردید. ورقه ها ساختار کریستالی مواد افزودنی غیرآلی را حفظ کردند. اندازه نانوذرات در دامنه 10 الی 200 نانومتری متغیر بود. ورقه ها ترتیب بزرگی کمتر از مال فسفر اصلی داشتند که می تواند با تعداد کمتر یونهای خاکی نادر در ذرات نانو در ورقه پلیمری نسبت به دانه های میکروی فسفر اصلی توضیح داده شود. افزودنی AZO باعث افزایش QE تا میزان 1.6 برابر تا ( $0.072 \pm 0.022$ ) درصد گردید که به احتمال بیشتری به دلیل تقویت پلاسمونیک میدان پمپ مادون قرمز نوری موضعی (980 nm) می باشد. روش MAPLE/PLD سه هدفی و سه پرتویی مطرح شده می تواند احیانا برای ساخت انواع وسیعی از ورقه های نانوکامپوزیتی استفاده شود.

**کلیدواژه ها:** ورقه های پلیمر نانوکامپوزیتی، ته نشست لیزری پالسی، تبخیر لیزر پالسی با کمک ماتریس، فسفر upconversion خاکی نادر، ته نشست لیزر پالسی با هدف چندگانه و پرتوی چندگانه،

## ۱- مقدمه

یک علاقه زیادی به تکنیک ته نشست به کمک لیزر ورقه های نانوکامپوزیتی پلیمری وجود دارد که از تبخیر لیزری پالسی به کمک ماتریس یا MAPLE از لحاظ میزان پلیمری بهره می گیرد همانگونه که از مقالات بیشمار اخیر می توان نتیجه گرفت. در MAPLE، یک محلول یخ زده از یک پلیمر در یک حلال نسبتاً فرآر به عنوان یک هدف لیزری استفاده می شود. حلال و غلظت به نحوی انتخاب می شود که ابتدا پلیمر مورد نظر بتواند حل شود و تشکیل یک محلول آزاد خاص و رقیقی را بدهد و دوم اکثریت انرژی لیزری در اغاز کار با مولکولهای حلال جذب شده و نه با مولکولهای ماده حل شده، و سوم اینکه هیچ واکنش فتوشیمیایی بین حلال و ماده حل شده وجود ندارد. واکنش نور و ماده در MAPLE می تواند به شکل یک فرایند نوری حرارتی توصیف شود. انرژی فوتون جذب شده توسط حلال به انرژی حرارتی تبدیل می شود که باعث می شود پلیمر گرم شود ولیکن حلال تبخیر گردد. چون مولکولهای حلال سطحی به حالت فاز گازی تبخیر می شوند، مولکولهای پلیمری در معرض سطح مشترک ماتریس هدف گازی قرار می گیرد. مولکولهای پلیمری انرژی جنبشی کافی را از طریق تصادم جمعی با مولکولهای حلال تبخیر شده دریافت می کنند و به فاز گازی منتقل می شوند. با بهینه سازی دقیق شرایط ته نشست MAPLE (طول موج لیزری، میزان تکرار، نوع حلال، غلظت، درجه حرارت، گاز زمینه و فشار گاز)، این فرایند می تواند بدون هر گونه ته نشست پلیمری برجسته ای صورت گیرد. فرایند MAPLE لایه به لایه پیش رفته و هدف حلال و پلیمر را با غلظت یکسان با ماتریس شروع کننده تخلیه می سازد. وقتی یک سوبسترا به طور مستقیم در مسیر یک زائده قرار می گیرد، یک پوشش دهی شروع به تشکیل از مولکولهای پلیمری تبخیر شده می نماید، در حالیکه مولکولهای حلال فرآر با پمپ از اتفاق ته نشست تخلیه می شوند. در مورد ساخت نانوکامپوزیت های پلیمری، اهداف MAPLE معمولاً به شکل نانوکلوئیدهای مواد افزودنی مورد نظر در محلولهای پلیمری اولیه تهیه می شوند.

مخلوط کردن اجزای با ماهیت مختلف پلیمرهای آلی و اصلاح کننده های غیرآلی در یک هدف یکسان در یک نسبت خاص و قراردادن آنها در معرض یک پرتوی لیزری یکسان الزاماً ورقه های نانوکامپوزیت با کیفیت عالی به

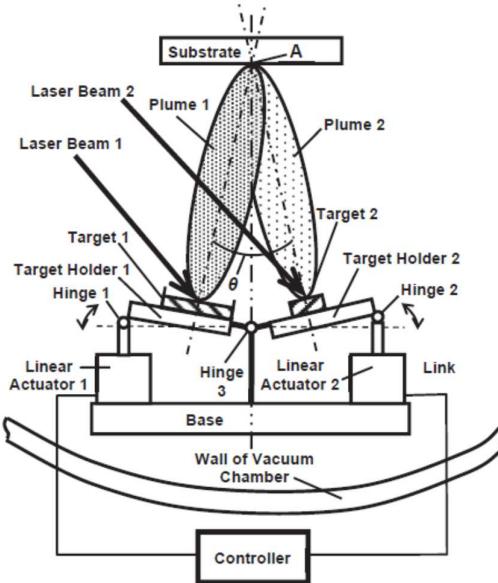
بار نمی آرود. انرژی پالس لیزر و طول موج آن نمی تواند برای هر مولفه به طور جداگانه بهینه سازی شود. همچنین، نسبت مخلوط کننده و ورقه کامپوزیت با نسبت اولیه هدف مشخص می شود و از اینرو نمی تواند در این فرایند تغییر کند. این محدودیت ها در روش اخیر مطرح شده درباره ته نشست چندهدفی و چند پرتویی (در نوع با پرتوی دوتایی و هدف دوتایی اش) با استفاده از یک هدف پلیمری MAPLE و یک هدف غیرآلی، که هر یک به طور همزمان در معرض پرتوهای لیزری با طول موجهای مختلف قرار گرفته اند، برطرف گردیده است. با استفاده از این روش، ورقه های نانوکامپوزیت پلیمر پلی (متیل متاکریلات) به نام PMMA که با یک ترکیبات فسفر upconversion غیرآلی یک عنصر خاکی نادر (RE) اصلاح شده بودند، تهیه گردید. همچنین یک ورقه نانوکامپوزیتی از ورقه حرارتی الکتریکی ZnO اصلاح شده با آلومینیوم غیرآلی به نام AZO با مواد پرکننده نانویی PMMA با هدف بهبود هدایت پذیری الکتریکی و عملکرد حرارتی الکتریکی اشباع گردید. هدف پلیمر یک محلول PMMA یخ زده (تا درجه حرارت نیتروژن مایع) در کلربنزن در معرض یک پرتوی لیزری 1064-nm از یک لیزر پالس دار Nd:YAG سوییچ شده با Q بود. اهداف غیرآلی گلوله های ساخته شده از میکروپودرهای فشرده سازی شده از جنس NaYF<sub>4</sub> اصلاح شده با RE و با کارایی عالی یا پودر الک شده AZO همزمان برداشته شده با فرایند ته نشست لیزری پالس دار معمولی PLD با استفاده از پرتوی فرکانس دوبرابر 532-nm از همان لیزر بودند. نتیجه اصلی این بود که هم اجزای پلیمر و هم اجزای غیرآلی توانستند روی یک سوبستراطی فرایند ترکیبی MAPLE/PLD به شکل یک ورقه نانوکامپوزیت مخلوط یکنواخت که ساختار شیمیایی/کریستالی مولفه ها را دارد و با خصوصیات عملکردی جدید دلخواه (با صدور upconversion با کارایی عالی یا برداشت انرژی حرارتی PLD الکتریکی بهبودیافته) می باشد. کار اولیه محدود به دو پرتوی لیزری و دو هدف (MAPLE پلیمر و غیرآلی) می باشد. همچنین، هدف مورب شده (برای فراهم سازی همپوشانی زوائد از هر دو هدف روی سوبسترا) به طور دستی داخل اتاقک خلا باز قبل از فرایند ته نشست سازگار گردید. هر گونه تصحیح جهت های زوائد برای بهینه سازی همپوشانی نیاز به عملیات زمانبر باز کردن اتاقک دارد که بعد از آن خروج گاز و رسیدن به خلا بالا در کار است. این مقاله نتایج بهبودهای بیشتر روش مطرح شده را ارائه می دهد. تعداد پرتوهای لیزر و اهداف به سه تا افزایش می یابد: یک MAPLE پلیمر و دو هدف PLD غیرآلی. هدف PMMA محلول یخ زده AZO می باشد. اهداف غیرآلی از یک فسفر upconversion و اکسید روی اصلاح شده با آلومینیوم به شکل

تشکیل شده است. اهداف به شکل راه دور بدون باز شدن اتاقک به نحوی مورب می شوند که زائد همپوشانی کننده می تواند طی فرایند ته نشست بهینه سازی شود. کانون توجه روی حفظ ساختار شیمیایی و کریستالی اجزای ورقه های نانوکامپوزیت پلیمری نتیجه شده با دو افزودنی غیرآلی و کسب قابلیت های عملی مربوط به مواد افزودنی و تعامل آنها با میزبان پلیمری و با یکدیگر می باشد.

## 2-روشهای مواد

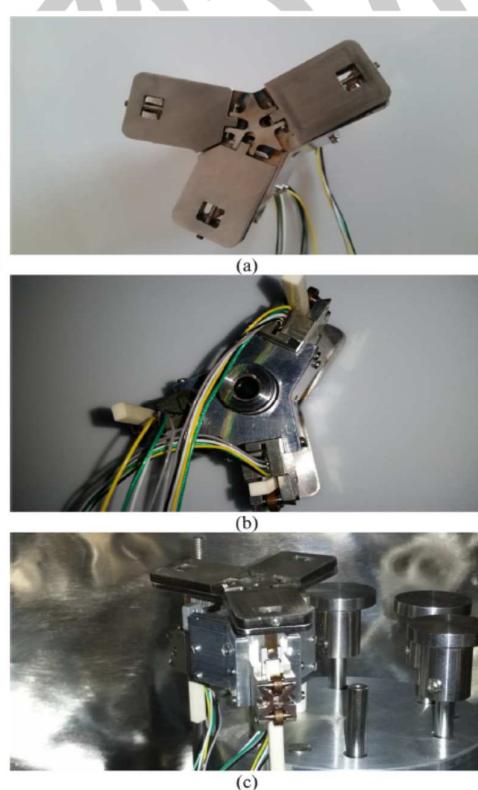
**2-1-سیستم MAPLE/PLD سه هدفی سه پرتویی با مورب سازی هدف با کنترل راه دور**  
طراحی سیستم ته نشست سه هدفی سه پرتویی مطرح شده (بخاطر ساده سازی با دو پرتو و دو هدف در اینجا ارائه شده است) در شکل 1 آمده است. خلا کنترل شده راه دور سازگار با فعال کننده خطی اهداف را مورب کرده تا به یک زاویه بهینه تبا زوائد دست یابد (که قائم بر سطوح هدف می باشد) که در آن زوائد روی سطح سوبسترا همپوشانی دارند. این کار مخلوط سازی یکنواخت مواد را از اهداف در ورقه کامپوزیت طی فرایند ته نشست تصمین می کند. تصاویر سیستم فرعی کنترل مورب برای این سیستم فرعی در مقایسه با سیستم PLD با دو پرتوی قبلی آنست که نگهدارنده های هدف حول محورها در صفحه افقی به جای صفحه عمودی مورب شده اند، که از ریختن یا بیرون رفتن ماده هدف جلوگیری می کند.

یکی از نگهدارنده های هدف در سیستم فرعی سه هدفی که قبل اشاره شده است جوری طراحی شده است که یک هدف MAPLE را جای دهد که با نیتروژن مایع در جریان LN<sub>4</sub> بنا به شکل 4 و 5 خنک سازی شده است. یک ظرف مسی (فنجان) برای یک محلول پلیمری روی یک کانتینر مسی برای LN (خنک کننده) نصب شده است که محلول پلیمری را خنک خواهد کرد (هدف) و آنرا به حالت یخ زده نگه می دارد. مونتاژ هدف MAPLE به تغذیه LN و خطوط جمع اوری کننده (لوله گذاری مسی) کشیده شده از یک فلاز متصل به اتاقک خلا متصل است. خط تغذیه به ظرف تغذیه LN خارج از اتاقک خلا متصل است. خط LN جمع آوری کننده به ظرف خارجی دیگری متصل است که در آن LN بعد از عبور از خنک کننده به درون جریان می یابد.



شکل 1- طرح شماتیک سیستم فرعی مورب هدف در سیستم PLD/MAPLE چندهدفی چندپرتویی جدید با کنترل راه دور جهات زوائد. دو هدف از سه هدف نشان داده شده و زاویه تنا زاویه بهینه بین زوائد است وقتی در

نقطه A روی سطح سوبسترا همپوشانی دارند.

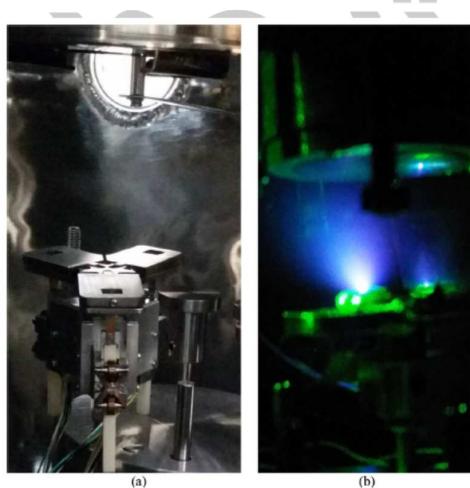


شکل 2- عکس‌های سیستم فرعی فریب دار سه هدفی: (a) نمای بالایی، (b) نمای پایینی، (c) نمای جانبی سیستم فرعی نصب شده در اتاق خلا.

مونتاژ هدف MAPLE روی بالای یکی از نگهدارنده‌های هدف مورب نصب شده است (شکل ۲ و ۳) که داخل اتاق خلا نصب شده اند. باز، جهت گیری افقی هدف MAPLE در طراحی جدید باعث شده که نصب راحت ظرف مسی خالی در اتاق ممکن شده و بعداً با محلول پلیمر مایع بدون ریسک ریختن آن به خارج قبل از فریز کردن پر شود.

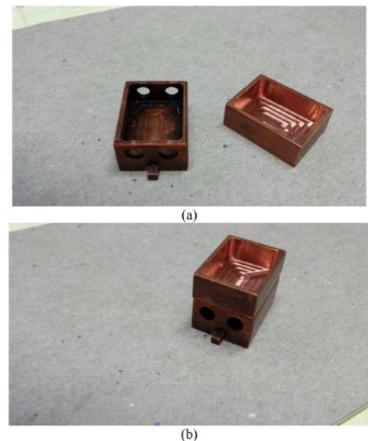
## 2-2-هدف فسفر upconversion

اولین هدف غیرآلی PLD با فشرده سازی یک پودر فسفر upconversion کارامد با یک فشار هیدرولیک ۲۵ تنی ساخته شد. شرح مفصل سنتز فسفر و خواص آن در مقالات قبلی این نویسنده‌گان آمده است. فسفر upconversion مکرر یا صرفا Upconversion آمده ای است که تشعشع نوری (انرژی فوتون پایین) فرکانس پایین را نظیرمادون قرمز (IR) را حذب می‌کند و تشعشع فرکانس بالا (انرژی فوتون بالا) را نظیر نور مرئی مجدد ساطع می‌کند.

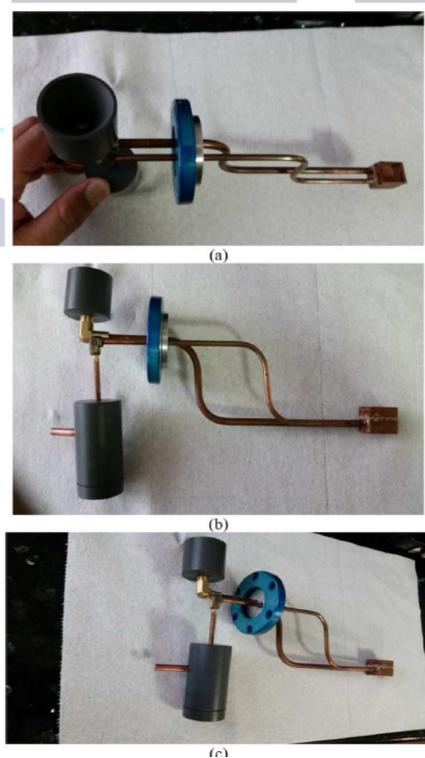


شکل ۳- عکسهای سیستم فرعی سه هدفی: نمای کلوزاپ جانبی سیستم فرعی نصب شده در اتاق خلا (a) نمای جانبی زوائد بیرون زده از دو هدف (از سه تا) طی فرایند PLD

شکل ۴- عکسهای سیستم فرعی خنک سازی (a) MAPLE اتاق نیتروژن مایع (چپ) و فنجان محلول پلیمری MAPLE (راست)، (b) فنجان محلول پلیمری MAPLE در بالای اتاق نیتروژن مایع خنک کننده می‌نشینند (پایین).

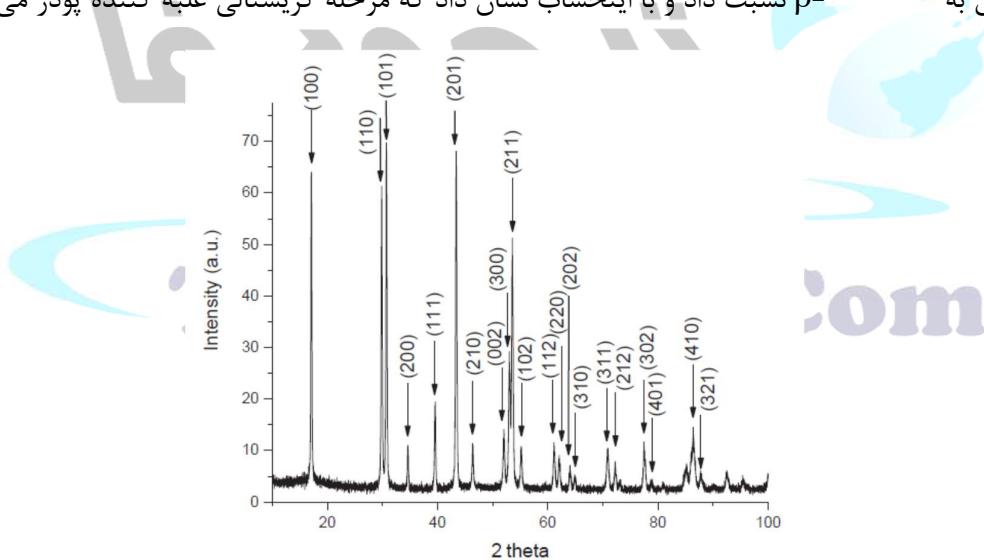


ترکیبات حاوی یونهای عناصر خاکی نادر یا RE نظیر اریوم بویژه به صورت فسفر upconversion جالب می باشند، چرا که کارایی کوانتمی خوبی را (تا 5درصد) نشان داده اند. کارایی upconversion تا حد زیادی بستگی به میزبانی برای یونهای RE دارد. فسفرهای upconversion با کارایی بالای مدرن مشهور از فلوراید کریستالی  $\text{NaYF}_4(\beta\text{-NaYF}_4)$  به شکل ماده میزبان به دلیل انرژی فنونون پایین شبکه کریستالی استفاده می کند که فرایند آرامسازی چندفونونی غیرتشعشعی مواد اصلاح کننده RE تحریک شده را به حداقل می رساند.



شکل 5- عکسهای سیستم فرعی خنک سازی MAPLE (a) نمای بالایی/جانبی هدف خنک شده نیتروژن مایع با لوازم جانبی اش، (b) نمای جانبی، (c) نمای بالایی-جانبی.

پودر فسفر  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}, \text{Er}^{3+}$  با انرژی فونون پایین اصلاح شده شبکه کریستالی که باعث حداقل سازی فرایند آرامسازی غیرتشعشعی چند فونونی ماده اصلاح کننده تحریک شده RE می‌شود. پودر فسفر  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}, \text{Er}^{3+}$  با میزان اصلاح به ترتیب 10 و 2 درصدی برای  $\text{Yb}^{3+}$  و  $\text{Er}^{3+}$  (ده یون erbium و دو یون ytterbium در هر صد یون سدیم) با استفاده از روش مرطوب سنتز شد و برای مدت یک ساعت در حرارت 400 درجه سانتیگراد در هوای باز پخته شد تا میزان  $\text{NaYF}_4$  را در فاز بتای کریستالی شش گوش خود تبدیل نماید و کارایی upconversion را به حداکثر خود برساند. پودر فسفر صدور مرئی شدیدی را با دو پیک طیفی سبزرنگ در 515 و 535 نانومتر و یک پیک طیفی قرمز در 653 نانومتر که با تشعشع مادون قرمز (980 نانومتر) از یک دیود لیزری تولید کرد. شکل 6 نمایانگر طیف افتراقی اشعه ایکس پودر فسفر برگرفته از افتراق سنج اشعه ایکس فازبندی کننده Bruker D2 می‌باشد. همه پیک‌های افتراقی مشاهده شده را می‌توان به  $\beta\text{-NaYF}_4$  نسبت داد و با اینحساب نشان داد که مرحله کریستالی غلبه کننده پودر می‌باشد.



شکل 6-طیفهای XRD پودر upconversion پخته شده برای یک ساعت در درجه حرارت 400 درجه

سانتیگراد با پیک‌های افتراقی نسبت داده شده به فاز بتای شش گوش  $\text{NaYF}_4$ .

### AZO-هدف 2-3

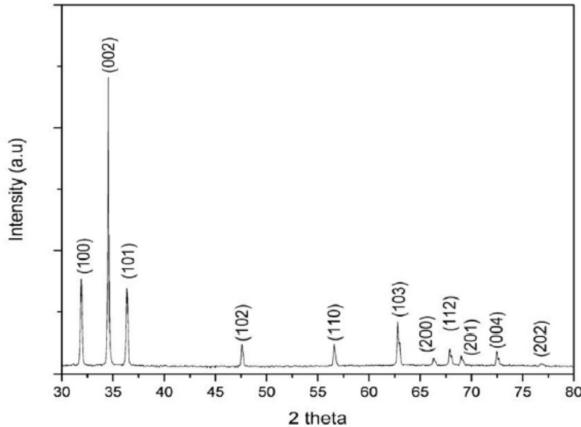
ترکیب AZO اخیراً توجه را به هادی الکتریکی شفاف نوری با تقویت رزونانس پلاسمون سطحی SPR میدان نوری محلی مشابه با فلزات نجیب ولیکن بدون زیانهای نوری عمدۀ ای که به آنها نسبت داده می‌شود، جلب کرده

است. از اینرو می توان انتظار داشت که افزودن نانوذرات AZO به فسفر upconversion در یک ورقه نانوکامپوزیتی پلیمری تقویت محلی میدان نوری IR پمپ شده را در مجاورت نانوذرات فسفری به همراه خواهد آورد و متعاقباً افزایش شدت صدور upconversion را به همراه خواهد داشت. هدف PLD یک گلوله از جنس

$Zn_{0.98}Al_{0.02}O$  بود که در آن فراکسیون الومینیوم به اندازه 2 درصد کل وزنی در مقایسه با روی و نه با احتساب اکسیژن بوده است. گلوله AZO دارای قطر 20 میلیمتری و ضخامت 3 میلیمتری بود. گلوله با دستگاه TE نشست پلاسمای جرقه ای SPS تهیه گردید که همچنین به آن دستگاه ته نشست جریان الکتریکی پالسی یا PECS می گویند. در SPS، جریان DC پالس دار از یک قالب گرافیتی و نیز بسته فشرده شده پودر AZO عبور نمود. حرارت های ژولی یک نقش بارزی را در فشرده سازی بسته فشرده شده پودر ایفا نمود که منجر به حصول تراکم نظری نزدیک در یک درجه حرارت ته نشست سازی پایین تر در مقایسه با تکنیک های ته نشست سازی متناول گردید. تولید حرارت به طور داخلی می باشد، بر عکس فشرده سازی داغ معمول که در آن حرارت با عناصر گرماسازی خارجی فراهم می شود. این کار یک میزان گرماسازی خیلی بالا یا خنک سازی خیلی بالایی را (تا هزار کلوین در دقیقه) تسهیل می کند و با اینحساب فرایند ته نشست سازی خیلی سریع رخ داده است (در عرض چند دقیقه). سرعت کلی این فرایند تضمین می کند که این امر پودر را بدون زبرسازی به حالت فشرده تبدیل نماید که با مسیرهای فشرده سازی استاندارد همراه بوده است. در حالیکه اصطلاح «ته نشست سازی پلاسمای جرقه» متناولاً استفاده می شود، یک تفسیر رسمی این اصطلاح می تواند گمراه کننده باشد چرا که نه یک جرقه و نه یک پلاسما در این فرایند حضور ندارند. شکل 7 نمایانگر طیف افتراقی اشعه ایکس هدف AZO می باشد که با افتراق سنج اشعه ایکس فازبندی کننده Bruker D2 گرفته شده است. همه پیک های افتراقی مشاهده شده را می توان به  $ZnO$  نسبت داد.

## 2-عملیات ته نشست

یک نمونه محلول پلی (متیل متاکریلات) به نام PMMA در کلروبزن به نسبت 1.0 گرم مواد جامد به ازای 10mL مایعات در یک فنجان مسی مجموعه هدف MAPLE ریخته شد (شکل 4) و در نیتروژن مایع یخ زده شد.



شکل 7- طیفهای XRD هدف PLD ای AZO با پیک های افتراقی نسبت داده شده به ZnO

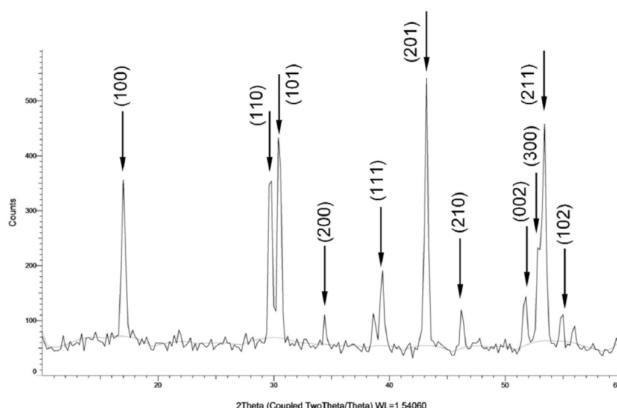
دومین هدف PLD گلوله فسفر upversion بود. سومین هدف PLD گلوله AZO بود. دو منبع لیزر پالسی استفاده گردید. اولین منبع یک لیزر مدل Pro-250-50 Spectra Nd:YAG Q شده با اشعه Physics Quanta Ray بود که میزان پالسی تکرار برابر 50 هرتز داشت و انرژی 750-mJ به ازای هر پالس در طول موج بنیانی 1064-nm و انرژی 400-mJ به ازای هر پالس در دومین هارمونی 532-nm داشت. دومین منبع لیزری (همزمان سازی شده در اولین منبع) یک لیزر از مدل Lab-170-10 Spectra Physics Nd:YAG Q شده با اشعه Physics Quanta Ray بود که میزان پالسی تکرار برابر 10 هرتز داشت و انرژی 850-mJ به ازای هر پالس در طول موج بنیانی 1064-nm و انرژی 450-mJ به ازای هر پالس در دومین هارمونی 532-nm داشت. اولین هدف (MAPLE) با پرتوی لیزری 1064-nm از اولین منبع تبخیر گردید و در معرض تابش نوری از 0.84 تا  $2.4 \text{ J/cm}^2$  در هر پالس قرار گرفت. دومین هدف PLD همzمان با پرتوی Nd:YAG با فرکانس دوتایی 532-nm از همان منبع فرسوده گردید. تماس نوری بین 0.8 و  $1.0 \text{ J/cm}^2$  تنظیم گردید تا نسبت ماده upconversion را در ورقه پلیمری به تقریبا 5 درصد وزنی حفظ نماید. سومین هدف PLD به طور همzمان با پرتوی Nd:YAG فرکانس دوتایی 532 نانومتری از دومین منبع سایید شد. تماس نوری بین 1.0 و  $2.2 \text{ J/cm}^2$  برای حفظ نسبت ماده upconversion در ورقه پلیمری با تقریبا 5 درصد وزنی تنظیم گردید. ورقه های پلیمری روی سوبستراها (Si (100) پیش اکسیده (تا هدف دوم) با یک ضخامت لایه  $\text{SiO}_2$  به اندازه 2.0 میکرومتر ته نشست گردید. زمان ته نشست برابر با تقریبا 3.0min بود (تا هدف دوم) که شروع به

نشان دادن علائم فرسایش نمود. ضخامت ورقه های ته نشست شده بین 180 و 200 نانومتر بنا به اندازه گیری با یک میکروسکوپ نیروی اتمی بود.

### 3-نتایج و بحث

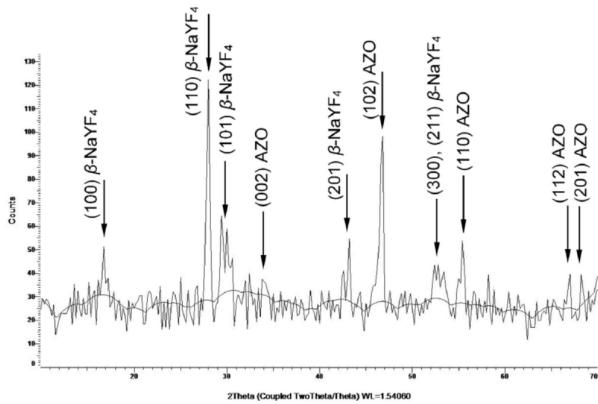
#### 3-1-ساختار کریستالی مواد افزودنی غیرآلی در ورقه نانوکامپوزیت پلیمری

برای هدایت طیف سنجی افتراقی اشعه ایکس، ورقه ها از سوبسترا جدا شده و در دستگاه افتراق سنج اشعه ایکس فازبندی کننده Bruker D2 قرار داده شدند. یک نمونه مرجع از ورقه نانوکامپوزیتی PMMA حاوی تنها یک ماده افزودنی فسفر upconversion نیز ساخته شد. طیف افتراقی اشعه ایکس از این نمونه در شکل 8 نمایش داده شده است. این طیف همه نشانه های  $\text{NaYF}_4$  فاز بتای شش ضلعی را دارد که در ابتدا در دومین هدف PLD ساخته شده از فسفر upconversion وجود داشت. چون PMMA پلیمری یک ماده بی شکل می باشد، هیچ گونه پیک های افتراق اشعه ایکس با شدت بالای تندی را ایجاد نکرد. مطابق با آن، نقش آن در الگوی افتراق اشعه ایکس نانوکامپوزیت پلیمری می تواند نادیده گرفته شود. شکل 9 نشان دهنده طیف افتراقی اشعه ایکس ورقه نانوکامپوزیت پلیمری شامل نانوذرات از هر دو ماده افزودنی غیرآلی یعنی فسفر upconversion و AZO می باشد. پیک های طیفی مشاهده شده شامل آنهایی است که می تواند هم به  $\text{NaYF}_4$  فاز بتا و هم به AZO نسبت داده شود. با اینحساب می توان نتیجه گیری کرد که دو ماده افزودنی غیرآلی به ورقه پلیمری بدون اصلاح ساختار کریستالی شان طی فرایند PLD منتقل شده است.



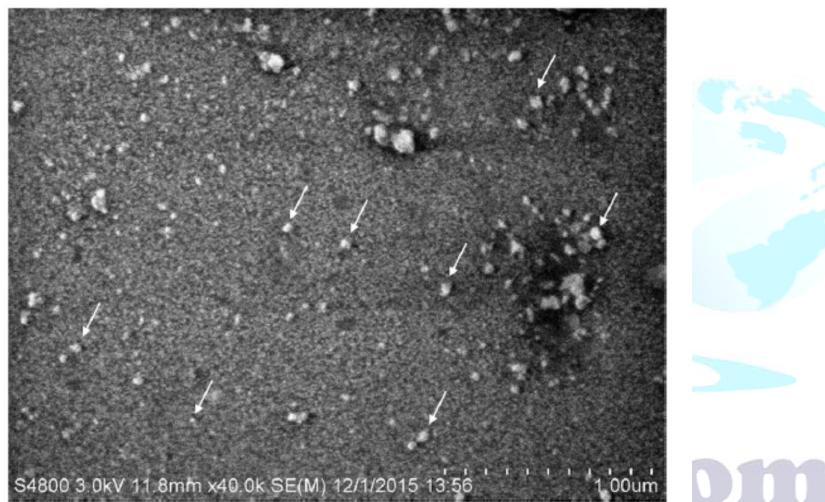
شکل 8-طیف XRD از ورقه کامپوزیتی دو مولفه ای ساخته شده از PMMA و نانوذرات

$\text{NaYF}_4$ :  $\text{Yb}^{3+}$ ,  $\text{Er}^{3+}$ . با پیک های افتراقی مربوط به فاز بتای شش ضلعی .



شکل 9- طیف XRD از ورقه کامپوزیتی سه مولفه ای ساخته شده از PMMA و نانوذرات

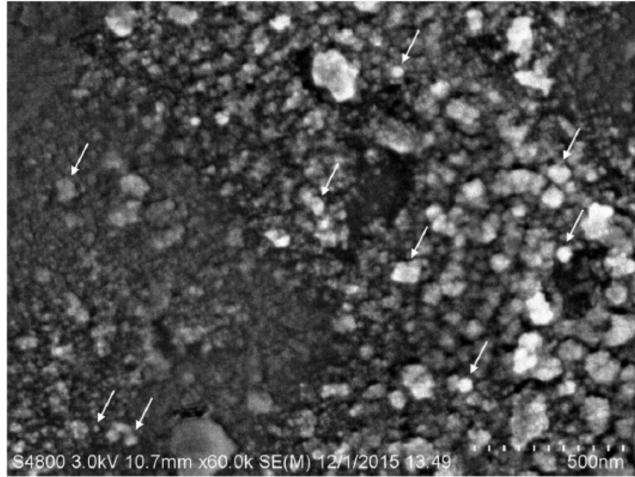
. AZO و  $\text{NaYF}_4$ :  $\text{Yb}^{3+}$ ,  $\text{Er}^{3+}$



شکل 10- تصویر میکروسکوپ الکترونی پیمایشی SEM از ورقه کامپوزیتی سه مولفه ای ساخته شده از

PMMA و نانوذرات  $\text{NaYF}_4$ :  $\text{Yb}^{3+}$ ,  $\text{Er}^{3+}$  و AZO با بزرگنمایی  $\times 40000$ . پیکانهای سفید اشاره به

نانوذرات نمونه با اندازه های مختلف دارد که در ماتریس پلیمری فرو رفته اند.



شکل 11- تصویر میکروسکوپ الکترونی پیمایشی SEM از ورقه کامپوزیتی سه مولفه ای ساخته شده از نانوذرات نمونه با اندازه های مختلف (از تقریبا 10 تا 200 نانومتر) دارد که در ماتریس پلیمری فرو رفته اند.

### 3- ساختار نانوکامپوزیت

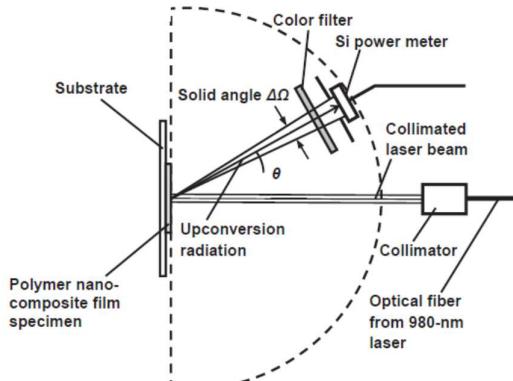
شکل 10 و 11 نمایانگر عکسهایی از تصاویر الکترونی پیمایشی با رزولوشن بالا از ورقه نانوکامپوزیت تولید شده با بزرگنمایی به ترتیب  $40K \times$  و  $60K \times$  می باشد. با خاطر راحتی کار، تصاویر برخی نانوذرات نمونه با علامت فلش مشخص شده است. اندازه نانوذرات به طور وسیعی در دامنه میان 10 و 200 نانومتری تغییر می کرد. توزیع تقریبا یکنواخت نانوذرات در ورقه پلیمری برخی اوقات با خوشه های نانوذره ای به اندازه 500 الی 1000 نانومتر برهمنمی خورد.

### 3-3- فلورسانس

ورقه های نانوکامپوزیت ته نشست شده نشان دهنده فلورسانس مرئی upconversion می باشد که با تشعشع IR 980 نانومتری پمپ شده است. طیف صدور upconversion شبیه به طیف فسفر اصلی با دو پیک طیفی سبزرنگ در 515 و 535 نانومتر و یک پیک طیفی قرمز در 653 نانومتر در موافق با نتایج گزارش شده قبلی بودند. فلورسانس upconversion ورقه ها به طور کمی با کارایی کوانتمی QE  $\eta$  تعیین مشخصات گردید که به شکل نسبت تعداد فوتون های تشعشع upconversion با طول موج کوتاه تولید شده به ازای هر واحد زمانی  $n_{up}$  به تعداد فوتونهای تشعشع پمپ مادون قرمز  $n_{pump}$  تعریف گردید.

$$\eta = \frac{n_{up}}{n_{pump}} 100\% \quad (1)$$

شکل 12 نمایانگر طرح شماتیک تنظیم آزمایشی استفاده شده برای تخمین QE می باشد. نمونه ورقه با یک پرتوی هم راستا شده از یک فیبر ختم شده به دیود لیزر 980 نانومتری روشن گردید. پرتو نسبت به نمونه نرمال بود. کل قدرت پرتوی پمپ  $P_{pump\ tot}$  در 150mW ثابت گردید.



شکل 12- طرح شماتیک تنظیم نوری برای اندازه گیری بازده کوانتومی QE از صدور upconversion های نانوکامپوزیت پلیمر آماده شده حاوی فسفر  $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}, \text{Er}^{3+}$ .

به محض برخورد به نمونه پرتو شروع به صدور upconversion نمود. یک قدرت سنج Si با قطر روزنے سنسور در فاصله  $L=68\text{mm}$  از نمونه با زاویه تقریبی 45 درجه نسبت به حالت عادی قرار داده شد. هم پمپ و هم تشعشع upconversion بخار نمونه درون نیمکره بالایی سطح آن پراکنش یافت. با فرض اینکه نمونه یک ساطع کننده Lambertian می باشد، می توان تعیین کرد که چه فراکسیونی از F در تشعشع پراکنده کلی به سمت سنسور قدرت سنج انتشار یافته است:

$$F = \frac{P_{scatt\ pump}}{P_{scatt\ pump\ tot}} = \frac{P_{up}}{P_{up\ tot}} = \frac{\Delta\Omega \cos\theta}{\pi} = \frac{\cos\theta}{4} \left(\frac{d}{L}\right)^2 \sim \frac{1}{4\sqrt{2}} \left(\frac{d}{L}\right)^2 = 2.45 \times 10^{-3} \quad (2)$$

که در آن  $P_{scatt\ pump\ tot}$  قدرت تشعشع پمپ کلی پراکنده در نیمکره می باشد.

IR پمپ پراکنده منتشره به سوی منفذ سنسور می باشد.  $P_{up\ tot}$  قدرت کل تشعشع upconversion

شده در نیمکره می باشد.  $P_{up}$  قدرت تشعشع upconversion منتشره به سمت منفذ سنسور می باشد.

$$\Delta Q = \frac{1}{4}(d/L)^2$$

پراکنش شده از نمونه به سمت سنسور منتشر شده است. چون قدرت تشعشع پمپ پراکنش شده دارای

ترتبیبات بزرگی بیش از  $P_{up}$  می باشد، قدرت سنج اساسا  $P_{scatt\ pump}$  را اندازه گیری کرده است و نقش

می تواند نادیده گرفته شود. برای اندازه گیری  $P_{up}$  یک فیلتر سبزرنگ (باند عبوری  $540 \pm 20\text{ nm}$ ) در

مقابل عنصر حسگری قدرت سنج قرار دده شد تا تشعشع IR پمپ را سد کند. انتقال شفافیت فیلتر رنگی برای

تشعشع پمپ برابر با  $T_{pump} = 3.8 \times 10^{-4}$  بود، انتقال شفافیت برای تشعشع upconversion (در 535

نانومتر) برابر با  $T_{up} = 0.106$  بود. قدرت تشعشع پمپ پراکنش یافته که از فیلتر در سنسور

عبور می کند با اینحساب می تواند به ترتیب ذیل تخمین زده شود:

$$P_{scatt\ pump\ filter} = P_{scatt\ pump} T_{pump} \quad (3)$$

قدرت پمپ ترکیب شده و تشعشع upconversion اندازه گیری شده با قدرت سنج با فیلتر رنگی در مقابل

سنسور  $P_{PM\ filter}$  با اینحساب برابر بود با:

$$P_{PM\ filter} = P_{up} T_{up} + P_{scatt\ pump\ filter} \quad (4)$$

با استفاده از معادله 2 الی 4 قدرت کل تشعشع upconversion به ترتیب ذیل تخمین زده شد:

$$P_{up\ tot} = \frac{P_{PM\ filter} - P_{scatt\ pump} T_{pump}}{FT_{up}} \quad (5)$$

با استفاده از معادله 2، قدرت پمپ مصرفی برای تولید تشعشع upconversion به ترتیب ذیل تخمین زده شد:

$$P_{pump} = P_{pump\ tot} - \frac{P_{scatt\ pump}}{F} \quad (6)$$

تعداد فوتون در واحد زمان  $n$  به قدرت تشعشع  $P$  به ترتیب ذیل مربوط بود:

$$n = \frac{P\lambda}{hc} \quad (7)$$

که در آن  $\lambda$  طول موج بوده است.  $H$  ثابت Planck بوده است و  $c$  سرعت نور در خلا  $(3 \times 10^8 \text{ m/s})$  بوده

است. مطابق با آن، تعداد فوتونهای upconversion و پمپ در واحد زمانی در ارتباط با قدرتهای مربوطه می‌تواند اینگونه بیان شود:

$$n_{up} = \frac{P_{up \ total} \lambda_{up}}{hc} \quad (8)$$

و

$$n_{pump} = \frac{P_{pump} \lambda_{pump}}{hc} \quad (9)$$

طبق معادله 1 و 8 و 9، QE به شکل ذیل محاسبه گردید:

$$\eta = \frac{P_{up \ total} \lambda_{up}}{P_{pump} \lambda_{pump}} \times 100\% \quad (10)$$

مقادیر کارایی‌های کوانتومی تخمین زده شده (در جرقه‌های طیفی 515 و 535 نانومتری ترکیبی) upconversion ورقه‌های نانوکامپوزیت پلمری ته نشست شده (با افزودنی فسفر تنها و با فسفر و AZO) همراه با هدف PLD فسفر (به عنوان مرجع) در جدول 1 نشان داده شده است. QE اندازه گیری شده پودر فسفر اصلی که در هدف PLD فشرده سازی شده به خوبی طبق بالاترین 3 درصد بازده کوانتومی گزارش شده برای فسفر مشابه  $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}, \text{Er}^{3+}$  در متون علمی مقایسه شده است. QE ورقه نانوکامپوزیت پلمری حاوی تنها نانوذرات فسفر upconversion برابر با تقریباً 12 مرتبه کمتر از مورد رفرانس بود. از یک سو، ورقه نانوکامپوزیت تحت شرایط مشابهی ته نشست گردید، ولیکن همچنین حاوی نانوذرات AZO بود، و دارای QE تقریباً 1.6 برابر بزرگتر بوده است. این امر می‌تواند به اثر تقویت پلاسمونیکی نانوذرات AZO روی میدان IR پمپ نوری موضعی نسبت داده شود. چون صدور upconversion یک مرحله دوفوتونی است، QE می‌تواند متناسب با تقریباً مربع قدرت پمپ افزایش یابد. در این آزمایش قدرت پمپ ماکریم به 150mW محدود بود که کمتر از حدآستانه خسارت ورقه نانوکامپوزیت بود.

جدول 1- کارایی کوانتمی دستگاه های ساطع کننده upconversion مختلف (در 515 و 535 نانومتر ترکیبی) که در آزمایش بکار رفته است.

No	Specimen	QE (%)
1	NaYF <sub>4</sub> : Yb <sup>3+</sup> , Er <sup>3+</sup> target	0.56 ± 0.12
2	PMMA + NaYF <sub>4</sub> : Yb <sup>3+</sup> , Er <sup>3+</sup> nano-composite film	0.045 ± 0.013
3	PMMA + NaYF <sub>4</sub> : Yb <sup>3+</sup> , Er <sup>3+</sup> + AZO nano-composite film	0.072 ± 0.022

دلیل اینکه ورقه نانوکامپوزیتی دارای یک ترتیب بزرگی فلورسانس upconversion ضعیف تراز پودرفسفر اصلی بوده، در کنار غلظت محدود نانوذرات فسفر در میزان پلیمری، می تواند به اثر اندازه توضیح داده شده در ذیل مربوط باشد. جرم مولار فسفر  $M = 187.9 \text{ g/Mole}$  برابر با  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}, \text{Er}^{3+}$  بود. چگالی جرمی برابر

با  $\rho_m = 4.2 \text{ g/cm}^3$  با  $\rho_M$  بود. تراکم مولاری  $\rho_M$  می توانست به ترتیب ذیل محاسبه شود:

$$\rho_M = \frac{\rho_m}{M} = 0.022 \frac{\text{Mole}}{\text{cm}^3} \quad (11)$$

غلظت سدیم  $N_{Na}$  در فسفر برابر است با:

$$N_{Na} = N_A \rho_M = 1.2 \times 10^{22} \frac{\text{ion}}{\text{cm}^3} \quad (12)$$

که در آن  $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ Mole}^{-1}$  عدد آوگادرو می باشد. چون میزان اصلاح یونی Ytterbium و

Erbium به ترتیب برابر با 10 و 2 درصد می باشد (مقادیر فوق)، غلظت آنها در فسفر برابر با  $N_{Er} = 0.02 \rho_{Na} = 2.4 \times 10^{20} \text{ ion/cm}^3$  و  $N_{Yb} = 0.1 \rho_{Na} = 1.2 \times 10^{21} \text{ ion/cm}^3$  بوده است. با فرض

اینکه شکل کروی نانوذرات فسفر upconversion (با حجم  $V = 1.33\pi(D/2)^3$ ، که در آن D قطر نانوذرات بوده است)، جدول 2 نمایانگر تعداد محاسبه شده یونهای RE در نانوذرات با اندازه های مختلف می باشد. می توان دید که تعداد یونهای Erbium و Ytterbium در نانوذرات به قطر 1 نانومتر کمتر از یک به طور متوسط می باشد و از چندین صد نانومتری تجاوز نمی کند. صدور upconversion دارای دو نوع یونهای RE با یون

Yb<sup>3+</sup> می باشد که به شکل گیرنده فوتونهای IR پمپ عمل کرده که بعدا یون Er<sup>3+</sup> را از طریق فرایند انتقال

انرژی با دو فوتون IR، ولی نه یکی تحریک می کند. صدورات upconversion با اینحساب متکی به یک تعداد برجسته ای از یونهای RE درگیر می باشد (که کمتر از هزارتا نیستند). در این رابطه، ورقه نانوکامپوزیت شامل نانوذرات فسفر upconversion به اندازه ای نه بیش از تقریبا 200 نانومتر باید بنا به انتظار دارای QE کمتر از مال پودر عمدہ با حضور برجسته 1 میکرومتری و ذرات بیشتر باشد. همانگونه که جدول 1 نشان می دهد، افزودن نانوذرات AZO به ورقه نانوکامپوزیت پلیمری به جبران کمی از ریزش QE upconversion به دلیل تقویت پلاسمون میدان نوری IR پمپ موضعی کمک کرد. به عنوان نمایشی از کاپردهای احتمالی برای روشن کننده های فیبر upconversion، شکل 13 نمایانگر عکس نوک فیبر ته حالتی با پوششی با استفاده از یک ورقه نانوکامپوزیت  $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}, \text{Er}^{3+}$  + PMMA با AZO با روشهای توضیح داده شده و پمپ شده با یک دیود لیزری 980 نانومتری (با قدرت 125mW) می باشد. نوک فیبر طرف خلفی سفیدرنگ یک کارت ویزیت را با نور مرئی upconversion روشن کرده است. تصویر با یک دوربین دیجیتالی مدل iPhone 6 در اتاق با نور کم گرفته شده است.

#### 4-نتیجه گیری ها

برای بار اول نشان داده شده است که روش ته نشست MAPLE/PLD سه هدفی سه پرتویی جدید مطرح شده باعث شد که انتقال یک فسفر غیرآلی RE upconversion کلارامد با ترکیب AZO در ورقه های پلیمری نانوکامپوزیت حفظ کننده ساختار کربیستالی افزودنی ها و خواص صدور upconversion ممکن گردد. این امر به دلیل کنترل خیلی بهتر فرایند ته نشست مواد با ماهیت مختلف در سه هدف مجزا با سه پرتوی لیزری متفاوت بود.

جدول 2-تعداد محاسبه شده یونهای RE در نانوذرات کروی فسفر upconversion با قطر مختلف

ردیف	قطر نانوذرات کروی فسفر upconversion به نانومتر	تعداد یونهای خاکی نادر در نانوذرات	
		$\text{Yb}^{3+}$	$\text{Er}^{3+}$
1	1	0.628	0.128
2	10	628	128
3	100	$6.28 \times 10^5$	$1.28 \times 10^5$
4	1000	$6.28 \times 10^8$	$1.28 \times 10^8$



شکل 13- عکس نوک فیبر حالت منفرد با لایه ای از ورقه نانوکامپوزیتی  $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}, \text{Er}^{3+}$  + PMMA که با یک دیود لیزری 980 نانومتری (با قدرت 125mW) پمپ گردیده و قسمت خلفی سفید یک کارت ویزیت را روشن کرده است.

مولفه های پایه دستگاه MAPLE/PLD سه هدفی سه پرتویی جدید و مراحل فرایند اصلی طراحی، ساخت و تست گردیده است. نتایج اصلی نشان داده است که افروzen نانوذرات AZO تا عامل 1.6 کارایی کوانتمومی upconversion صدورات upconversion را از ورقه ها احتمالا به دلیل تقویت پلاسمون میدان IR پمپ نوری محلی در مجاورت نانوذرات AZO بهبود داده است. روش مطرح شده را می توان احیانا برای ساخت انواع وسیعی از ورقه های پلیمر-غیرآلی نانوکامپوزیتی برای دستگاه های ساطع کننده نور، سنسورهای شیمیایی، و سایر کاربردها استفاده نمود

#### References

- [1] Mihaișescu DE, Cristescu R, Dorcioman G, Popescu CE, Nita C, Socol G, et al. Functionalized magnetic silica thin films fabricated by MAPLE with anti-biofilm properties. *Biofabrication* 2013;5(1):015007.
- [2] Paun IA, Moldovan AM, Luculescu C, Dinescu M. Antibacterial polymeric coatings grown by matrix assisted pulsed laser evaporation. *Appl Phys A Mater Sci Process* 2013;110(4):895–902.
- [3] Shepard KB, Guo Yunlong, Arnold CB, Priestley RD. Nanostructured morphology of polymer films prepared by matrix assisted pulsed laser evaporation. *Appl Phys A Mater Sci Process* 2013;110(4):771–7.
- [4] Shepard KB, Priestley RD. MAPLE Deposition of macromolecules. *Macromol Chem Phys* 2013;214(8):862–72.
- [5] Iordache S, Cristescu R, Popescu AC, Popescu CE, Dorcioman G, Mihaișescu IN, et al. Functionalized porphyrin conjugate thin films deposited by matrix assisted pulsed laser evaporation. *Appl Surf Sci* 8:207–210.
- [6] Singaravelu S, Mayo DC, Park HK, Schiriver KE, Haglund Jr RF. Anti-reflective polymer-nanocomposite coatings fabricated by RIR-MAPLE. *Proc SME*

- [7] 2013;8807:880718.
- [8] Shepard KR, Arnold CB, Prierkary RD. Origins of nanosstructure in amorphous polymer coatings via matrix assisted pulsed laser evaporation. *Appl Phys Lett* 2013;103(12):123105.
- [9] Caricato AP, Arima V, Cesaria M, Martino M, Tunno T, Binaldi R, et al. Solvent-related effects in MAPLE mechanism. *Appl Phys B Lasers Opt* 2013;113(3):463–71.
- [10] Birjega R, Matei A, Mitu B, Ionita MD, Filipescu M, Smilkes-Cheregi F, et al. Layered double hydroxides/polymer thin films grown by matrix assisted pulsed laser evaporation. *Thin Solid Films* 2013;542:63–8.
- [11] McCormick RD, Cline JD, Chaudhri AS, Zhao W, Stiff-Roberts AD. Tuning the refractive index of halopolymer blends by controlling aromatic domain size via RIR-MAPLE deposition. *Macromol Chem Phys* 2013;214(23):2643–50.
- [12] Canilescu S, Schau J, Fester S, Hamen KV, Cimell H. Deposition of matrix-free fullerene films with improved morphology by matrix-assisted pulsed laser evaporation (MAPLE). *Chem Phys Lett* 2013;588:119–23.
- [13] Visan A, Gresan D, Stefan N, Dutu L, Miruna FM, Stan CE, et al. Bioluminescent nanocrystalline apatite coatings synthesized by Matrix Assisted Pulsed Laser Evaporation for medical applications. *Mat Sci Eng B Adv Funct Solid-State Mater* 2014;181:S6–93.
- [14] Shokler-Cheregi F, Matei A, Dinescu C, Secu CE, Secu M. Photoluminescence of Eu-doped UVG thin films grown by pulsed laser deposition and matrix-assisted pulsed laser evaporation. *J Phys D Appl Phys* 2014;47(4):045304.
- [15] Constantinescu C, Matei A, Inn V, Mitu B, Ionita I, Dinescu M, et al. Ferrocene carboxaldehyde thin films grown by matrix-assisted pulsed laser evaporation for nonlinear optical applications. *Appl Surf Sci* 2014;302:53–6.
- [16] Pafiti-Papavlu A, Rusen L, Oteca V, Filipescu M, Lippert T, Dineacu M. Characterization of ethylcellulose and hydroxypropyl methylcellulose thin films deposited by matrix-assisted pulsed laser evaporation. *Appl Surf Sci* 2014;302:87–91.
- [17] Grumezescu V, Suciu G, Grumezescu AM, Holban AM, Ficai A, Bleatu C, et al. Functional polymeric thin films obtained by matrix assisted pulsed laser evaporation for cells attachment-detachment study. *Appl Surf Sci* 2014;302:134–40.
- [18] Caricato AP, Arima V, Catalano M, Cesaria M, Cazzoli PD, Martino M, et al. MAPLE deposition of nanomaterials. *Appl Surf Sci* 2014;302:92–8.
- [19] Suciu M, Preita N, Vasilescu I, Grigorescu M, Suciu G, Mihailescu IN, et al. Organic heterostructures based on arylenevinylene oligomers deposited by MAPLE. *Appl Surf Sci* 2014;302:216–22.
- [20] Constantinescu C, Matei A, Ionita I, Inn V, Marascu V, Dinescu M, et al. Azo derivatives thin films grown by matrix-assisted pulsed laser evaporation for non-linear optical applications. *Appl Surf Sci* 2014;302:69–73.
- [21] Grumezescu V, Holban AM, Grumezescu AM, Suciu G, Ficai A, Valea BS, et al. Uric acid-loaded biocompatible magnetic PLGA-PVA microspheres thin films fabricated by MAPLE with increased resistance to staphylococcal colonization. *Biofabrication* 2014;6(3):035002.
- [22] Sima F, Asente E, Iordache I, Luculescu C, Gallet O, Amselme K, et al. Combining Matrix Assisted Pulsed Laser Evaporation of a biodegradable polyester and biotin for protein immobilization and controlled release. *Appl Surf Sci* 2014;306:75–9.
- [23] Grumezescu V, Holban AM, Iordache F, Suciu G, Mugureanu CD, Grumezescu V, et al. MAPLE fabricated magnetic-eugenol and (3-hydroxybutyric acid- $\omega$ -3-hidroxymaleic acid)-polyvinyl alcohol microspheres coated surfaces with anti-microbial properties. *Appl Surf Sci* 2014;306:16–22.
- [24] Asente E, Sima F, Silman IE, Erginer M, Engilis MS, Serhan N, et al. Combining MAPLE gradient thin film assemblies signaling to human osteoblasts. *Biofabrication* 2014;6(3):035010.
- [25] Blanca V, Horan PE, Sena LE, Rusen L, Constantinescu C, Evans RW, et al. MAPLE-based method to obtain biodegradable hybrid polymeric thin films with embedded antimicrobial agents. *Biomed Microdevices* 2014;16(1):11–21.
- [26] Ge Wangyan, Yu Qian, Lopez GP, Stiff-Roberts AD. Antimicrobial oligo(p-phenylene-ethylene) film deposited by resonant infrared matrix-assisted pulsed laser evaporation. *Colloid Surfaces B Biointerfaces* 2014;116:785–92.
- [27] Aronne A, Ausanio G, Bleisi F, Calabria R, Califano V, Fanelli E, et al. Structural characterization of MAPLE-deposited lipase thin film. *Appl Surf Sci* 2014;329:524–30.
- [28] Califano V, Bleisi F, Aronne A, Federici S, Nasti L, Depiero LE, et al. Biomedical applications of MAPLE-deposited lipase. *Sensors* 2014;4(4):329–39.
- [29] Yo Qian, Ge Wangyan, Arreolaogun A, Lopez GP, Stiff-Roberts AD. RIR-MAPLE deposition of multifunctional films combining biocidal and fading release properties. *J Mat Chem B* 2014;2(27):4371–8.
- [30] Constantinescu C, Rotana A, Nedelecs A, Dinescu M. Thermal behavior and matrix-assisted pulsed laser evaporation deposition of functional polymeric materials thin films with potential use in optoelectronics. *Mat Sci Semicond Process* 2015;30:242–9.
- [31] Caricato AP, Cesaria M, Leo C, Mazzeo M, Genco A, Carallo S, et al. Very low roughness MAPLE-deposited film of a light emitting polymer: an alternative to spin coating. *J Phys D Appl Phys* 2015;48(13):135501.
- [32] Aronne A, Bleisi F, Calabria R, Califano V, Depiero LE, Fanelli E, et al. Lipase biofilm deposited by matrix assisted pulsed laser evaporation technique. *Appl Surf Sci* 2015;336:196–9.
- [33] Iordache F, Grumezescu V, Grumezescu AM, Curutiu C, Dumitru LM, Suciu M, et al. Gamma-cyclohexanecarboxylic acid thin film fabricated by MAPLE for improving the resistance of medical surfaces to *Staphylococcus aureus* colonization. *Appl Surf Sci* 2015;336:407–12.
- [34] Matei A, Constantinescu C, Mitu B, Filipescu M, Ion V, Ionita I, et al. Laser printing of azo-derivative thin films for non-linear optical applications. *Appl Surf Sci* 2015;336:200–5.
- [35] Stiff-Roberts AD, McCormick RD, Ge Wangyan. Material properties and applications of blended organic thin films with nanocable domains deposited by RIR-MAPLE. *Proc SPIE* 2015;9350:935007.
- [36] Grumezescu V, Andrmescu E, Holban AM, Grumezescu AM, Suciu G, Iordache F, et al. MAPLE fabrication of thin films based on kanamycin functionalized magnetite nanoparticles with anti-pathogenic properties. *Appl Surf Sci* 2015;336:188–95.
- [37] Caricato AP, Arima M, Cesaria M, Lattanzi S, Leggieri G, Len C, et al. MAPLE-deposited PZT films: influence of the laser fluence and repetition rate on the film emission and morphology. *Appl Phys B Lasers Opt* 2015;119(3):451–61.
- [38] Ge Wangyan, Atewologun A, Stiff-Roberts AD. Hybrid nanocomposite thin films deposited by emulsion-based resonant infrared matrix-assisted pulsed laser evaporation for photovoltaic applications. *Ory Electron Mater Phys Chem Appl* 2015;22:98–107.
- [39] Janaković Eraković S, Ristovska C, Mihailescu N, Dura I, Visan A, et al. Structural and biological evaluation of lignin addition to simple and silver-doped hydroxyapatite thin films synthesized by matrix-assisted pulsed laser evaporation. *J Mater Sci Mater Med* 2015;26(1):17.
- [40] Paul IA, Acasandres AM, Luculescu CR, Mustacica CC, Ion V, Mihailescu M, et al. MAPLE deposition of polypyrrole-based composite layers for bone regeneration. *Appl Surf Sci* 2015;357:975–84.
- [41] Darwishi AM, Sapagulukte MT, Sarkisov S, Patel D, Hui D, Kopitz E. Double beam pulsed laser deposition of composite films of poly(methyl methacrylate) and rare earth fluoride upconversion phosphors. *Compos Part B Eng* 2013;55:139–46.
- [42] Darwishi AM, Wilson S, Sarkisov S, Patel D. Double pulse laser deposition of polymer nanocomposite NaYF<sub>3</sub>:Tm<sup>3+</sup>, Yb<sup>3+</sup> films for optical sensors and light-emitting applications. *Proc SPIE* 2014;8847:884702.
- [43] Darwishi AM, Barker A, Blackwell A, Taylor K, Sarkisov S, Patel D, et al. Polymer-inorganic nano-composite thin film upconversion light emitters prepared by double-beam matrix assisted pulsed laser evaporation (DB-MAPE) method. *Compos Part B* 2015;68:355–64.
- [44] Darwishi AM, Barker A, Blackwell A, Taylor K, Walker V, Sarkisov S, et al. Efficient upconversion polymer-inorganic nanocomposite emitters prepared by the double beam matrix assisted pulsed laser evaporation (DB-MAPE). *Proc SPIE* 2014;9260:92600C.
- [45] Darwishi AM, Wilson S, Blackwell A, Taylor K, Sarkisov SS, Patel DN, et al. Ammonia Sensor based on polymer-inorganic nano-composite thin film upconversion light emitter prepared by double-beam pulsed laser deposition. *Am J Mater Sci* 2015;5(3A):8–15.
- [46] Darwishi AM, Wilson S, Blackwell A, Taylor K, Sarkisov S, Patel D, et al. Polymer-inorganic nanocomposite thin film emitters, optoelectronic chemical sensors, and energy harvesters produced by multiple-beam pulsed laser deposition. *Proc SPIE* 2015;9586:958602.
- [47] Darwishi AM, Wilson S, Blackwell A, Taylor K, Sarkisov S, Patel D, et al. Multi-beam pulsed laser deposition: new method of making nanocomposite coatings. *Proc SPIE* 2015;9586:958605.
- [48] Darwishi A, Sarkisov S. Multiple beam pulsed laser deposition of composite films. US Patent Application No. 14/158,567, Filed 1/17/2014, Publication No. US 2014/0227461 A1.
- [49] Darwishi A, Sarkisov S. Multiple beam pulsed laser deposition of composite films. US Patent Application No. 14/506,685, Filed 10/15/2014.
- [50] Darwishi A, Mele P, Sarkisov S. Nano-composite thermo-electric energy converter and fabrication method thereof. US Patent Application No. 14/853,674, Filed 9/14/2015.
- [51] West PR, Ishii S, Naik GV, Emani NK, Shalaev VM, Boltasseva A. Searching for better plasmonic materials. *Laser Photonics Rev* 2010;4(6):798–808.
- [52] Kim Y, Lee W, Jung D-II, Kim J, Nam S, Kim H, et al. Optical and electronic properties of post-annealed ZnO: Al thin films. *Appl Phys Lett* 2010;96(17):171902.
- [53] Tong H, Deng Z, Liu Z, Huang C, Huang J, Lin H, et al. Effects of post-annealing on structural, optical and electrical properties of Al-doped ZnO thin films. *Appl Surf Sci* 2011;257(11):4906–11.
- [54] Liu J-Y, Zhong K-D, Lee P-T. Plasmonic behaviors of metallic ZnO thin films and ZnO nanodisk arrays. *Opt Express* 2016;24(5):5125.
- [55] Cutten BD, Snick SJL. Elements of X-ray diffraction. 3rd ed. Prentice Hall; 2001.
- [56] Boyer JC, van Veggel FCJM. Absolute quantum yield measurements of colloidal NaYF<sub>3</sub>: Eu<sup>2+</sup>, Yb<sup>3+</sup> upconverting nanoparticles. *Nanoscale* 2010;2:1417–9.
- [57] Liu H, Xu CT, Dusupzhanov G, Jensen OB, Anderson PE, Andersson-Engels S. Deep tissue optical imaging of upconverting nanoparticles enabled by exploiting higher intrinsic quantum yield through use of millisecond single pulse excitation with high peak power. *Nanoscale* 2013;20(5):10034–40.

برای خرید فرمت ورد این ترجمه، بدون واتر مارک، اینجا کلیک نمایید.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

✓ لیست مقالات ترجمه شده

✓ لیست مقالات ترجمه شده رایگان

✓ لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI

سایت ترجمه فا؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی