

خلاصه

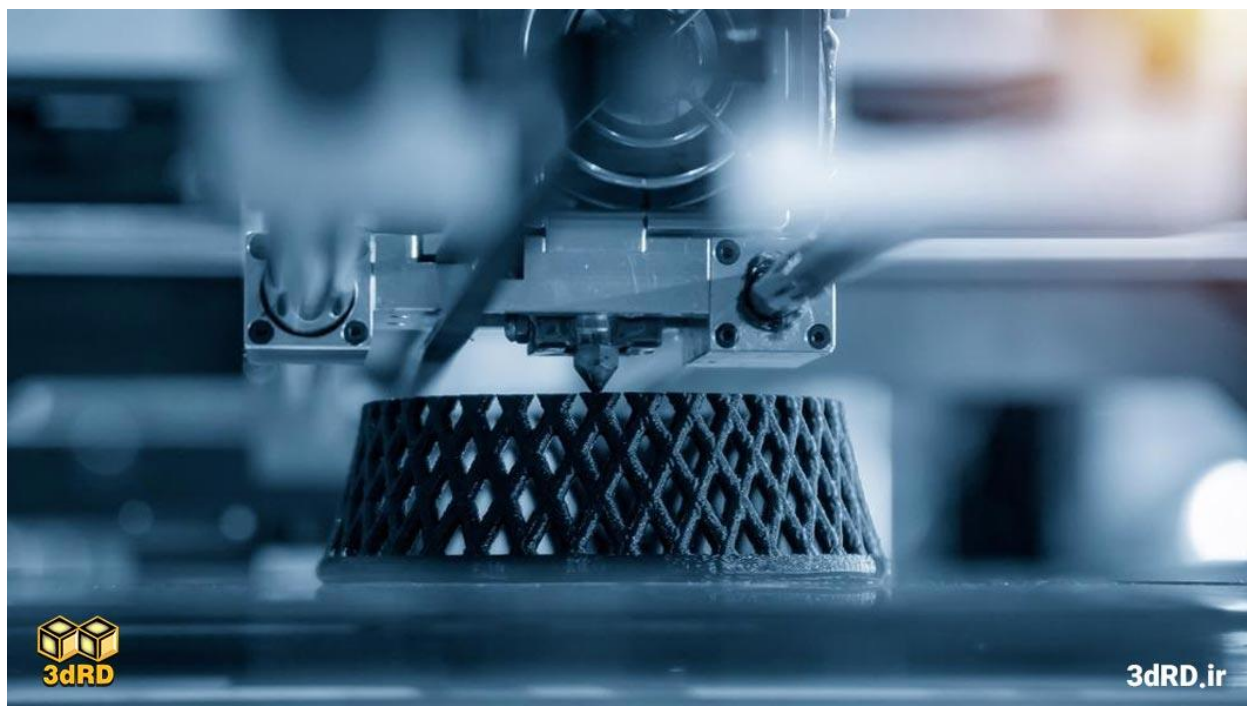
یک روش ساخت و تولید افزایشی می باشد که امروزه تمام عرصه های تکنولوژی را تحت تاثیر قرار داده **پرینت سه بعدی** است. مزیت این فرایند استفاده بهینه از ماده، افزایش انعطاف پذیری در طراحی و تولید دقیقتر اجزاء و قطعات می باشد

روش های پرینت سه بعدی پیشرفته امکان **ساخت ساختارهای پیچیده میکرو و حتی نانو** که با هیچ روش ساخت و تولیدی امکان پذیر نمی باشد میسر شده است

اعمال ایده پرینت سه بعدی به فناوری نانو می تواند مزایای مشابه به مراتب بیشتری را **سرعت بالا، اتلاف کمتر، توجیه اقتصادی** در مقایسه با زمینه ساخت و تولید مرسوم نصیب آن بکند. موثرترین تکنیک قابل اعمال برای پرینت سه بعدی در NIR مقیاس نانو، لیتوگرافی مبتنی بر لیزر دوفوتونی می باشد. در این تکنولوژی با استفاده از نور نزدیک به مادون قرمز می توان در ماده نفوذ کرده و عمل پرینت سه بعدی را در هر موقعیتی از رزین حساس به نور **or Near Infra Red** انجام داد. همچنین فعالیت های گسترده ای در زمینه ساخت جوهر های کامپوزیت شده با نانوذرات برای کاربری های مختلف در حال جریان می باشد

می توان با لایه نشانی جوهر حاوی نانو ذرات بکار رفته در الکتروود باطری های یون لیتیومی به ریز باطری هایی به بزرگی یک دانه ماسه دست یافت. همچنین جوهرهایی حاوی گرافین و دیگر نانوذرات می تواند برای بهره گیری از قابلیت پرینت سه بعدی در دست یافتن به خواص این مواد در مقیاس نانو مورد پرینت قرار گیرد. محققان همچنین می توانند از توانایی پرینترهای سه بعدی در کاشت مستقیم و یکپارچه مواد با کارکردهای مختلفی همچون سازه ای، بیولوژیکی و الکترونیکی بهره ببرند

در این مقاله تکنیک های پرینت سه بعدی قابل اعمال در نانو تکنولوژی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است



انتشار مقاله

کنفرانس ملی نانو ساختارها، علوم و مهندسی نانو

کلمات کلیدی: پرینت سه بعدی، نانو تکنولوژی، لیتوگرافی دو فوتونی، لیزر دوفوتونی، جوهر نانو ذرات

فهرست عناوین این مقاله

1- مقدمه

2- پرینت سه بعدی ریز باتری های یون لیتیومی

3- لیتوگرافی لیزر دوفوتونی

4- کاربرد ریسندگی الکتریکی با هدف پرینت سه بعدی نانو

5- پرینت سه بعدی با گرافین

6- پرینت کاملاً سه بعدی تجهیزات الکترونیک

7- نتیجه گیری و جمع بندی

مقدمه

می باشد؛ که در آن اجزاء و قطعات سه (additive manufacturing) پرینت سه بعدی یک روش ساخت و تولید افزایشی بعدی به طریق انباشتن ماده بر روی هم، بصورت لایه به لایه و با هدایت یک طراحی دیجیتال ساخته می شوند. مزیت چنین فرایندی استفاده بهینه از ماده، افزایش انعطاف پذیری در طراحی و تولید دقیقتر اجزاء و قطعات می باشد؛ مهم تر اینکه نمونه اولیه قطعات را می توان خیلی سریعتر ساخت

نخستین پرینتر سه بعدی

در اواخر دهه 1431 ابداع شد. در روش MIT پرینت سه بعدی برای نخستین بار توسط یک تیم پژوهشی در دانشگاه ابداعی، لایه ای از پودر را پهن کرده و سپس ماده چسبی مایع را بر نواحی که باید منجمد شوند می افشانند. این روش مشابه می توان بر روی لایه های زیرین نیز عملکرد پرینترهای جوهر افشان می باشد؛ با این تفاوت که در پرینترهای سه بعدی عملیات لایه نشانی را برای رسیدن به قطعات سه بعدی ادامه داد. با پرینت سه بعدی می توان قطعات با تقریباً هر نوع پیچیدگی هندسی را ساخت. امروزه حتی پرینت سه بعدی به قلمرو ساخت بافت های زنده نیز وارد شده است

کاربردهای مدرن پینترهای سه بعدی

تاکنون، پرینت سه بعدی عمدتاً برای تولید سازه‌هایی شبیه به نمونه‌های موجود در خلقت و دست ساز بشر بکار می‌رفت؛ اسباب بازی‌ها، مجسمه‌ها و قطعات فلزی را نام برد. اما واقعیت (bioimplant) به عنوان نمونه می‌توان بیو ایمپلنت‌ها جالب اینجاست که با روش‌های پرینت سه بعدی پیشرفته امکان ساخت ساختارهای پیچیده میکرو و حتی نانو که با هیچ روش ساخت و تولیدی امکان پذیر نمی‌باشد میسر شده است. اعمال ایده پرینت سه بعدی به فناوری نانو می‌تواند مزایای مشابه به مراتب بیشتری را سرعت بالا، اتلاف کمتر، توجیه اقتصادی در مقایسه با زمینه ساخت و تولید مرسوم نصیب آن بکند.

در این مقاله تکنیک‌های پرینت سه بعدی که قابلیت پرینت سه بعدی در مقیاس نانو را دارند مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین تکنیک‌هایی از پرینت سه بعدی که با استفاده از آنها می‌توان جوهرهای حاوی نانوذرات را برای رسیدن به محصولات کاربردی بکار برد مورد توجه قرار می‌گیرند. ابتدا پرینت سه بعدی ریز باتری‌های یون لیتیومی مورد توجه قرار می‌گیرد. تکنولوژی لیتوگرافی با لیزر دو فوتونی که به معنی واقعی کلمه می‌تواند پرینت سه بعدی را در مقیاس نانو صورت دهد مورد کنکاش قرار می‌گیرد. ریسندگی الکترونیکی نانوجت پلیمری، پرینت سه بعدی جوهر حاوی گرافین جهت رسیدن به نانو سیم گرافین و پرینت سه بعدی یکپارچه تجهیزات الکترونیک با فناوری پرینت سه بعدی نیز بررسی می‌گردد. در نهایت جمع بندی و نتیجه گیری لازم صورت می‌گیرد.

[ساخت کامپوزیت با پرینتر سه بعدی](#): بیشتر بدانید >>

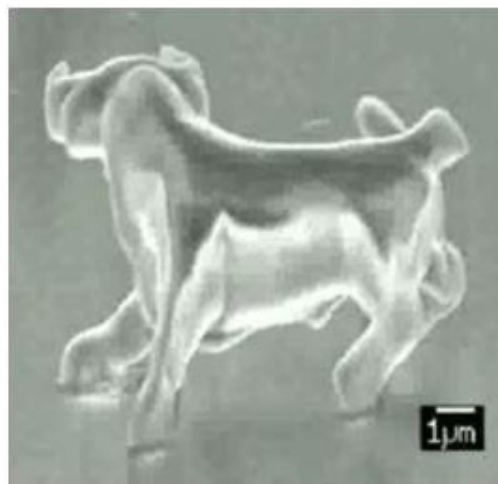
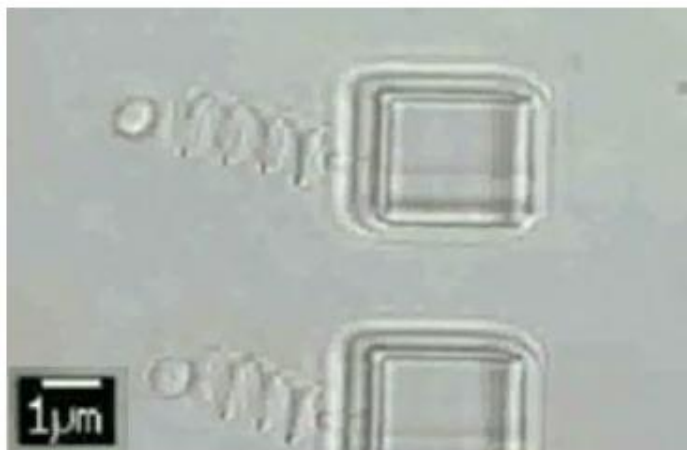
پرینت سه بعدی ریز باتری های یون لیتیومی

اکنون با فناوری پرینت سه بعدی می‌توان ریز باتری یون لیتیومی به کوچکی یک دانه ماسه را ساخت. چنین ریز باتریهایی می‌توانند انرژی الکترونیکی لازم برای ریز دستگاههای پزشکی و مخابراتی را تامین نمایند. در واقع در سالهای اخیر مهندسان تجهیزات مینیاتوری زیادی را ابداع کرده اند. از جمله می‌توان به ایمپلنت‌های پزشکی، ربات‌های حشره گون، دوربین‌ها و میکروفونهای ریز که در قاب عینک جای می‌گیرند اشاره کرد. اما در اغلب موارد باتری‌هایی که این تجهیزات را بکار می‌اندازند به بزرگی خود آنها یا حتی بزرگتر از آنها می‌باشند. این امر ساختن تجهیزات کوچک را بلاموضوع کرده است.

فشرده‌گی الکترودها از حالت دو بعدی به سه بعدی

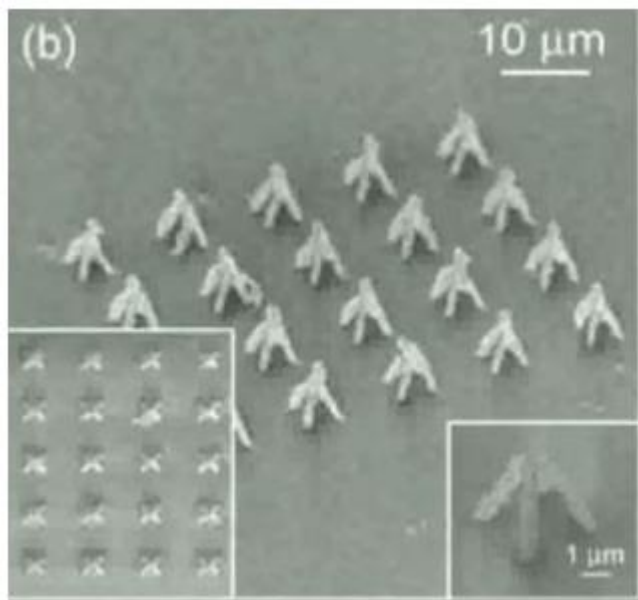
یک تیم پژوهشی نانوتکنولوژی در دانشگاه هاروارد و ایلینویز جفت الکتروود یک ریز باتری را که به دقت در هم شانه شده اند و بزرگی هر الکتروود کوچکتر از قطر موی سر می‌باشد را برای نخستین بار پرینت کرده اند. محققان دریافته اند که در صورتی می‌توان انرژی کافی برای این تجهیزات را ذخیره نمود که الکترودها بطور فشرده در هم شانه شده باشند و این لایه‌ها از حالت دوبعدی به حالت سه بعدی برسند؛ برای همین به پرینت سه بعدی روی آوردند. آنها روش لایه نشانی جوهر گسترده وسیعی از جوهرهای کاربردی که خواص شیمیایی و... را برای این کار بکار بردند Hm با اندازه نازل به قطر 30 الکترونیکی لازم را داشته باشند طراحی کردند. مرکب مورد نظر طوری ساخته شد که بتواند از نازل‌های ریز خارج شده و البته به محض خروج سفت شود.

مهمتر اینکه الکترودها باید به عنوان یک ماده فعال الکتروشیمیایی بتواند نقش آند و کاتد باتری را داشته باشد. آنها جوهر آند ساختند. آنها با پرینتر جوهرها را بر روی دندانه (LFP) و جوهر کاتد را از لیتیم فسفات (LTO) را از اکسید لیتیم تیتان نشاندهند. الکترودها در محفظه‌ای کوچک جاگذاری شده و از الکتروولت پر -های شانه‌ای هر دو پایه باتری از جنس طلا شد تا باطری کامل بست آید. بر طبق گزارش آنها، عملکرد باطری ساخته شده از جهت نرخ شارژ، دشارژ و عمر کاری و چگالی انرژی قابل مقایسه با باطری‌های تجاری بوده؛ بعلاوه اینکه در مقیاس خیلی کوچکی این کار صورت گرفته است.



شکل 2: تصاویر ساختارهای پرینت شده به روش لیتوگرافی دوفوتونی؛ الف) گاو ، ب) سیستم جرم و فنر در مقیاس نانو

با این وجود، پرینت ساختارهای فلزی در مقیاس نانو در مقایسه با نوع پلیمری آنها از اهمیت بالاتری برخوردار است. یک راه برای رسیدن به چنین ساختارهایی پرینت آنها از جنس پلیمر و سپس لایه نشانی بخار فلز بر روی آن می باشد. در این حالت یک ساختار فلزی شکل خواهد گرفت؛ اما تنها سطح بیرونی ساختار فلزی خواهد بود و درون آن همچنان پلیمری خواهد بود. برای رسیدن به یک ساختار کاملاً فلزی سه بعدی در مقیاس نانو، روش لیتوگرافی دو فوتونه بر روی محلول یون فلز نقره اعمال شد. پرتو لیزر مکان هندسی یک هرم را پیمود و در اثر تابش لیزر یون نقره با گرفتن یک الکترون به بدست 80 nm برابر (resolution) خود نقره تقلیل یافت؛ و ساختاری کاملاً فلزی بصورت شکل 3 ایجاد نمود. ریزنمایی آمد.

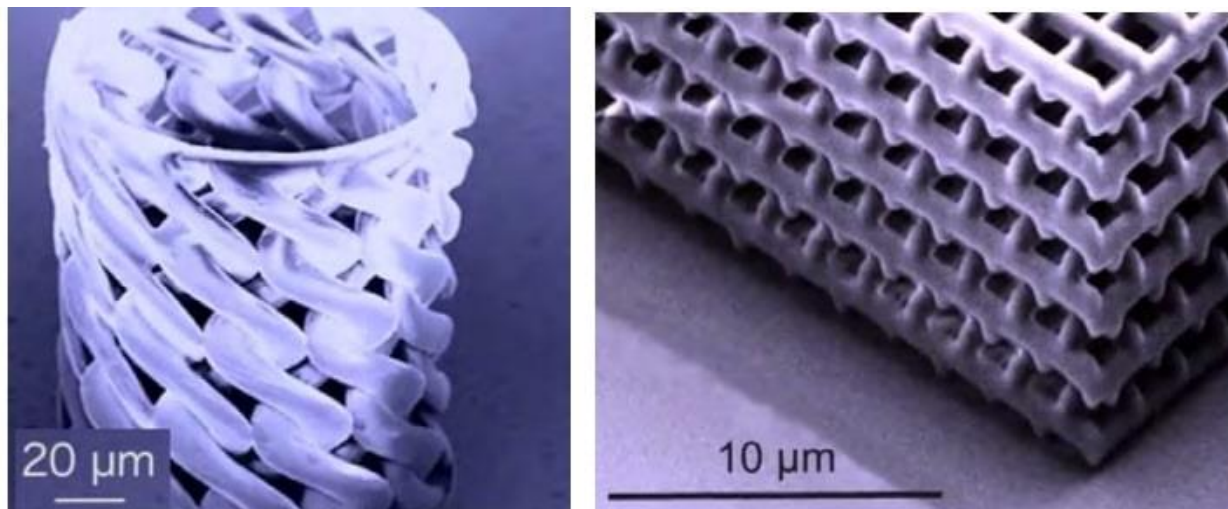


شکل 3: ساختار کاملاً فلزی سه بعدی پرینت شده در مقیاس نانو

NIR سیستم پرینت مستقیم لیزری بر مبنای لیزر

در طول 10 سال کار پیگیر بر روی این تکنولوژی موفق شده است که روش لیتوگرافی دوفوتونی Nanoscribe شرکت را به مرحله تجاری برساند. لذا امروزه پرینت سه بعدی ساختارهای نانو با هر پیچیدگی مفروض تحقق یافته است. سیستم

این شرکت می تواند برای کاربرد در زمینه مهندسی بافت جهت ساخت داربست NIR پرینت مستقیم لیزری بر مبنای لیزر های زیستی، فیلتر های سه بعدی برای کاربردهای میکروسیال و کاربری صنعتی در مهندسی سطح بکار گرفته شود. این شرکت همچنین رزین حساس به نور مورد نیاز را نیز عرضه می کند. شکل 4 دو نمونه از ساختار های پرینت شده با این سیستم را نشان می دهد.



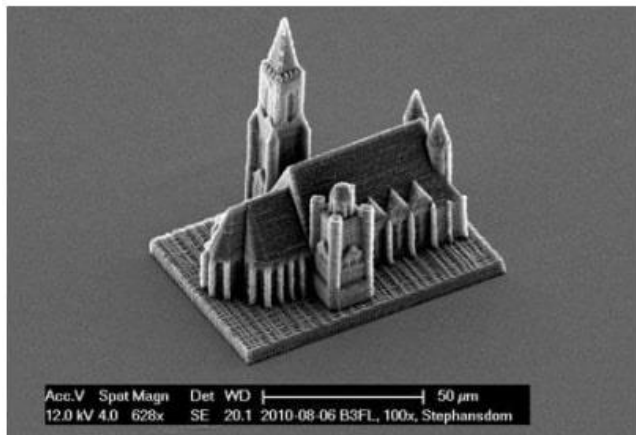
شکل 4: تصاویر میکروسکوپی دو نمونه از ساختار های پرینت شده توسط شرکت Nanoscribe

در لیتوگرافی دو فوتونی نقطه کانونی لیزر مکانی است که در انرژی دو فوتون هم افزایی کرده و در آن نقطه پلیمریزاسیون روی می دهد. در نتیجه با کنترل موقعیت این نقطه امکان پرینت سه بعدی محقق می شود. این امر توسط یک سری آینه های متحرک صورت می گیرد. در نتیجه یک مسیر پرینت شده به ضخامت چند صد نانومتر بر جای می ماند.

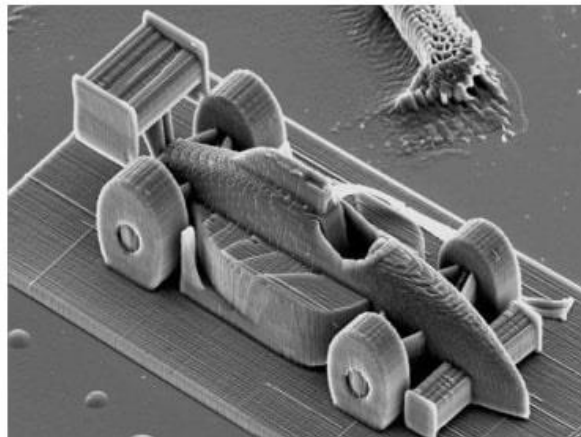
محققان دانشگاه وین بر پایه این تکنولوژی پرینت سه بعدی را سرعت بخشیده اند. در واقع آنها توانسته اند به سرعت پرینتی 10 برابر سرعت معمول قبلی با این تکنولوژی برسند. به گفته این محققان، سرعت پرینت تا کنون پایین بوده و بر حسب میلی متر بر ثانیه بیان می شده است. این پژوهشگران توانسته اند این سرعت را به 5 متر بر ثانیه برسانند.

بهبود سیستم فرمان دهی به آینه ها

این ابداع در سایه ترکیب چندین ایده محقق گردید. بهبود سیستم فرمان دهی به آینه ها یکی از آنهاست. این آینه ها بطور پیوسته در حال حرکت هستند لذا تنظیم شتاب دهی و شتاب گیری آنها برای رسیدن به حداکثر ظرافت عملکردی حیاتی است. همچنین ترکیب رزین نقش خیلی مهمی در سرعت پرینت دارد که این محققان توانسته اند شرایط لازم برای پلیمریزاسیون رزین در چنین سرعتی را محقق نمایند. دست یابی به چنین سرعت پرینتی روش لیتوگرافی دو فوتونی را به یک روش مناسب برای کاربرد در صنعت تبدیل کرده است.



(ب)



(الف)

شکل 5 دو نمونه از نانو ساختارهای پرینت شده توسط محققان دانشگاه وین: (الف) ماشین مسابقه، (ب) کلیسا

شکل 5 دو نمونه از ساختارهای پرینت شده توسط این محققان را نمایش می دهد. شکل 5الف یک خودروی مسابقه به ابعاد می باشد که با استفاده از این روش ساخته شده است. این نمونه از 100 لایه تشکیل شده است که هر لایه $100 \times 130 \times 330$ می باشد. شکل 5ب $\pm 0 \mu\text{m}$ متشکل از 200 مسیر پلیمری می باشد. زمان پرینت 4 دقیقه طول کشیده و دقت پرینت نیز نمایی از یک کلیسای معروف است که در مقیاس نانو پرینت شده است.

ساخت نانو سازه های سبک و مستحکم با پرینتر سه بعدی

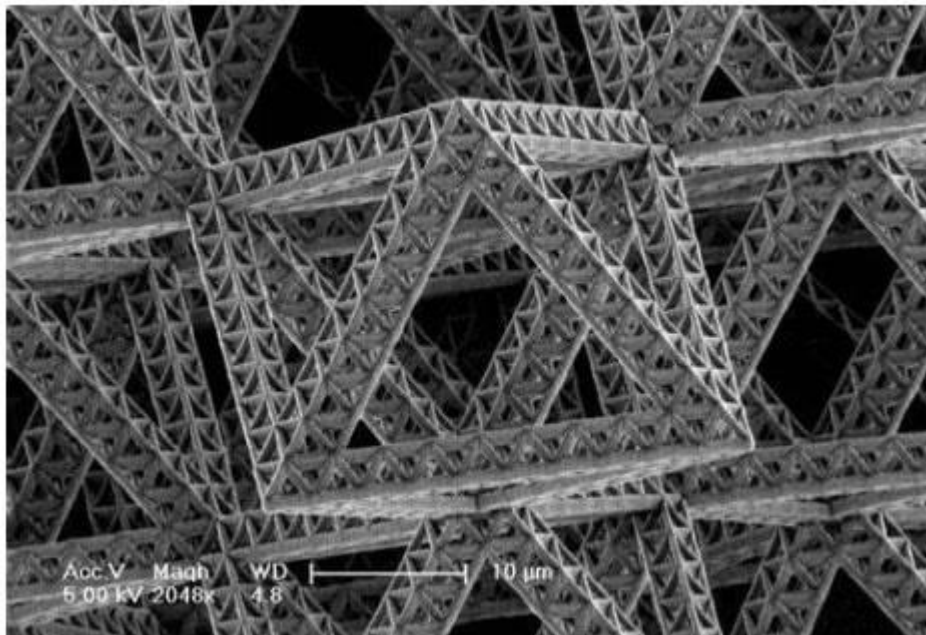
مثال دیگری از پرینت سه بعدی با لیتوگرافی دو فوتونی ساخت ریز خرپای فرکتال در مقیاس نانو می باشد که در شکل 6 آمده است. این بازه طی تحقیق صورت گرفته در دانشگاه کالیفرنیا ساخته شده و هر عضو بسازه از ضخامتی به ظرافت 5 برخوردار است. تمرکز این تحقیق بر تولید نانو سازه های سبک و در عین حال مستحکم می باشد mm

فرایند سه مرحله ای ساخت

- ابتدا بسازه پلیمری با استفاده از لیتوگرافی دو فوتونی پرینت می شود؛
- پس از تخلیه محیط از رزین استفاده نشده، سازه در یک مقیاس نانو توسط موادی همچون سرامیک و یا حتی فلز پوشش داده می شود؛ در این تحقیق آلومینا (اکسید آلومینیوم) که یک سرامیک ترد و شکننده است برای پوشش دهی مورد استفاده قرار گرفت
- در نهایت رزین تشکیل دهنده سازه اولیه خورنده می شود تا یک ساختار کاملاً توخالی بدست آید

چنین سازه هایی می توانند از اثر ابعادی موجود در مقیاس نانو بهره برده و در نتیجه می توانند رفتار کیفی مطلوب اما غیر معمولی را نشان می دهند

به عنوان مثال مواد ترد نظیر همین اکسید آلومینیوم می توانند قابلیت تغییر شکل بی نظیری داشته باشند؛ بدین صورت که حتی اگر آنها را له بکنند می توانند بلافاصله شکل اولیه سازه را باز یابند. با چنین روشی می توان کنترل کاملی بر طرح معماری سازه داشت تا در سایه آن بتوان به هر خاصیت مورد نظر که تاکنون با سازه های توپر غیر قابل دستیابی بود دست یافت. به عنوان مثال می توان استحکام و چگالی را از هم مجزا نمود؛ تا بتوان به موادی دست یافت که در عین داشتن استحکام و چقرمگی بالا بینهایت سبک نیز باشند. این سازه ها می توانند از 99 درصد هوا تشکیل شده باشند و در عین حال استحکامی به اندازه فولاد داشته باشند



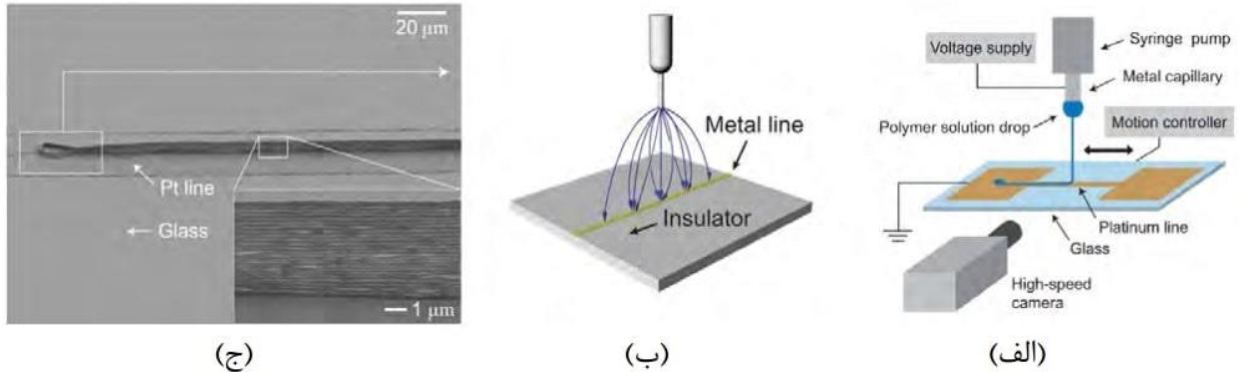
شکل 6: نلو خریای فرکتال پرینت شده با لیتوگرافی دو فوتونی

کاربرد ریسندگی الکتریکی با هدف پرینت سه بعدی نانو

نشان دادند که نانو دیواره های (Electrospinning) یک گروه از پژوهشگران کره ای با استفاده از ریسندگی الکتریکی پلیمری را می توان به روش ساخت و تولید افزایشی بر روی هم انباشته کرد. ریسندگی نانو جت پلیمری به کمک الکتریسیته یک روش نسبتاً ارزان در تولید الیاف نانو می باشد. اما جریان الیاف چنان آشفته روی می دهد که کنترل آرایش الیاف تاکنون غیر ممکن بوده است.

در این تحقیق برای فائق آمدن بر این ناپایداری، یک مسیر مستقیم فلزی بر روی سطح زمینه عایق ایجاد شد. در نتیجه نانوجت پلیمری تولید شده بواسطه ریسندگی الکتریکی در حین طی فاصله خود تا سطح زمینه تحت تاثیر دافعه کلمبی قرار نگرفت. بلکه بطور پایدار و منظم بر روی الکتروود فلزی انباشته گردید.

شکل 7 طرح شماتیک اجرای فرایند و نیز نانوالیاف انباشته شده بر هم را نشان می دهد. همچنین آنها مشاهده کردند که بدون حرکت دادن صفحه زمینه، نانوجت ها می توانند فارغ از هر نوع کنترلی به محض خروج بر روی هم انباشت شده و تشکیل نانو دیواره ها را بدهند.



شکل 7: ریسندگی الکتريکی نانو الیاف پلیمری، (الف) طراحی فرایند، (ب) خط فلزی بر سطح عایق، (ج) نانو الیاف انباشته شده بر هم

با توسعه این روش از طریق فراهم آوردن کنترل کامل بر ناتوجت ریسندگی امکان متحول کردن تکنولوژی های نانو ساخت وجود دارد. هر چند برای رسیدن به نانوساخت سه بعدی جامع، کنترل دقیق ناتوجت باید بطور قابل ملاحظه ای بهبود یابد. در این صورت پرینت سه بعدی هندسه های پیچیده میسر شده و می توان برای ساخت داربست های زیستی، نانوفیلترها و حتی نانو ربات ها از این روش استفاده کرد (bioscaffolds)

[پرینت سه بعدی در مدارس: بیشتر بدانید >>](#)

پرینت سه بعدی با گرافین

می تواند کاربردهای بالقوه گسترده ای در الکترونیک، مهندسی پزشکی، وسایل ذخیره انرژی و (Graphene) گرافین بسنورها داشته باشد؛ علت آن تحرک بسیار بالای الکترون ها در آن، هدایت الکتريکی خوب و کشسانی بالای آن می باشد لذا گرافین بشدت مورد توجه محققان می باشد. برای رسیدن به تجهیزات گرافین-پایه نیاز به نگاشت دقیق ورق های گرافین در هر دو مقیاس میکرو و نانو می باشیم

گرافین بشدت آب دوست می باشد و لذا تهیه جوهر آب- پایه برای آن میسر نیست. بنابراین محققان اکسید گرافین را بدین منظور بکار برده، و اکسید گرافین در آب فراوری شده و برای ساختن ساختارهای مورد نظر بکار می رود. پس از ساخت سازه، آن را در یک محیط کنترل شده تحت عملیات حرارتی قرار می دهند تا گرافین احیاء شود. البته هنوز چالش های زیادی بر سر راه فناوری گرافین وجود دارد

تکنیک لایه نشانی فیلامنت

برای پرینت سه بعدی استفاده کرده اند. ماده بکار گارسیا-توتون و همکاران طی پژوهشی از تکنیک لایه نشانی فیلامنت رفته کامپوزیت گرافین می باشد که بصورت جوهر اکسید گرافین تهیه شده است. جوهر تهیه شده امکان پرینت از نازل به قطر 100 ر را دارد. هدف اصلی این می باشد که بتوان خود گرافین را نه کامپوزیت آن را با بهره گرفتن از کسر کوچکی از مواد افزودنی و سیستم های آب- پایه پرینت کرد. این محققان نانو پولک اکسید گرافین را با مقدار کمی از یک پلیمر برای ساختن جوهر یا بتونه آب- پایه بکار بردند؛ و توانستند خصوصیات لازم برای (responsive polymer) متاثر پرینت آن بصورت فیلامنت را تامین نمایند

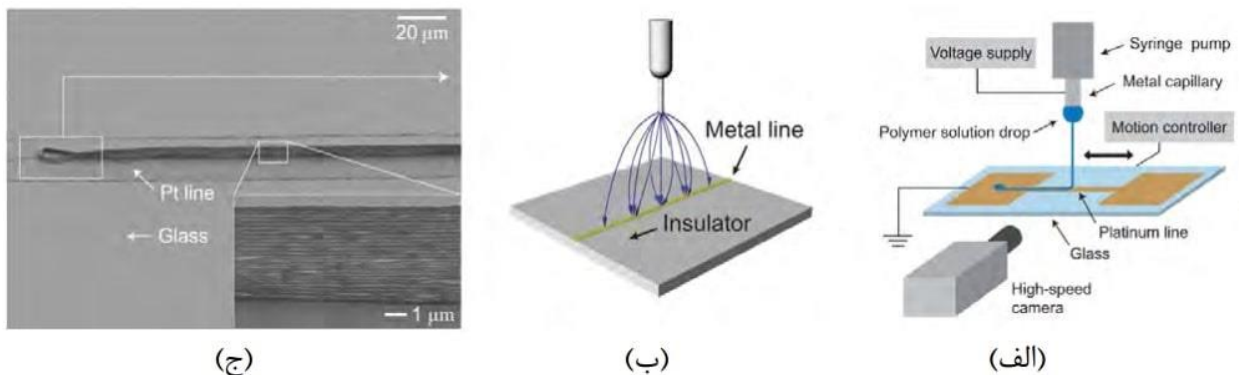
بدین شکل که جوهر تهیه شده می تواند به روانی از روزنه های ریز اکستروود گردد؛ و بلافاصله به محض خروج سفت گردد تا بتوانند شکل خود را حفظ کرده و بر روی لایه های زیرین ثابت بمانند. البته مقیاس این کار بسیار با مقیاس نانو فاصله دارد

استفاده از اکسید گرافین

در عین حال گروهی از محققان کره ای، روش جدیدی را برای پرینت سه بعدی نانو ساختارهای گرافین ابداع کرده اند. آنها جوهری آب- پایه از اکسید گرافین را از درون یک پیپت با نازل میکرو اکستروژن کردند. بدین شکل که نازل را به سمت بستر ساخت هدایت کرده و با آن تماس دادند. سپس به محض دور شدن نازل از بستر ساخت، جوهر گرافین از داخل میکروپیپت به بیرون کشیده شده و بدین شکل نانو سیم های گرافینی ایجاد گردید. تبخیر حلال جوهر نیز در این اثنا صورت می گیرد. شکل 3 فرآیند مزبور را بطور شماتیک نمایش می دهد.

به عقیده این محققان این تکنیک علاوه بر گرافین می تواند در مورد مواد چند جزئی دیگر نیز بکار گرفته شود. آنها توانستند با کنترل سرعت رو به عقب میکرو پیپت به قطرهای مختلف نانو سیم گرافین دست یابند. نازکترین نانو سیم پرینت شده می باشد. با این روش آنها توانستند آرایه ای از نانوسیم های اکسید گرافین را در موقعیت های مورد نظر 150 nm و جهت گیری های مختلف بشرح: سیم مستقیم، اتصال معلق، و ساختارهای بهم بافته تولید کنند.

های سلول LED به عقیده این محققان پرینت دوبعدی و سه بعدی گرافین می تواند در بوردهای مدار چاپی، ترانزیستورها، هنوز یک چالش جدی nm های خورشیدی و سنسورها دارای کاربرد باشد. البته رساندن ظرفیت پرینت گرافین به زیر 10 nm می باشد.



شکل 8: طرح پرینت سه بعدی نانو ساختارهای گرافین بواسطه کشش از داخل میکروپیپت و تشکیل نانو سیم های گرافیتی

پرینت کاملاً سه بعدی تجهیزات الکترونیک

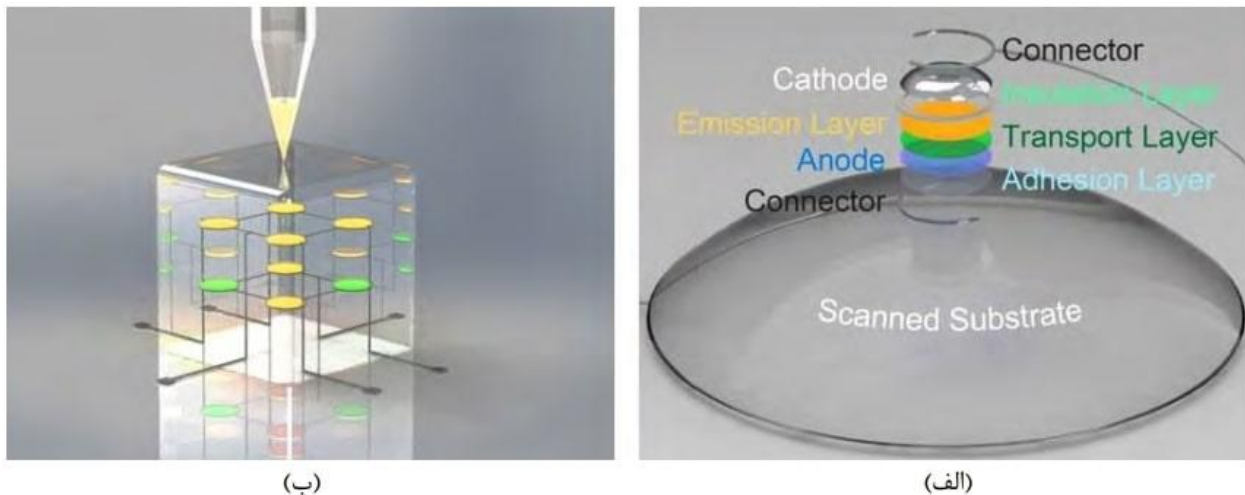
امروزه، پرینت سه بعدی قطعات الکترونیک به پرینت باتری ها، سنسور کرنش، خازنها و آنتن ها که عموماً قطعات الکترونیک غیر فعال می باشند- محدود می شود. توانایی در کاشت مستقیم و یکپارچه مواد با کارکردهای مختلف با بهره گیری از پرینت سه بعدی یک ایده بسیار جذاب می باشد. چرا که امکان پرینت همزمان، همه جانبه و مستقیم مواد مختلف همچنین تولید مدارات الکترونیک بر روی سطوح غیر تخت یکی. سازه ای، بیولوژیکی و الکترونیکی را فراهم می آورد. از زمینه های علمی جذاب می باشد که رو به فزونی دارد.

واضح است که دستیابی به مدارات الکترونیکی به هم بافته یکپارچه به خاطر ناهمسانگاری مواد و محدودیت های هندسی می توان فرایندهای میکرو ساخت مرسوم چالش برانگیز می باشد. اما با توجه به توانایی نهفته در پرینتر سه بعدی ساختارهای از جنس مختلف را در فواصل متفاوت پرینت نمود: همچنین می توان گستره وسیعی از مواد که شامل گر انرژی های مختلف، قابلیت عملکردی همچون نیمه هادی از جنس نانو مواد، ماتریس لاستیکی، پلیمرهای آلی و فلزات جامد و مایع می باشند را بکار بست.

تولید ساختارهای به هم تنیده با پرینترهای سه بعدی

LED، یک گروه از پژوهشگران در دانشگاه پرینستون نشان داده اند که می توان ساختارهای بهم تنیده شامل کوانتوم پلیمرها، نانوذرات فلزی و غیره را با استفاده از پرینت سه بعدی و تماما با پرینتر سه بعدی ساخت. این تحقیق قدمی در راه اثبات این امر است که می توان با استفاده از قابلیت پرینت سه بعدی به تجهیزات مرکب از تاتو قطعات الکترونیکی فعال LED از 2x2x2 دست یافت؛ و همچنین می توان تجهیزات الکترونیکی با هندسه غیر مسطح را محقق کرد. آنها یک آرایه زمینه لاستیکی آرایه (3) پلیمرهای آلی جهت هدایت بار (ها که شامل 1) نانو ذرات نیمه هادی غیر آلی ساطع کننده نور 2 شفاف به عنوان زمینه آرایه می باشد را تنها با استفاده UV الکتریکی (4) پایه الکتریکی از فلزات جامع و مایع و (5) چسب از پرینت سه بعدی و بر روی یک سطح منحنی ایجاد کردند.

شکل 9 تصویر شماتیک طرح پرینت شده را نشان می دهد. در واقع ترکیب اسکن سه بعدی با پرینت سه بعدی امکان پرینت مستقیم مدارات کاربردی الکترونیکی را بر روی سطوح غیر تخت فراهم می کند. البته این رهیافت هنوز در ابتدای راه خود قرار دارد و برای به بلوغ رسیدن نیازمند: (1) افزایش ریزنمایی پرینت سه بعدی جهت ساخت تجهیزات کوچکتر (2) بهبود عملکرد وسیله پرینت شده (3) تعبیه انواع دیگر قطعات الکترونیکی نظیر نیمه هادی ها، پلاسمایی و فروالکتریک می باشد.



شکل 9: تصویر شماتیک پرینت کاملاً سه بعدی آرایه کوانتوم LED (الف) طرح یک LED منفرد، (ب) طرح آرایه

نتیجه گیری و جمع بندی

می باشد که امروزه تمام عرصه های (additive manufacturing) پرینت سه بعدی یک روش ساخت و تولید افزایشی تکنولوژی را تحت تاثیر قرار داده است. مزیت این فرایند استفاده بهینه از ماده، افزایش انعطاف پذیری در طراحی و تولید دقیقتر اجزاء و قطعات می باشد. اما واقعیت جالب اینجاست که با روش های پرینت سه بعدی پیشرفته امکان ساخت ساختارهای پیچیده میکرو و حتی نانو که با هیچ روش ساخت و تولیدی امکان پذیر نمی باشد میسر شده است. اعمال ایده سرعت بالا، اتلاف کمتر، توجیه اقتصادی – پرینت سه بعدی به فناوری نانو می تواند مزایای مشابه به مراتب بیشتری را در مقایسه با زمینه ساخت و تولید مرسوم نصیب آن بکند.

موثرترین تکنیک قابل اعمال برای پرینت سه بعدی در مقیاس نانو، لیتوگرافی مبتنی بر لیزر دوفوتونی می باشد. در این می توان در ماده نفوذ کرده و عمل (NIR or Near Infra-Red) تکنولوژی با استفاده از نور نزدیک به مادون قرمز پرینت سه بعدی را در هر موقعیتی از رزین حساس به نور انجام داد. جذب شدن انرژی ناشی از هم افزایی دو فوتون، رزین حساس به نور را تنها در نقطه تمرکز لیزر پلیمریزه می کند. این واقعیت زمینه پرینت سه بعدی در مقیاس نانو را

فراهم می آورد. این تکنولوژی به مرحله تجاری رسیده و محققان همچنین توانسته اند سرعت پرینت با آن را به نحو چشمگیری افزایش دهند. لذا می توان انتظار داشت که محصولات صنعتی مبتنی بر این تکنولوژی نیز روانه بازار گردد.

ساخت ریز باطری هایی به بزرگی یک دانه ماسه

همچنین فعالیت های گسترده ای در زمینه ساخت جوهر های کامپوزیت شده با نانوذرات برای کاربری های مختلف در حال جریان می باشد. محققان توانسته اند با لایه نشانی جوهر حاوی نانو ذرات بکار رفته در الکتروود باطری های یون لیتیومی به ریز باطری هایی به بزرگی یک دانه ماسه دست یابند. همچنین جوهرهایی حاوی گرافین و دیگر نانوذرات برای بهره گیری از قابلیت پرینت سه بعدی در دست یافتن به خواص این مواد در مقیاس نانو مورد پرینت قرار گرفته است.

محققان همچنین می توانند از توانایی پرینترهای سه بعدی در کاشت مستقیم و یکپارچه مواد با کارکردهای مختلفی همچون سازه ای، بیولوژیکی و الکترونیکی بهره ببرند. در نتیجه می توان گستره وسیعی از مواد که شامل گرانشی های مختلف، قابلیت عملکردی همچون نیمه هادی از جنس نانو مواد، ماتریس لاستیکی، پلیمرهای آلی و فلزات جامد و مایع می باشند را همچنین می توان تجهیزات با هندسه غیر مسطح را نیز محقق کرد. در کنار یکدیگر بکار بست

<< بزرگترین و تخصصی ترین تولید کننده پرینتر های سه بعدی در ایران 3dRD >>

کنفرانس ملی نانو ساختارها، علوم و مهندسی نانو

Sources

[1] Sachs, E. M., Haggerty, J. S., Cima M. J., Williams P. A., ‘Three-dimensional printing techniques,5204055, 1993.

[2] See URL: organovo.com/science-technology/bioprinting-process/

[3] See URL: <https://envisiontec.com/featured-envisiontec-3d-printing-cartilage/>

[4] Ke S., Teng-Sing W., Bok Y. A., Jung Y. S., Shen J. D., Lewis J. A., 2013.” 3D Printing of Interdigitated Li-Ion Microbattery Architectures”. *Advanced Materials*, 25, June, pp. 45394543.

[5] Maruo S., Nakamura O., Kawata S., 1997. “Three-Dimensional Microfabrication With Two Photon-Absorbed Polymerization”. *Optics Letters*, 22(2), January, pp. 132-134.

[6] Nakanishi S., Shoji S., Kawata S., Sun H., 2007. “Giant Elasticity of Photopolymer Nanowires”. *Applied Physics Letters*, 91(6), August, pp. 73-77.

[7] Kawata S., Sun H., Tanaka T., Takada K., 2001. “Finer Features for Functional Microdevices”. *Nature*, 412, August, pp. 697-698.

- [8] Takada K., Wu D., Chen Q., Shoji S., Xia H., Kawata S., Sun H., 2009. "Size-Dependent behaviors of Femtosecond Laser-Prototyped Polymer Micronanowires". *Optics Letters*, 34(5), pp. 566-568.
- [9] Kawata S., Kawata Y., 2000. "Three-Dimensional Optical Data Storage Using Photochromic Materials". *Chem Rev*, 100(5), pp. 1777-1778.
- [10] Takeyasu N., Takuo Tanaka T., Kawata S., 2005. "Metal Deposition Deep into Microstructure by Electroless Plating". *Japanese Journal of Applied Physics*, 44(2), August, pp. 33-36.
- [11] Cao Y., Takeyasu N., Tanaka T., Duan X., Kawata S., 2009. "3D Metallic Nanostructure Fabrication by Surfactant-Assisted Multiphoton-Induced Reduction". *Small*, 5(10), May, pp. 1144-1148.
- [12] See URL: <http://www.nanoscribe.de/en/>
- [13] Torgersen J., Stampfl J., 2012. "3D Printer With Nano Precision: Ultra-high-resolution 3D printer at Vienna University of Technology breaks speed records". *Optik & Photonik*, 7(2), May, pp. 29.
- [14] Jang D., Meza L., Greer F., Greer J., 2013. "Fabrication and deformation of three-dimensional hollow ceramic nanostructures". *Nature Materials*, 12, September, pp. 893-898.
- [15] Lee M., Kim H., 2014. "Toward Nanoscale Three-Dimensional Printing: Nanowalls Built of Electrospun Nanofibers". *Langmuir*, 30, January, pp. 1210-1214.
- [16] García-Tuñón E., Barg S., Franco J., Bell R., Eslava S., D'Elia E., Maher R., Guitian F., Saiz E., 2015. "Printing in Three Dimensions with Graphene". *Advanced Materials*, 27(10), March, pp. 1688-1693.
- [17] Kim J., Chang W., Kim D., Yang J., Han J., Lee G., Kim J., Seol S., 2015. "3D Printing of Reduced Graphene Oxide Nanowires". *Advanced Materials*, 27(1), January, pp. 157-161.
- [18] Kong Y., Tamargo I., Kim H., Johnson B., Gupta M., Koh T., Chin H., Steingart D., Rand B., McAlpine M., 2014. "3D Printed Quantum Dot Light-Emitting Diodes". *Nano Letters*, 14(12), October, pp. 7017-7023. 1345 o Corps 72 NCNNN2017,