



سیستم‌های پلیمری حاوی اکسید روی نانو میکرو ساختار

مترجم: عباس حاجی پور

چکیده

اصول اصلی درگیر در ایجاد سیستم‌های پلیمری حاوی اکسید روی نانو و میکرو ساختار مورد بررسی قرار می‌گیرند. عملکرد اصلی پلیمرها در سنتز ZnO و کامپوزیت‌های مخلوط پلیمر-اکسید بر اساس آنها مرور می‌شوند. در طول بحث مقالات جدید توجه ویژه به روش‌های تولید سیستم‌های پلیمری هیبریدی جدید آلی-غیرآلی حاوی روی و خواص آنها می‌باشد.

مقدمه

در میان بیشتر مواد نیمه رسانای که مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، بیشتر توجه به اکسید روی می‌باشد. اکسید روی تعدادی مزیت در مقایسه با دیگر نیمه رساناها دارد: شرایط تولید ملایم؛ عرض نوار ممنوع بزرگ؛ مقاومت به عمل رطوبت و اکسیژن اتمسفری؛ ثابت پیزوالکتریک بالا؛ مشخصات لومینسان خوب (باند‌های لومینسان در محدوده طیفی بین ۳۷۰ و ۷۰۰ نانومتر می‌تواند بسته به شرایط سنتز بدست آورده شود)؛ وابستگی رسانایی الکتریکی لایه سطحی به حضور ماده جذب شده؛ رسانایی حرارتی بالا؛ مقاومت به تابش یونیزه کننده؛ قابلیت جذب تابش الکترومغناطیس در محدوده IR با بازدهای ۱۷-۵ dB در فرکانس‌های در محدوده بین ۲/۴۵ و ۱۸ GHz؛ قابلیت تقویت کامپوزیت‌های پلیمری بوسیله افزایش مقاومت آنها به سایش و کاهش درجه جدایی فاز. این مزیت‌ها بدست آوردن محدوده وسیع سیستم‌های حاوی ZnO نانو و میکرو ساختار با مجموعه قابل کنترل خواص را ممکن می‌سازد.

ویژگی‌های سنتز و مورفولوژی ZnO نانو و میکرو ساختار

روش‌های تولید نانو و میکرو ذرات و همچنین روش‌های بر پایه ZnO می‌تواند به روش‌های فاز گاز و روش‌های فاز مایع تقسیم بندی شود. در روش‌های فاز گاز، ذرات ZnO بوسیله رسوب اکسید روی در طول تبخیر یا به عنوان نتیجه اکسیداسیون پیش ماده‌های حاوی روی در فاز گاز در دماهای بالا یا با تابش انرژی بالا شکل می‌گیرند. آنها به نوبه خود به روش‌های مختلف رسوب شیمیایی از فاز گاز، شامل اکسیداسیون گازی شکل (یا آتورسل) پیش ماده و در نتیجه رسوب بخار ZnO (عموماً به عنوان روش CVD شناخته شده است)؛ فاز مایع و فاز جامد (بسته به حالت فاز جزء حاوی روی)؛ پیرولیز ذرات بالا و پلاسما (که پیش ماده‌های ZnO، ترکیبات آلی فلزی ZnO فلزی و حاوی Zn از قبیل $(CH_3)_2Zn$ می‌باشند؛ یک سری از روش‌های عموماً شناخته شده به عنوان رسوب فیزیکی بخار (روش‌های PVD)، که شامل رسوب فرکانس رادیویی مگنترون، اپیتکسی پرتو مولکولی، فرسایش لیزری می‌باشند، که ZnO مستقیماً به عنوان پیش ماده استفاده می‌شود، تقسیم بندی می‌شود.

گروه دیگر روش‌ها شامل روش‌های فاز مایع سنتز، شامل هیدرولیز یا الکلیز (الکل کافت) مشتقات روی در محلول با تغییر شرایط می‌باشد، روش‌های فاز مایع شامل روش‌های رسوب متداول هیدرولیتیک، سل-زل، میکرو ویو، هیدروترمال، میکرو امولسیون می‌باشد. روش فلزی و نمک‌های آن $[Zn(NO_3)_2, Zn(CH_3COO)_2, ZnCH_2, ZnSO_4]$ عموماً به عنوان اجزای اصلی برای سنتز ZnO استفاده می‌شوند.

آنالیز مقالات چشم انداز استفاده از ZnO در ناحیه‌های مختلف از علوم و فناوری: سل‌های خورشیدی؛ حسگرها؛ وسایل مختلف الکتریکی (مقاومت‌های متغیر)؛ ترانزیستورها؛ واحه‌های نمایش بصری داده‌ها (نمایشگرها)؛ مواد کامپوزیت الکترو رسانا؛ وسایل پیزو الکتریک؛ مبدل‌های الکترو آکوستیک؛ دیودهای نوری؛ دیودهای ساطع کننده نور (LEDs)؛ کامپوزیت‌های نمایش دهنده UV؛ مواد کاتالیت و فوتوکاتالیت؛ غشاها؛ چسب‌ها و پرکننده‌های ضد باکتری؛ نشانگرهای زیستی و غیره، را تایید می‌کند.



نانو ذرات ZnO با اندازه 5 ± 15 بوسیله روش سل-ژل از محلول اتانول $Zn(CH_3COO)_2$ در حضور PVP بدست آورده شده اند. فیلم های تشکیل شده از آنها حساسیت حسگری بالا به رادیکال های سوپر اکسید دارند. اگر فیلم ZnO در محلول پراکسید تترا بوتیل آمونیوم برای مدت 5 دقیقه نگهداری شود، مقاومت ماده از 105 تا $34 M\Omega$ کاهش می یابد. با اضافه کردن PVP در طول سنتز سولو ترمال ZnO در دی اتیلن گلاکول در دمای 180 درجه سانتیگراد، بدست آوردن نانو ذرات میله ای شکل با طول 114 ± 54 nm و قطر 31 ± 10 nm را ممکن می سازد و تغییر در شرایط سنتز سبب ذرات کروی یا بیضی شکل با اندازه 34 ± 9 nm می شود. بنابراین جذب PVP بر روی سطح نانوذرات در حال رشد ZnO از تجمع آنها بعلت باندهای کنوردیناسیون قوی بدون تاثیرات سوء بر روی رشد آنها جلوگیری می کند. بررسی های بیشتر مشخصات جریان-ولتاژ ZnO نانو ساختار بدست آمده، ارزیابی پتانسیل برای تولید ترانزیستورهای فیلم نازک را ممکن می کند.

سنتز ذرات ZnO نانو در حضور یک سری سطح فعال های قابل حل کوچک مولکول و پلیمری (SAAs) بوسیله روش سل-ژل در یکی از مقالات توضیح داده شده است. نشان داده شد که PVP و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز تاثیر چشمگیری بر روی ساخت ZnO ندارد و این منجر به تشکیل ذرات اندازه بزرگ با پراکندگی می شود. با این حال، با اضافه کردن اسید پلی اکریلیک (PAA) به سیستم، کاهش قطر متوسط و پراکندگی ذرات ZnO را ممکن می سازد و نسبتاً از تجمع آنها جلوگیری می کند و تغییر اندک pH از 11/2 تا 12/5 به تولید ذرات ZnO شکل بلند کمک می کند. محققین نشان دادند که افزایش در غلظت PVP در سنتز ZnO نانو بلوری، مشخصات مورفولوژیکی و مشخصات لومینسانسی آنها را بهبود می بخشد، که نمی توان با اضافه کردن SAAs کوچک مولکول - هگزا متیلن تترا آمین (HMTA)، $(C_2H_5)_4N+Br-$ ، $C16H33(CH_3)_3N+Br-$ و $4N+Br(C_8H17)-$ بدست آورد. نانو ذرات ZnO بدست آمده بوسیله توزیع دو قله ای شدن باندهای لومینسان با λ_{max} در 420 و 495 نانومتر شناسایی می شوند در حالیکه شدت به مقدار زیادی به نرزی تابش موجود بستگی دارد.

وقتی که ژل عربی پلی ساکارید قابل حل در آب به عنوان منشور کروی یا شش وجهی عامل شکل دهنده ZnO با اندازه زیر میکرون (بیشتر از 300 نانومتر) استفاده شد، با توجه به شرایط سنتز بدست آورده شدند. مکانیزم تاثیر پلی ساکاریدها بر روی خود آرائی و رشد بلورهای ZnO شامل برهمکنش دسته ZnO تشکیل شده با پلیمر از طریق تشکیل شبکه باندهای هیدروژنی بین گروه های OH بر روی سطح ZnO و گروه های عاملی پلی ساکارید می باشد. این تجمع دسته ها را کم می کند و فرآیند را از نظر سینتیکی قابل کنترل می کند.

یک سری از مقالات تجربی به آنالیز تاثیر PVA بر روی تشکیل ZnO بلوری پرداخته اند. تشکیل یک لایه منظم نانو میله های ZnO در حضور PVA بر روی سطح بستر شیشه ای یا سیلیکا عامل دار شرح داده شده است. عامل دار کردن بوسیله اصلاح سطح بسترها با γ -آمینو پروپیل تری اتوکسی سیلان (برای تولید لایه گروه های $-NH_2$) یا ونیل تری

آنالیز مقایسه ای روش ها نشان داد که روش های فاز گاز تولید ZnO با درجه بالای خلوص را ممکن می سازند، اما آنها بسیار پر مصرف می باشند و نیاز به تجهیزات و شرایط ویژه دارند. روش های فاز مایع نیاز به تجهیزات ویژه یا واکنشگرهای خاص ندارند، و سنتز ZnO تحت شرایط ملایم صورت می پذیرد. با استفاده از آنها کنترل موفق رشد بلورهای ZnO و تولید نانو و میکرو ساختار با شکل ها و اندازه های داده شده و همچنین مواد حاوی ZnO کیفیت مورد نیاز ممکن می شود. امروزه شکل های نانو و میکروساختار ZnO در شکل ها و اندازه های مختلف شناخته شده می باشند و بیشتر آنها در جدول 1 ارائه شده است. بیشتر فرم های اکسید روی (سوزنی، صفحه ای، میله ای، و غیره) بوسیله روش های فاز مایع در دو مرحله یا بیشتر با بازده مناسب محصول نهایی (70 تا 95٪ بر طبق داده های منتشر شده) تولید می شوند. شکل های دیگر اکسید روی از قبیل حلقه ای، کروی و چند شکلی، برای مثال، بوسیله روش های فاز گاز اما با بازده پایین (کمتر از 5٪) بعلت محدود کردن های روش های رایج مورد استفاده برای کنترل رشد نانو بلورهای ZnO از فاز گاز تولید می شوند. در اینجا تعدادی از این شکل ها اکسید روی بلوری کاملاً ویژه هستند و نیاز به استفاده از شرایط ویژه دارند (فرآیندهای چند مرحله ای، دماهای بالا، خلاء)، که در مقدار کم تولید می شوند، و منحصراً استفاده های علمی دارند. بنابراین، ZnO نانو و میکرو ساختار با شکل بلوری نسبتاً ساده، تحت شرایط ملایم با تعداد کم مراحل میانی تولید می شوند و بازده بالای محصول نهایی به طور وسیعی استفاده می شود.

استفاده از پلیمرها در تولید سیستم های پلیمر/ZnO

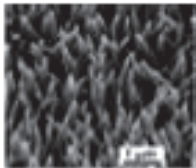
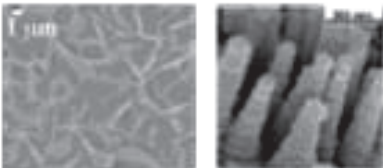
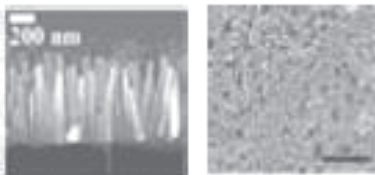
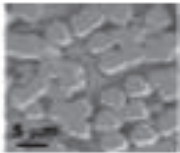

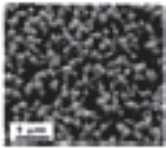
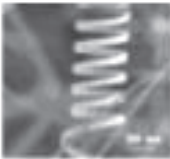
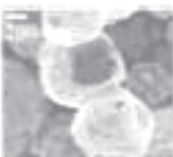
آنالیز مقالات نشان می دهد که در طول سنتز کامپوزیت های بر پایه پلیمر حاوی ZnO نانو و میکرو ساختار پلیمرهای نقش 1: تنظیم کننده رشد نانو بلورهای ZnO که سرعت تشکیل در شرایط ویژه را تحت تاثیر قرار می دهد، و تولید ZnO نانو و میکرو ساختار در شکل ها و اندازه های مختلف را ممکن می سازد؛ 2) بسترها بر روی سطحی که ذرات اکسید روی رسوب می کنند؛ 3) ماتریس های طبیعی در ترکیبات فعال کامپوزیت (ZnO) که دیسپرس می شود؛ 4) ماتریس های فعال که برخواص ZnO را تاثیر می گذارند (یعنی فوتوالکترونیک)، را بازی می کنند. باید متذکر شد که عملکرد مهم ماتریس پلیمری، محافظت سطح ZnO در مقابل عمل مواد تهاجمی قادر به آسیب خواص ZnO می باشد.

پلیمرهای به عنوان تنظیم کننده های رشد برای اکسید روی نانو و میکرو ساختار

شناخته شده است که اضافه کردن پلیمرها به محیط واکنش در طول سنتز، بر روی رشد ZnO نانو و میکرو ساختار تاثیر دارد. از آنجایی که سنتز عموماً در محلول ها؛ محیط آب-الکل، و الکل، انجام می شوند، پلیمرهای بکار رفته باید در حلال ها حل شوند. این چنین پلیمرها شامل پلی ونیل پیرولیدون (PVP)، پلی ونیل الکل (PVA)، پلی اتیلن گلاکول (PEG)، پلی ساکاریدهای قابل حل در آب، و برخی پلیمرهای مشخص دیگر می باشند.

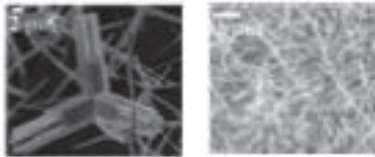
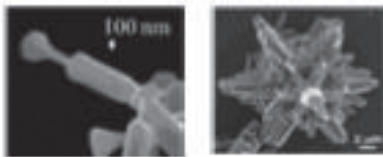


جدول ۱. ویژگی‌های مورفولوژیکی ZnO نانو و میکرو ساختار

Form	Photomicrograph (SEM/TEM)	Size, μm	Production method	Reference
Needles		0.02-1	Liquid-phase (2 stages)	[44]
Plates and their aggregates		0.02-7	Liquid phase (≥ 2 stages)	[44, 45]
Rods		0.05-0.7	Liquid phase (1-2 stages)	[45, 46]
Octahedra		~ 3	Liquid phase (> 2 stages)	[44]
Rings		0.05-1.3	Gas-phase	[47]
Tubes		0.06-1.5	Liquid-phase (2 stages)	[44]
Spirals		-	Gas-phase	[48]
Hollow spheres		~ 1	Liquid phase (≥ 2 stages)	[45]



جدول ۱. (ادامه)

Form	Photomicrograph (SEM/TEM)	Size, μm	Production method	Reference
Tetra- and multipodes		0.08-20	Gas-phase	[45]
Structures of complex form		-	Liquid phase (>2 stages)	[44, 45]

را بهبود می بخشد. تاثیر PVA نیز با تشکیل کمپلکس $\text{PVA}-(\text{Zn}^{2+})_n$ مربوط می باشد که یک سری از تغییرات متوالی شیمیایی را متحمل می شود و یک لایه از نانو میله های ZnO منظم را شکل می دهد. شفافیت نوری لایه نانو ذرات آرایش یافته ZnO بدست آمده در حضور PVA محدوده طول موج بالاتر از ۳۸۰ نانومتر به ۹۶۵ می رسد، در حالیکه این مقدار برای لایه نانو میله های آرایش نیافته ZnO در محدوده ۵۰ تا ۷۵٪ متغیر می باشد. سنتز حرارتی اولیه نانو ذرات ZnO در حضور SAA الگومری ایزو $(\text{C}_8\text{H}_{17}\text{C}_6\text{H}_4(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{OH})$ (Triton X-) (۱۰۰) قبلاً شرح داده شده است. اگر غلظت الیگومر از ۰/۰۲ تا ۰/۴۵ M افزایش یابد، اندازه متوسط نانو بلورهای ZnO از ۲۳۰ تا ۲۵ نانومتر کاهش می یابد و مشخصات لومینسان آنها تغییر می کند.

به خصوص، شدت لومینسان ZnO در محدوده مرئی طیف با $\lambda_{\text{max}}=471 \text{ nm}$ (نقص ها در شبکه بلور ZnO) به طور قابل ملاحظه ای کاهش می دهد. این واضح است که بعلت کاهش در مقدار نقص ها در نانو بلورهای ZnO می باشد. برای باند لومینسان ZnO با $\lambda_{\text{max}}=384 \text{ nm}$ (نشر اکسایتون ذاتی ZnO) شدت تغییر نمی کند.

استفاده از کوپلیمر سه بلوکه آمفیفیلیک $\text{HO}-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_{20}$ Pluronic P123 $(\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{O})_{70}-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_{20}\text{H}$ ، تولید کامپوزیت های بر پایه ZnO مزو متخلخل با ساختار آرایش یافته و حساسیت بالای حسگری (حساسیت بالا به تغییرات در رطوبت نسبی اتمسفری در محدوده ۱۱ تا ۹۵٪) مناسب کرد. نویسندگان، تاثیر پلیمر اضافی بر روی ماهیت رشد ZnO نانو بلوری را بحث نکردند. با این حال، درجه بالای جذب SAA بر روی سطح یا نانو بلورهای در حال رشد ZnO می تواند از قابلیت پلیمر برای تشکیل ساختار شبه تاجی با قابلیت بالای کی لیت شدن تعیین کرد.

بررسی تاثیر PEG ب روی سنتز ZnO نانو بلوری نشان داد که ماهیت رشد ZnO از انرژی های مختلف برهمکنش پلیمر با وجه های مختلف

اتوکسی سیلان و سپس اکسیداسیون اجزای $\text{CH}=\text{CH}_2$ (برای تولید لایه گروه های $-\text{COOH}$) بدست آورده شد. مشخص شد که دسته های اولیه ZnO، که به طور محکمی به سطح بستر بوسیله تشکیل اتصالات کئوردیناسی با گروه های $-\text{NH}_2$ یا $-\text{COOH}$ متصل می شوند، به عنوان مرکز متبلور شدن عمل می کنند، در حالیکه PVA به علت جذب انتخابی ماکرو مولکول ها بر روی سطح نانو بلورهای در حال رشد، تشکیل ذرات ZnO به شکل بلند و سطح مقطع شش وجهی را بهبود می بخشد. اگر غلظت PVA افزایش داده شود، یک لایه متراکم تر و منظم تر از نانو میله های ZnO تشکیل می شود که قطر آنها کاهش می یابد و نسبت طول به قطر افزایش می یابد. ZnO نانو ساختار بدست آمده حساسیت نوری بالا دارد و می تواند برای تولید سنسورهای نوری استفاده شود.

نانو میله های ZnO سطح مقطع ۶ وجهی، به قطر ۲۰ تا ۸۰ نانومتر و طول تقریباً ۱ میکرو متر بر روی سطح بستر سیلیکون بوسیله تخریب حرارتی کمپلکس $\text{PVA}-(\text{Zn}^{2+})_n$ فلز $-(\text{Zn}^{2+})_n$ پلیمر تولید می شوند. در طول عملیات حرارتی لایه $\text{PVA}-(\text{Zn}^{2+})_n$ با افزایش دما ۵ درجه سانتیگراد بر دقیقه به ۴۰۰ تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد، یک سری از مراحل متوالی هیدرولیز $\text{PVA}-(\text{Zn}^{2+})_n$ و رشد نانو میله های ZnO وجود دارد. بر خلاف روش فاز جامد شرح داده شده، در طول هیدرولیز کمپلکس فلز- پلیمر در محلول و سپس عملیات حرارتی، قطر الیاف ZnO بدست آمده به ۶۵۰ نانومتر می رسد. که این به علت ساختار لیفی کمپلکس پلیمری، که به عنوان قالب عمل می کند. سنتز اکسید روی بر الیاف ZnO بوسیله روش هیدروترمال بدون استفاده از PVA منجر به تولید ذرات میله ای شکل با قطر ۱۰۰ تا ۶۰۰ نانومتر و طول ۲/۵ میکرو متر می شود.

نشان داده شده است که نانو میله ها با قطر ۴۰ تا ۶۰ نانومتر و طول ۵۰۰ تا ۶۰۰ نانومتر می تواند در سنتز نانو ZnO در غیاب PVA بدست آورده شود، در حالیکه اضافه کردن PVA این ابعاد را به ترتیب تا ۴۰-۲۰ و ۳۰۰-۲۰۰ نانومتر کاهش می دهد و تشکیل لایه آرایش یافته نانو بلورها



ZnO، بدست آوردن بلورهای ۳ وجهی (کمتر از ۱۶۵ نانومتر)، سوزنی (کمتر از ۹۸۰ نانومتر)، و بیضی شکل ممکن شد. بررسی‌ها توسط اسپکتروسکوپی IR، وجود بر روی سطح بلورهای ZnO بدست آمده لایه پلیمر شدیداً جذب شده ناشن دادند که دیسپرسیون نانو ZnO در محیط قطبی و غیر قطبی را افزایش می‌دهد.

سنتز فاز جامد نانو ZnO بوسیله تخریب حرارتی فلز- پلی استر پلیمر- پیش ماده $(Zn^{2+})_n(CH_3COO)_n$ ، تولید شده توسط تراکم ۲-هیدروکسی-۱، ۲، ۳- پروپان تری کربوکسیلیک اسید و اتیلن گلاکول و سپس اضافه کردن $(CH_3COO)_2Zn$ به مخلوط واکنش توسط محققین پیشنهاد شد. کمپلکس پلی استر- $(Zn^{2+})_n(CH_3COO)_n$ ، رسوب کرده بر روی بستر، تحت عملیات حرارتی قرار گرفت، که منجر به تشکیل لایه نانو ذرات ZnO کروی بسیار فشرده با اندازه ۷۰ نانومتر با شفافیت نوری بالا در منطقه مرئی (بیشتر از ۹۰٪ در طول موج بیشتر از ۴۰۰ نانومتر) و با جذب شدید در ناحیه طول موج کمتر از ۳۸۰ نانومتر شد.

اضافه کردن پیتید کوچک مولکول، مدل کردن تاثیر مولکول‌های پروتئین، در طول سنتز ZnO نشان داد که برهمکنش الکترواستاتیک بین اجزای اسید آمینو پیتید و Zn^{2+} ، کنترل هیدرولیز پیش ماده حاوی روی و رشد نانو ذرات را ممکن می‌سازد؛ افزایش در غلظت تنظیم کننده، رشد شکل‌های بلند ZnO به عنوان نتیجه کاهش در انتخابیت جذب پیتید بر روی صفحات مختلف نانو بلورهای در حال رشد را مانع می‌شود. (یک تاثیر مشابه اخیراً برای نانو ذرات فلزها تعیین شده است) محققان تعیین کردند که اگر تنظیم کننده رشد الیگومری قادر به برهمکنش با نانو ذرات اکسید روی و با بسترهای پلیمری باشد (نقشی که در این حالت توسط الیاف پروتئینی بازی می‌شود) یک لایه فشرده از نانو ذرات اکسید روی منظم بر روی سطح الیاف در طول رسوب ZnO تشکیل می‌شود.

یک روش بالقوه کنترل رشد نانو ذرات اکسید روی بلوری، سنتز آن در منافذ غشاهای پلیمری می‌باشد. بنابراین در نانو میله‌های ZnO بوسیله یک روش الکتروشیمیایی در منافذ غشاهای پلی کربنات (PC) شکاف دار با ضخامت ۶ میکرومتر و قطر منفذ ۵۰ نانومتر و دانسیته منفذ $10^8 \text{ cm}^{-2} \times$ تولید گردیدند و پس از آن نانو میله‌های ZnO بوسیله حل کردن غشاء پلیمری جدا شدند. آنالیز مشخصات خطی نانو میله‌های ZnO نشان داد که قطر آنها متناظر با قطر منافذ غشا می‌باشد در حالیکه طول به طور چشمگیری کمتر از مقادیر احتمالی تئوری می‌باشد و به پتانسیل بکار برده شده برای الکترودها می‌باشد.

استفاده از بسترهای پلیمری در سنتز کامپوزیت‌های حاوی روی

کامپوزیت‌های پلیمری چند لایه که جز پلیمری عمل بستر را انجام می‌دهد، اخیراً اندکی شناخته شده است و در تعدادی از حالات در تولید مواد و دستگاه‌های جدید مورد استفاده می‌باشد. این احتمالاً بوسیله خواص منحصر بفرد اکسید روی و بوسیله مشخصات خود بستر از قبیل الاستیسیته، پایداری شیمیایی، شفافیت نوری، و ویژگی‌های خواص دیگر ساخته می‌شود. سلولز و مشتقات آن پلی اتیلن ترفتالات (PET)، پلی ایتلن نفتالات (PEN)، و پلی کربنات (PC) اغلب به عنوان بسترهای پلیمری استفاده

بلورها افزایش می‌یابد. انرژی بالا برای برهمکنش ماکرو زنجیر PEG با وجه {۱۰۰} (وجه جانبی) و انرژی کم با وجه {۰۰۱}، رشد بلور در جهت {۰۰۱} و تشکیل ذرات میله‌ای شکل بلند را مطلوب می‌کنند. در طول بررسی تاثیر غلظت PEG بر روی رشد ZnO نانو بر روی سطح بستر، مشخص شد که افزایش مقدار PEG از ۲۰ تا ۸۰ گرم بر لیتر، منجر به درجه بالاتری از آرایش یافتگی در لایه نانو میله‌ها و دانسیته بالاتر می‌شود. در عین حال مشخص شد که در طول رشد نانو ذرات فلزات و اکسیدهای آنها، اگر غلظت تنظیم کننده رشد افزایش یابد، یک مانع محدود مشخص انتخابی جذب آنها بر روی صفحات مختلف نانو بلور مشاهده می‌شود. برای افزایش مقاومت اتصال PEG-ZnO، پیشنهاد شد تا گروه‌های COOH- به ساختار جزء پلیمری بوسیله اکسیداسیون هیدروکسیل انتهایی منو اتیل اتر (MPEG) PEG به منظور تامین احتمال پیوند کووالانته بین پلیمر و جزء غیرآلی اضافه شد. اضافه کردن MPEG-COOH، بدست آوردن نانو ذرات ZnO با اندازه ۱-۴ نانومتر را ممکن می‌کند، در حالیکه MPEG اصلی قادر به مانع شدن تجمع آنها به علت برهمکنش ضعیف با سطح نانو ذرات نبود. همانطور که توسط محققان فرض شده است، مکانیزم تاثیر MPEG-COOH شامل برهمکنش پلی‌مر با Zn^{2+} حاصل در تشکیل پیش ماده حاوی روی $(MPEG-COO)_2Zn$ ، که نانو ذرات ZnO با لایه محافظ سطحی MPEG در طول هیدرولیز تولید می‌شوند. بررسی مشخصات لومینسان دیسپرسیون نانو ذرات ZnO اصلاح شده پایداری بالای (بیشتر از ۳۵۰ ساعت) نشان داد، که به طور چشمگیری پایداری لومینسان در دیسپرسیون ZnO (۴۸ ساعت) افزایش می‌یابد. در اینجا بازده کوانتوم نشر با افزایش جرم مولکولی پلیمر به عنوان نتیجه واضح جذب تابش بوسیله لایه سطحی پلیمر، کاهش می‌باشد. با استفاده از نانو ذرات ZnO تولید شده بوسیله این روش به عنوان اجزای الکترولیت کامپوزیت پلیمری با $100/10/(10/14) \text{ wt.} \%$ (nano-ZnO/MPEG) KJ/J² برای ایجاد باتری‌های خورشیدی، بدست آوردن ۵٪ تبدیل موثر تابش خورشید با پایداری حرارتی بالا ممکن می‌شود. (بازده تبدیل ۳۵٪ پس از نگهداری در ۵۵ درجه سانتیگراد برای مدت ۱۰۰ ساعت کاهش یافت، در حالیکه در باتری خورشیدی تولید شده با دیسپرسیون استاندارد نانو ذرات ZnO، بازده ۲٪ کاهش یافت).

اضافه کردن پلی ایتلن ایمین (PEI) به محلول آبی پیش ماده حاوی روی نشان داد که غلظت بالا الکترون دهنده (گروه‌های $-NH_2$)، اتصال قوی بین آن و سطح نانو بلورهای ZnO در حال رشد را تامین می‌کند و رشد نانو میله‌های ZnO با قطر کمتر از ۸۰ نانومتر را افزایش می‌دهد. وقتی سنتز فاز جامد ZnO در حضور PEI بوسیله حرارت دهی آهسته سیستم PEI/پیش ماده تا ۵۰۰ درجه سانتیگراد بدست آورده شد و نگهداری در این دما برای مدت ۱ ساعت، یک لایه نانو میله‌های ZnO با آرایش یافتگی فضایی کامل تر بر روی سطح بستر بدست آورده شد. بعلاوه، محققان یک روش برای تغییر مشخصات لومینسان نانو میله‌ها بوسیله عملیات حرارتی اضافی در ۹۰۰ درجه سانتیگراد در اتمسفر O_2 را پیشنهاد دادند. در اینجا، کاهش باند نشری $\lambda_{max} = 385 \text{ nm}$ و افزایش در شدت باند nm $\lambda_{max} = 515$ مشاهده شدند. با استفاده از پلی (ونیل متیل اتر) در تولید



می شوند.

انتقالات فوتوالکترون، بهبود جذب حساس کننده، بهبود جذب نور بعثت تاثیر انعکاس/ انتشار چند گانه می باشد. نتایج این پژوهش برای توسعه بیشتر فوتوالکترون ها و فناوری های ذخیره انرژی مهم می باشند. دانسیته بالای گروه های COOH- سطحی بوسیله فعال کردن سطح بستر پلیمری (PC و PET) بوسیله تابش UV با $\lambda_{max} = 254 \text{ nm}$ بوجود آورده شد. بستر سپس در یک محلول آبی از پیش ماده $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ هگزا متیلن تترامین (HMTA) وارد شد، که رشد نانو میله های آرایش یافته ZnO بر روی سطح پلیمر مشاهده شد. برخلاف روشی که قبلا شرح داده شده است، رشد ZnO نانو ساختار بر روی بخش های غیر فعال بستر اتفاق می افتد که محققان به غیر فعال شدن گروه های COOH- بوسیله برهمکنش آنها با اضافی HMTA که در ساختار شیمیایی یک ترتیبی آمین می باشد، مربوط کردند. بنابراین، بوسیله ترکیب تعدادی از روش های شرح داده شده در بالا، که رشد نانو بلورهای ZnO آرایش یافته بر روی بخش های فعال سطح بسترها انجام می گیرد و روش شروع رشد نانو ساختارها بر روی بخش های غیر فعال سطح، بدست آوردن درجه بالای کنترل رشد ZnO نانو بلوری در حالت های مختلف بستر و برای ایجاد روکش های چند لایه پیچیده تر برای دستگاه های نوری و میکروالکترونی پیشرفته، ممکن می شود.

مقاله ای به تشکیل لوله های ZnO با ابعاد کمتر از میکرون بوسیله رسوب ZnO از محلول آبی $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn}$ بر روی سطح الیاف PC فعال شده با محلول PdCl_2 در HCl پرداخته است. بلورهای ZnO بدست آمده با قطر 100 ± 50 نانومتر با ضخامت متوسط دیوار 10 ± 5 نانومتر لومینسان شدید تنها در محدوده UV طیف دارد.

غشاهای متخلخل بر پایه الیاف PVA با نانو ذرات ZnO رسوب کرده بر روی سطح آنها بوسیله هیدرولیز $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn}$ در محلول آبی بدست آورده شدند. نانوبلورهای ZnO رسوب کرده بوسیله درجه بالای پراکندگی (اندازه ذرات 5 تا 30 نانومتر) با غلظت کم پیش ماده حاوی روی توصیف می شوند. نانو کامپوزیت های PVA/ZnO بدست آمده، فوتو لومینسان مرکب با ماکزیمم در 357، 440 و 550 نانومتر دارند که سبب امکان استفاده در فناوری LED برای تولید منابع نوری سفید و همچنین برای ایجاد مواد حسگر می شود.

یک روش موثر برای تولید ترانزیستورهای فیلم نازک قبلا شرح داده شده است. پایه پلیمر تهیه شده (فیلم پلی اکریلات) با لایه کopolymer پلی(2- هیدروکسی اتیل متاکریلات)/پلی(ملامین-کو-فرمالدئید) روکش داده شد. پس از مقاوم سازی حرارتی و فعال کردن سطح بوسیله پلاسمای O_2 ، یک لایه نانو بلورهای ZnO کشت، رسوب داده شد. لایه نانو میله های ZnO سپس بر روی سطح تهیه شده بوسیله روش مایکروویو فاز مایع رسوب داده شدند. لایه بدست آمده ZnO مشخصات جریان-ولتاژ و شفافیت نوری بالا از خود نشان می داد.

لایه نازک روکش شفاف نانو ZnO بر روی بستر PEN بوسیله روکش چند باره بستر با محلول $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn}$ در 2-متوکسی اتانول و سپس عملیات حرارتی هر لایه در 150 درجه سانتیگراد تولید شدند. روش با حلال های مختلف (اتانول/ α -اکسی پروپایونیک اسید، 2-پروپانول) و افزودنی

مقاله ای به تولید الیاف خاص (منسوجات هوشمند) بر پایه الیاف سلولز با لایه سطحی نانو میله های ZnO برای ایجاد حسگرهای چند منظوره دما پایین پرداخته است. رسوب یکنواخت دسته های ZnO بر روی سطح الیاف پلیمری به عنوان مراکز هسته گذاری بوسیله رسوب رادیو فرکانس مگنترون ZnO بدست آورده شد، و پس از آن رشد نانو میله ها بوسیله روش متداول فاز مایع حاصل گردید. نانو کامپوزیت های بدست آورده شده، قدرت مکانیکی بالا، فعالیت حسگری با توجه به تابش UV (کاهش مقاومت الکتریکی R لایه نیمه هادی (1/5 برابر)) و حضور H_2 (کاهش دوبرابری R)، و لومینسان در ناحیه UV و مرئی طیف از λ_{max} در 375 و 590 نانومتر دارند. رسوب لایه رسانا (Pt یا Pd) بر روی سطح نانو میله ها، حساسیت جزء حسگر را 3 برابر افزایش داد. [تاثیر مشابه در طول اصلاح سطح ZnO با پلی (استایرن سولفونیک اسید) مشاهده شده است] در مقاله ای روشی برای تولید لایه نانو میله های ZnO بر روی سطح الیاف سلولز و سپس آبریز کردن بوسیله عملیات سطح نانو میله ها با الکیل تری آلکوکسی سیلان $\text{n-C}_{12}\text{H}_{25}\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$ شرح داده شده است. این روش بدست آوردن سطح فوق آبریز بر روی الیاف سلولز با زاویه ترشوندگی 161 درجه در سطح تماس سطح/ آب را ممکن می سازد. غبواه بر اثر آبریز کردن، اصلاح کننده همچنین ثبات مکانیکی به لایه نانو ساختار ZnO را بدست می دهد.

سنتر تک مرحله ای نانو ZnO آرایش یافته بوسیله رسوب رادیو فرکانس مگنترون دسته های ZnO بر روی سطح PET، عمل شده با پلاسمای برای افزایش آبدوستی برای رسوب یکنواخت ZnO، قبلا ارائه شده است. افزایش زمان رسوب منجر به تشکیل لایه فشرده تر نانو میله ها می شود، که ضخامت در محدوده 24 تا 47 نانومتر متغیر می باشد. با استفاده از پلاسمای بر پایه CO_2 ، برخلاف انواع دیگر (Ar/O₂, Ar, N₂/O₂)، افزایش چسبندگی لایه نیمه هادی نانو ساختار به صورت قابل ملاحظه ای به علت تشکیل گروه های سطحی $\text{C}=\text{O}$ ، COOH و OH - ممکن شد. نتایج اسپکتروسکوپی فوتوالکترون اشعه X، تشکیل ساختارها با اتصالات شیمیایی و کوردینانسیون Zn-O-C در لایه سطحی با ضخامت 0/5 تا 1 نانومتر را نشان مدهند. (وجود چنین اتصالاتی در حجم لایه ZnO قابل توجه نمی باشند).

یک لایه ZnO به تشکیل نانو صفحات با ضخامت 30 تا 50 نانومتر و طول 2 تا 3 میکرومتر (یک فیلم ZnO با ضخامت اولیه حدود 5 میکرومتر) بر روی سطح PET، که با استفاده از رسوب الکتروشیمیایی اکسید از محلول $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ بدست آورده شده بود، سپس به عنوان الکترود برای تبدیلات فوتوالکتریک (باتری خورشیدی) استفاده شد.

برای نور حساس کردن، لایه ZnO که سطحش توسط روش مشابه با ایجاد کردن متداول سلول های Gratzel با کمپلکس $[\text{Ru}(\text{SCN})_2(\text{BPDA})_2]$ (BPDA، 2، 2- بیپیریدیل-4، 4- دی کربوکسیلیک اسید می باشد) روکش شد. این چنین الکترود، 2 تا 3 برابر کارآمدتر از الکترودهای شامل لایه نانو ذرات ZnO با فرم تصادفی یا نانو میله های بسیار آرایش یافته ZnO می باشد. بر طبق نظر برخی نویسندگان، این به علت بازده بالاتر



باید متذکر شد که ماتریس پلیمری در این حالت، از آنجا که تخریب حرارتی $Zn(NO_3)_2$ منفرد اجازه تشکیل ساختار بلوری ZnO را نمی‌دهد، عمل آغازگر متبلورسازی ترکیبات غیرآلی را بازی می‌کند. در عین حال، وقتی که این روش سنتز کامپوزیت مورد استفاده قرار می‌گیرد، تخریب ترمو اکسایشی جزئی ماتریس PS تحت تاثیر دما و محصولات تجزیه $Zn(NO_3)_2$ (O_2 , NO_2 و غیره) اتفاق می‌افتد که نویسنندگان متأسفانه اشاره نکرده‌اند.

اصلاح شیمیایی سطح ذرات ZnO با ترکیبات ارگانو سیلیکون یکی از روش‌های موثر تولید نانو کامپوزیت پلیمری، از قبیل با ساختار هیبریدی، می‌باشد. در یکی از پژوهش‌ها، سطح نانوذرات ZnO سنتز شده بوسیله روش سل-ژل بوسیله اتصال دادن ۳- (تری متوکسی سیلیل) پروپیل متیل اکریلات (TMSPM) عامل دار شد. پلیمرزاسیون ZnO با گروه‌های متکریلات بر روی سطح با استایرن، نانو کامپوزیت PS/ZnO با ساختار هیبریدی، همانطور که بوسیله اسپکروسکوپی IR تایید شد، می‌دهد. بررسی فعالیت نوری ماده هیبریدی، کاهش منظم در درجه تخریب فوتو شیمیایی متیل اورنج (MO) در مقایسه با نانو ZnO اصلاح نشده به عنوان نتیجه آزمایش سطح اکسید روی بوسیله لایه ارگانو سیلان و ماتریس PS را نشان داد. در عین حال با جذب UV عملاً تغییر نکرده، بهبود در دیسپرس شدن نانوذرات ZnO در ماتریس پلیمری نمونه هیبرید وجود دارد. این اثر می‌تواند در تولید روکش با مشخصات جذب UV بر پایه ZnO اصلاح شده مورد استفاده قرار بگیرد. اصلاح سطح نانو ZnO با TMSPM، همچنین برای بهبود سازگاری ماتریس پلی اکریلات و فاز دیسپرس نانو ZnO با اندازه متوسط ذره ۴ نانومتر مورد استفاده قرار گرفت. کopolymerزاسیون نانو ZnO عامل دار شده با MMA، ۲-هیدروکسی متکریلات (HEMA)، تری متیلول پروپان تری اکریلات منجر به تولید سیستم هیبرید پلی اکریلات/ZnO می‌شود. فیلم نانو کامپوزیت‌ها با ضخامت ۳۰۰ میکرومتر با ZnO کمتر، مساوی ۲۰ wt.% شفافیت نوری بالا (بیشتر از ۹۵٪) در محدوده مرئی طیف و ثابت دی الکتریک بالا ϵ ، بالغ بر ۴، در محدوده فرکانس های ۶۰۰-۱۰ MHz دارند. همانطور که توسط محققان فرض شده است، پلاریزه شدن در سطح مشترک فاز پلی اکریلات/نانو پرکننده‌ها، سهم چشمگیری برای مقدار ϵ ایجاد می‌کند. نانوذرات هیبرید پلی HEMA/ZnO بر روی بستر نانو ZnO با گروه‌های متاکریلات بر روی سطح ذرات سنتز شده بوسیله هیدرولیز متاکریلات روی بدست آورده شده‌اند. آنها از نظر شیمیایی محدود به سطح SiO_2 مزو متخلخل بوسیله جداکننده ارگانو سیلیکون ۳- (تری اتوکسی سیلیل) پروپیل ایزو سیانات بودند. تغلیظ هیبرید بدست آمده با بتا-دی کتونات لاتانیدها (Eu^{3+} , Tb^{3+} , Nd^{3+}) با ساختارهای مختلف شیمیایی منجر به افزایش لومینسان کامپوزیت در محدوده‌های مرئی و IR طیف می‌شود.

در پژوهشی، نویسنندگان روشی برای تولید کامپوزیت‌های پلیمری بوسیله دیسپرس کردن نانو ZnO در محلول پلی متیل متاکریلات (PMMA) ارائه دادند. دیسپرسیون بر روی سطح بستر PET رسوب داده شدند، که یک لایه از نانو کامپوزیت PMMA/ZnO پس از حذف محلول شکل گرفت. بررسی‌ها چشم اندازه استفاده از نانو کامپوزیت در ایجاد سل‌های حافظه

های کمپلکس دهنده که اخیراً مورد استفاده قرار می‌گیرد، کنترل سرعت هیدرولیز نمک روی را ممکن ساخت. در غیاب عامل کمپلکس دهنده، نقش آن می‌تواند بوسیله حلال ۲-متوکسی اتانول انجام گیرد که ساختار آن حاوی گروه‌های O الکترون دهنده می‌باشد. (ترکیبات کنوردیناسیون از نوع با اتم روی مرکزی و لیگاند‌های حاوی هیدروکسیل برای مدتهاست که شناخته شده است). شفافیت نوری فیلم‌های ZnO بدست آمده در محدوده ضخامت ۵۰ تا ۱۵۰ نانومتر در محدوده ۸۷ تا ۸۱ درصد متغیر می‌باشد، در حالیکه افزایش دما عملیات منجر به کاهش قابل توجه در مقاومت الکتریکی لایه بعثت تبلور ZnO می‌شود.

سیستم‌های پلیمری با ZnO نانو و میکرو ساختار دیسپرس شده در ماتریس پلیمر

کامپوزیت‌های پلیمری حاوی نانو و میکرو ذرات ZnO برای ایجاد مواد برای زمینه‌های کاربرد مختلف محتمل می‌باشند. پلیمری‌های اپوکسید و اکریلات، پلی استر، و غیره برای تولید این چنین مواد بکار می‌رود. کامپوزیت‌های پلیمری PEG/ZnO با نانو دیسپرس شده در حد نانو (۴ تا ۹ نانومتر) تولید شده بوسیله روش استاندارد رسوب از محلول آب-اتانول $(CH_3COO)_2Zn$ در پژوهشی شرح داده شده‌اند. پایداری بالای نانو ZnO در محلول و در ماتریس پلیمر به دلیل پایدارسازی آن بوسیله PEG از آنجایی که می‌دانیم که PEG یک عامل پایدارکننده موثر پلیمری برای نانوذرات آلی و غیرآلی می‌باشد، مشهود است. نانو کامپوزیت‌های بدست آمده لومینسان در محدوده ۴۷۰ تا ۵۳۰ نانومتر نشان می‌دهند که بر طبق نویسنندگان، به علت مشخصات لومینسان کمپلکس‌های با ساختار پیچیده می‌باشد که بین یون‌های OH- و گروه‌های عاملی بر روی سطح نانو ذرات می‌باشد.

کامپوزیت ذرات PEG/ZnO با ZnO دوپه شده با Tb^{3+} ، که لومینسان با λ_{max} در ۴۸۴ و ۵۴۵ نانومتر نشان می‌دهد، بوسیله هم رسوبی بدست آورده شد. آنالیز مقایسه‌ای، افزایش قابل توجه در شدت لومینسان در حضور PEG در مقایسه با سیستم $Tb^{3+}:ZnO$ به عنوان نتیجه (طبق نظر نویسنندگان) کاهش در انرژی انتقال الکترونی بین بستر ZnO و Tb^{3+} با مشارکت ماکرو زنجیرهای PEG، نشان داد.

روش تولید نانو ذرات PEG بیس (کربوکسی متیل) اتر / کامپوزیت ZnO بوسیله محققان ارائه شده است. نانوذرات، لومینسان شدید در ناحیه‌های UV نزدیک ($\lambda_{max} = 380$ nm) و مرئی ($\lambda_{max} = 530$ nm) طیف دارند و نسبت شدت این باندها در ارتباط شرایط تولید تغییر می‌کند.

سیستم حسگر حساس به حضور ترکیبات ارگانو فسفر (بویژه پاراکسون آفت کش - دی اتیل p-نیتروفنیل فسفات) در محیط بر روی بستر نانوذرات کامپوزیت PEG/ZnO با استیل کولینس تراس جمع شده بر روی بستر آنها بدست آورده شد. با با سنسورهای زستی توسعه یافته، سناسایی پاراکسون در غلظت 5×10^{-6} و همچنین دیگر مواد ضد آفت (مانع شونده استیل کولینس تراس) ممکن می‌شود.

کامپوزیت‌های پلیمری بر اساس پلی استایرن (PS) و نانو بلورهای ZnO بوسیله فیلتراسیون محلول آب-الکل $Zn(NO_3)_2$ در ذرات کروی مونو دیسپرس شده PS و سپس عملیات حرارتی بدست آورده شدند.



را نشان داد.

افزایش بیشتر نانو میله های TiO_2 (قطر و طول به ترتیب ۵ و ۳۰-۲۰ نانومتر)، که فضای بین نانومیله‌ها را پر می‌کند (فاصله متوسط بین ذرات ZnO تقریباً ۱۰۰ نانومتر می‌باشد)، به سیستم بدست آوردن بازده ۵۲٪/ تبدیل فوتوالکتریک را ممکن می‌کند.

استفاده از نانو الیاف ZnO در ایجاد باتری‌های خورشیدی قبلاً شرح داده شده است. نانو الیاف بر روی سطح بستر، که بوسیله روش فاز مایع دو مرحله‌ای متداول ایجاد شده اند، با لایه P3HT روکش داده شدند و پس از آن نانو کامپوزیت در ۲۰۰ درجه سانتیگراد عمل شد. بازده استاندارد مدل فوتوالکتریک بر پایه کامپوزیت P3HT/ZnO تا ۵۳٪ می‌رسد. اصلاح کامپوزیت بوسیله اضافه کردن شکل قابل حل در الکل فولرن (فیلن C_{60} متیل بوتیرات) به لایه پلیمر، بازده دستگاه را تا ۲/۰۳٪ افزایش داد. همانطور که توسط محققین بیان شد، نانو الیاف ZnO فعالیت نوری خوبی دارند و فیلم پلیمری را پایدار می‌کند و این طول عمر دستگاه را افزایش می‌دهد.

فوتوکاتالیست بر پایه ZnO و پلی (فلوئورن-کو-تیوفن) (PFT) برای خالص سازی محیط محلول از مواد آلی سمی قبلاً بدست آورده شده است و بر روی ترکیبات فنول، رودامین B، و متیل اورنج (MO) بررسی شده است. نانو ZnO با اندازه ذره متوسط ۴۵ نانومتر در محلول PFT در اتانول دیسپرس شد و پس از آن نانو کامپوزیت نور فعال پلیمری بوسیله حذف حلال بدست آورده شد. فوتوکاتالیست بدست آمده جذب بالا در محدوده طیفی ۵۰۰-۳۸۷ نانومتر دارد. بررسی فعالیت فوتو شیمیایی آن نشان داد که درجه تجزیه (DD) (انتقال به مشتقات آلی دیگر) فنول و MO ۴۰٪ می‌باشد، در حالیکه این مقدار برای رودامین B بیشتر از ۹۸۵ می‌باشد. فعالیت فوتو شیمیایی کاتالیست کامپوزیتی ZnO/PFT نیز از درجه تبدیل به حالت معدنی (DM) (تجزیه نهایی بستر اجزای کوچک مولکول CO_2 ، H_2O ، N_2 و غیره نسبت به اجزای سازنده اولیه بستر) فنول ارزیابی شد که بالغ بر ۷٪ بود. باید یادآور شد که مقدار DD و DM فنول برای دیسپرسیون نانو ZnO اولیه به ترتیب اساساً کمتر از ۲/۵٪ و ۰٪ بودند.

روشی برای تولید کامپوزیت‌های چند لایه هیبریدی پلیمر/ZnO بوسیله تجزیه اکسید روی به جزئیات در مقاله‌ای شرح داده شده است. برای جلوگیری از تجمع ذرات ZnO_2 و در نتیجه ذرات PSS، پلی آنیونیت در طول عملیات حرارتی هر لایه استفاده شد. نانو کامپوزی‌های چند لایه بدست آمده در ۴۰۰-۲۰۰ درجه سانتیگراد برای تبدیل ZnO_2 به ZnO و شکل ساختار هیبریدی عمل شد. نشان داده شد که ضخامت نانو کامپوزیت با افزایش دمای عملیات کاهش می‌یابد، در حالیکه ضریب شکست نور افزایش می‌یابد. نویسندگان این را به آرایش یافتگی ساختار نانو کامپوزیت هیبرید نسبت می‌دهند اما احتمال تخریب جزئی جزء پلیمری در طول عملیات حرارتی کامپوزیت اشاره نشده بود.

نانو کامپوزیت‌های هیبریدی شامل نانوذرات ZnO متصل شده به صورت شیمیایی (تقریباً ۲۸ نانومتر) و کربوکسی متیل کیتوسان بوسیله مخلوط کردن دیسپرسیون مربوطه، حذف حلال، و عملیات حرارتی سیستم بدست آورده شدند. نانو کامپوزیت، که بر روی سطح سلولز رسوب کرده است، به آنها

کامپوزیت‌های PMMA/ZnO پلیمری بوسیله پلیمرزاسیون القایی حرارتی مخلوط MMA/ آغازگر با ذرات ZnO دیسپرس شده (اندازه متوسط ۳۴۰-۷۵ نانومتر) بدست آورده شدند که قبلاً بوسیله روش سالوترمال در دی یا تترا اتیلن گلیکول در ۲۰۰-۱۹۰ درجه سانتیگراد سنتز شده بودند. محققان نشان دادند که حذف ناقص حلال در طول سنتز ZnO به طور قابل ملاحظه ای، دیسپرسیون آنها را تسهیل می‌بخشد و بدست آوردن توزیع جزء دیسپرس در ماتریس پلیمر را ممکن می‌کند. بررسی مواد بدست آمده نشان داد که کمترین مقدار ZnO تقریباً ۱ wt.% (۰/۱) در PMMA، افزایش دما برای تخریب ماتریس بوسیله ۴۰-۳۰ درجه سانتیگراد را ممکن می‌کند و قابلیت ماده برای جذب تابش UV را بهبود می‌بخشند. (جذب در ناحیه UV تا ۹۸٪ با حفظ شفافیت در طول موج‌های بالاتر از ۴۰۰ نانومتر) بوسیله کاهش اندازه ZnO تا ۸۶-۳۲ نانومتر، که بوسیله تغییر شرایط برای سنتز نانوذرات بدست آمد، کاهش تجمع اکسید روی در کامپوزیت تا ۰/۰۵ wt.% ممکن می‌شود و مقاومت نوری ماده بدست آمده در حالیکه خواص نوری حذف می‌شود، افزایش می‌یابد.

روش اصلاح سطح الیاف پلی آمید (PA) با لایه نانو کامپوزیت PMMA/ZnO قبلاً ارائه شده است. نانو ZnO قبلاً تهیه شده در محلول ۵٪ PMMA در تولوئن (غلظت ZnO در کامپوزیت بالغ بر ۱-۰/۱ wt.% بود) دیسپرس شد، پس از آن الیاف PA که با پلاسما به منظور بهبود مشخصات چسبندگی بستر عمل شدند، با لایه نانو کامپوزیت روکش شدند. نشان داده شد که برهمکنش گروه‌های C=O استری PMMA با Zn^{2+} بر روی سطح نانو ZnO (بر طبق اسپکتروسکوپی IR) منجر به پایدارسازی نانو در ماتریس پلیمر می‌شوند. لایه نانو کامپوزیت، افزایش جذب تابش UV الیاف (انتشار در محدوده ۳۴۰-۲۸۰ نانومتر بالاتر از ۱/۴ نمی‌باشد) و آبریزی بیشتر (زاویه تر شونده در محدوده ۱۶۴-۱۵۸ درجه می‌باشد) در حالیکه زاویه تر شوندگی برای PA و PMMA به ترتیب ۸۵ و ۸۷ درجه می‌باشد) را بدست می‌دهد. کامپوزیت‌های لومینسان PMMA/ZnO بوسیله روش دو مرحله ای بوسیله هیدرولیز استات روی در حضور مونو اتانول آمین در محیط الکلی و سپس اضافه کردن PMMA و یک آغازگر به مخلوط واکنش و پلیمرزاسیون سیستم در ۷۰ درجه سانتیگراد سنتز شدند. نانو کامپوزیت ها با ۱۱-۰/۱۷ wt.% از نانوذرات ZnO بوسیله باند لومینسان پهن در محدوده ۵۳۰-۳۵۰ نانومتر، جذب قوی در محدوده UV در $\lambda \leq 340 \text{ nm}$ ، و شفافیت بالا در ناحیه مرئی طیف توصیف می‌شوند. تعدادی از مقالات به توسعه روشش برای ایجاد کپدل‌های فوتوالکتریک (باتری‌های خورشیدی) بر پایه نانو ZnO پرداخته اند. لایه نانومیله‌های ZnO (قطر و طول متوسط به ترتیب ۵۰ و ۱۸۰ نانومتر)، که بوسیله رسوب الکترو شیمیایی بر روی سطح بستر رسانای الکتریکی بدست آورده شده است، مکرراً با لایه‌های پلیمر رسانا-پلی(۳-هگزیل تیوفن) (P3HT) و پلی (۴-اتیلن دی اکسی تیوفن)/پلی(استایرن سولفونات) (PEDT/PSS) روکش شد. بازده مدل فوتوالکتریک، که بر روی بستر نانو کامپوزیت چند لایه (PEDT/PSS)/P3HT/ZnO قرار گرفته بود، ۰/۰۴٪ می‌باشد و می‌تواند تا ۱۶٪/ بوسیله اصلاح سطح نانوم میله‌ها با مبرومین رنگزا



نانوذرات ZnO در سیستم‌های پلیمری بدست آمده از آنجایی که غلظت بالاتر بر ماهیت پیوندهای جانبی ماتریس EP و خواص ماده را خراب می‌کند، نباید بیشتر از 4 wt.% باشد. نانوکامپوزیت‌های بدست آمده، شفافیت بیشتر از ۸۰٪ در طول موج ۷۰۰ نانومتر، نزدیک به ماتریس پر نشده EP دارند. LED های سفید نوع شرح داده شده توسط نویسندگان این مقاله، که از نانوکامپوزیت‌های EP/ZnO ساخته شده‌اند، شدت انتشار بیشتر از نمونه استاندارد دارند.

روش احتمالی برای تولید روکش‌های کامپوزیت آبریز بر پایه ZnO با مشخصات خوب نوری در مقاله‌ای پیشنهاد شده است. نانوذرات ZnO با اندازه متوسط ۱۰ و ۲۰ نانومتر با لایه پلیمرها با ماکرو زنجیرهای هیدروکربن و هیدروکربن فلئوره شده دارای ساختار شاخه دار و گروه‌های عاملی کاتیونیک قادر به تشکیل روکش‌های ساختاری کامپوزیت با نانو پرکننده‌های به طور یکنواخت توزیع شده، روکش شدند. فیلم‌های بدست آمده نانوکامپوزیت‌ها جذب قوی در محدوده طیفی با طول موج کمتر از ۳۷۰ نانومتر، شفافیت نوری (بیشتر از ۸۸٪) در ناحیه مرئی، و آبریزی دارند.

نتیجه گیری

پلیمرها یک سری مشکلات در تولید دی اکسید نانو و میکرو ساختار و مواد کامپوزیت بر پایه آن را حل می‌کنند. بدلیل توانایی ماکرو مولکول‌های پلیمرها بر روی سطوح مخصوص نانوبلورهای در حال رشد بوسیله اتصالات فیزیکی و کنوردیناسیون جذب می‌شوند که کنترل اندازه و شکل ذرات ZnO را ممکن می‌کنند بستریهای پلیمری با گروه‌های عاملی الکترون دهنده قادر به برهمکنش با دسته‌های ZnO که بر روی سطح پلیمر نگهداری می‌شوند و به عنوان مراکز متبلور شدن عمل می‌کنند، می‌باشند. ماتریس پلیمر ZnO نانو و میکرو ساختار دیسپرس شده در آن را پایدار می‌کند و قادر به بهبود مشخصات فوتوشیمیایی و لومینسان ماده می‌باشد و می‌تواند عمل محافظتی و جلوگیری از تجمع پر کننده فعال را انجام دهد.

کامپوزیت‌های پلیمری حاوی ZnO می‌تواند برای ایجاد حسگرها و مواد با خصوصیات ضد باکتری، ضد قارچ، و حذف کننده UV (با نگهداری شفافیت بالا در محدوده مرئی طیف) مورد استفاده قرار گیرند. یکی از گرایش‌های محتمل در استخراج آنها، ایجاد کامپوزیت‌های پلیمری لومینسان برای فناوری دیود ساطع کننده نور می‌باشد. نمونه‌های LED های سفید با ZnO به عنوان لومینوفور قادر به رقابت با کامپوزیت‌های بر پایه لومینوفورهای گران قیمت حاوی عنصرهای کمیاب می‌باشند. بررسی‌ها در تولید کامپوزیت‌های نورفعال پلیمری به سمت خالص سازی سیال‌های خروجی موادف از قبیل فنول‌ها و رنگارهای آلی می‌باشد که برای محیط زیست مضر می‌باشند، به شدت در حال پیشرفت کردن می‌باشند. توجه نظر در کار بر روی ایجاد مبدل‌های فوتوالکتریک (باتری‌های خورشیدی) بر پایه الکترولیت‌های کامپوزیتی حاوی ZnO وجود دارد. با این حال، از نقطه نظر بازده ای کم آنها، بعید است که آنها با باتری‌های خورشیدی کنونی حتی اگر قیمت کم ZnO در نظر گرفته شود، بتوانند رقابت کنند.

خواص ضد باکتری با توجه به انواع مختلف بیماریزها (اشریشیا کولای (-G) و استافیلوکوک اورئوس (+G) می‌دهد. کامپوزیت‌های بعدی بر پایه ماتریس پلی ساکارید (نشاسته اصلاح شده) و نانوذرات ZnO با اندازه متوسط تقریباً ۴ نانومتر و با فعالیت ضد قارچ و جذب شدید در ناحیه UV طیف به صورت روکش بر روی بسترهای مختلفی لیفی بدست آورده شدند. کاغذ تهیه شده از لیاف سلولز اصلاح شده در این مسیر بوسیله پایداری نور افزایش یافته به تابش UV و بازتولید رنگ بهبود یافته، مشخصات چاپ، و همچنین بوسیله فعالیت ضد قارچ توصیف می‌شوند.

نانوکامپوزیت‌های حاوی ماتریس EP بر پایه دی گلیسیدیل اتر بیس فنول A و نانو ZnO دیسپرس شده در آن به مقدار ۲-۵ wt.% بدست آورده شدند و بررسی گردیدند. یک راه حل جالب پایدار سازی نانوذرات ZnO شرح داده شده در این پژوهش، عمل سطح آنها با زیرکونیوم الف-فسفات می‌باشد که برخلاف پایدار کننده‌های آلی تقریباً به طور کامل از تجمع نانو ZnO جلوگیری می‌کند. نانوکامپوزیت‌های بدست آمده شفافیت بالا در ناحیه مرئی طیف (بیشتر از ۹۰٪ در طول موج‌های بالاتر از ۴۵۰ نانومتر) نزدیک به ماتریس EP اولیه، جذب قوی در ناحیه UV طیف (انتقال کمتر از ۱ درصد در طول موج‌های کمتر از ۳۶۵ نانومتر) و لومینسان در محدوده ۳۸۷-۳۶۴ نانومتر دارند.

استفاده احتمالی از نانوکامپوزیت‌های حاوی ZnO، فناوری LED می‌باشد. به منظور ایجاد دیودهای ساطع کننده نور سفید، پژوهشگران، افزایش بازده کوانتومی لومینوفورهای پلیمری پلی(فلئور سینیل تر فتالات-کو-دی فنیلول پروپان ترفتالات) (PFD) بوسیله تولید بر روی بستر آن، لومینوفورهای هیبریدی PFD/ZnO را پیشنهاد دادند. این چنین لومینوفور، جذب قوی در محدوده مرئی طیف با ماکزیمم انتقال یافته به ناحیه موج بلند (۶۰۰-۴۲۰ نانومتر) در مقایسه با PFD اولیه (۵۰۰-۳۵۰ نانومتر) و لومینسان چند وجهی پهن در ناحیه ۶۵۰-۵۳۰ نانومتر دارد. بازده کوانتوم لومینسان PFD/ZnO با نانوذرات حاوی ۲۰ wt.% می‌شود، در حالیکه مقدار PFD بزرگتر از ۵۷/۰ نمی‌باشد. LED های سفید بر اساس LED آبی (GaN، $\lambda_{max} = 460 \text{ nm}$) و کامپوزیت‌های لومینوفور (PFD یا PFE/ZnO در یک RP یا ماتریس PMMA) تولید شدند. بررسی وسایل ساطع کننده نور پیشرفته نشان داد که بازتولید رنگ خوب در حالت PFD/EP (PMMA) به غلظت بالای PFD (بیشتر از ۱۰ wt.%) نیاز دارد در حالیکه مقدار آن در کامپوزیت با لومینوفور PFD/ZnO هیبریدی اساساً کمتر (تقریباً ۲ wt.%) می‌باشد.

استفاده از نانوکامپوزیت‌های پلیمری حاوی نانوذرات ZnO مقاوم شده با اسید اولئیک (OA) و دیسپرس شده در یک ماتریس EP برای ایجاد دیودهای ساطع کننده نور قبلاً پیشنهاد شده است. سل تازه تهیه شده نانوذرات ZnO پایدار شده در اتانول با سخت کننده آنیدریدمخلوی شد و به پیش پلیمر RP اضافه شد، که در ۱۳۰-۱۰۰ درجه سانتیگراد سخت شده بود. (بر طبق نظر نویسندگان، انتشار خالص سازی کامل برای نانوذرات ZnO از تجمه آنها جلوگیری می‌کند و حفظ شفافیت بالا نانو کامپوزیت‌ها در ناحیه مرئی طیف به علت قابلیت پایدار سازی نسبتاً ضعیف OA، را ممکن می‌کند) بر طبق داده‌های تجربی، بیشترین مقدار