پژوهشهای نوین فیزیک (نشریه علوم دانشگاه خوارزمی)

بررسی تأثیر میزان توان و زمان پالس امواج فراصوتی بر گاف انرژی ZnO کلوئید

اباذر حاجنوروزی؛ دانشگاه شاهد، دانشکدهٔ علوم یایه، گروه فیزیک رضا افضلزاده*؛ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکدهٔ فیزیک فائزه قناتی؛ دانشگاه تربیت مدرس، دانشکدهٔ علوم زیستی

> دریافت ۹۲/۹/۱۷ پذیرش ۹۴/۲/۸

چکىدە

تولید نانوساختارها با ابعاد مورد نظر یکی از مهمترین اهداف پژوهش گران است و روشهای مختلفی برای کنترل ابعاد نانو ذرات گزارش شده است. در این مقاله به بررسی نقش امواج فراصوت در رشد و تغییر ابعاد نانو ذارت ZnO می پردازیم. كلوئيد اوليهٔ ZnO بهروش معمول با استفاده از همزن مغناطيسي توليد شده و سپس تحت تابش امواج با پروب فراصوت قرار گرفت. تابش فراصوت، میزان نانوذرات تولید شده در کلوئید اولیه را تا زمان تابشدهی مشخصی که زمان بهینه مینامیم، تا حدود دو برابر میزان آن در کلوئید اولیه افزایش میدهد. این میزان افزایش تولید نانوذرات با توجه به میزان شدت جذب در طول موج لبه جذب بهدست میآید. قبل و بعد از زمان بهینه، میانگین شعاع نانو ذرات نسبت به نمونه كلوئيد اوليه كوچكتر و تغييرات آن با افزايش زمان تابشدهي بهشكل خطى كاهش مىيابد. كاهش قطر نانوذرات تحت تابش فراصوت در گزارشهای پیشین نیز بیان شدهاند که نشاندهندهٔ سازگاری این نتایج با گزارشهای پیشین است. آزمایشها نشان میدهد، نرخ کاهش میانگین شعاع نانوذرات بر حسب زمان، به شرایط تغییر در مدت زمان و شدت پالس تابشی فراصوت بستگی دارد که مؤید توان بهینه در تابشدهی فراصوتی است. وجود توان بهینه در امواج فراصوتی نیز سازگار با نتایج حاصل از گزارشهای پیشین است.

واژههای کلیدی: کلوئید نانوذرات ZnO پروب فراصوت، طیف جذبی UV/ visible، طول موج لبهٔ جذب، حباب فراصوتی

مقدمه

اکسید روی دارای شبکهٔ بلوری هگزاگونال و پودری کاملاً سفید رنگ است. این مادهٔ نیمرسانا، با داشتن گاف انرژی مستقیم بزرگ ۳/۲۲ eV و انرژی پیوندی اکسایتونی نسبتاً بالا (۶۰meV) سبب نشر خوب نور UV و خاصیت ویژهٔ اپتوالکترونیکی است [۱]، [۲]. بیش از نیمی از اتمهای نانوذرات در دو تک لایهٔ سطحی آنها هستند. بنابراین خواص آنها از جمله خواص نورشناختی، کاملاً وابسته به اندازه و مورفولوژی سطح آن است. کنترل حرکت الکترونها و حفرهها و ساختار سطح ذرات کاربردهای فراوانی در دیودهای انتشار نوری، سوئیچهای نوری، سلولهای خورشیدی و فوتوكاتاليستها دارد [۳]. * نويسندهٔ مسئول afzalzadeh@kntu.ac.ir

روشهای زیادی برای رشد نانوذرات نیمرسانا، ایجاد و توسعه یافتهاند [۴]. روش کلوئیدی در بین روشهای موجود برای سنتز و تولید نانوذرات نیمرسانا، به نوعی ارزانتر و سادهتر است. علاوه بر این میتوان با استفاده از تابش فراصوت ابعاد ذرات را بهدقت کنترل کرد و به توزیع مناسبی از اندازهٔ ذرات دست یافت [۵].

تابش فراصوت با مبدلی که معمولاً بهشکل حمام فراصوت [۵] یا پروب فراصوت [۶] است، انجام میشود که دو فرآیند سودمند جریان آکوستیکی و حبابسازی صوتی را در واکنشهای شیمیایی در پی دارد. جریان آکوستیکی انتقال حرکت مبدل به مایع در نتیجهٔ عبور موج صوتی درون مایع است و در نتیجه منجر به شکلگیری حرکت مایع در جهت انتشار موج است. به دلیل این پدیده، فراصوت یک وسیلهٔ غیر تهاجمی برای افزایش جرم و حرارت انتقالی است [۷]. به هر حال بازدهٔ انرژی فراصوت برای مخلوط کردن، از همزنهای مکانیکی به نسبت کمتر است. حباب صوتی میتواند از حبابهای ریز گاز موجود در مایع که در برابر انحلال با چسبیدن به ناخالصی یا سطح، مقاوم هستند و یا از گازهای محلول به سبب بخار جزئی مایع ناشی از فشار ترقیق موج صوتی به وجود آید. تغییرات فشار موج صوتی، میتواند از حبابهای ریز گاز موجود در مایع که در برابر انحلال با چسبیدن به ناخالصی یا سطح، مقاوم هستند و یا از میتاسب با اندازهٔ حبابها، بسامد و دامنهٔ فشار فراصوت، شعاع حبابها را تغییر داده و آنها را در حرکت شعاعی قرار میدهد. در طول فاز ترقیق، فشار منفی موج صوتی منجر به افزایش حباب تا شعاع بیشینهای میشود که حباب را مشاهده پذیر میکند. مرحلهٔ فشرده سازی بعدی منجر به افزایش حباب تا شعاع بیشینه می میشود که حباب را شدن آن است. لذا فروریختگی حبابها، ایجاد فشار و دمای بالا در شرایط بی دررو در محتوی حباب می کند. دمای میدن آن است. لذا فروریختگی حبابها، ایجاد فشار و دمای بالا در شرایط بی دررو در محتوی حباب میکند. دمای

عملکرد اثر فراصوت بر روند واکنش را میتوان به دو روش توضیح داد. روش اول این که در محلول آبی که نمک غیرآلی را در خود حل کرده امواج فراصوت تولید حباب میکند و یونها در اطراف حبابها جمع میشوند. هنگامی که فروریزش حبابها رخ میدهند، یونهای جذب شده در معرض فشار و دمای بسیار زیاد نقطهٔ داغ قرار گرفته، در نتیجه یونها در هم می پیچند که به سنتز ماده منجر میشود [۹].

روش دوم این که در لحظهٔ فروریختگی حباب، مولکولهایی که در اطراف یا داخل حباب حضور دارند، ممکن است تجزیه شده و تشکیل رادیکال بدهند [۱۰]. از این رو تعداد و نوع رادیکالها میتواند عامل مهمی در روش عملکرد تابش فراصوت باشد. شرایطی که نوع و تعداد رادیکالهای آزاد را مشخص میکند شامل پارامترهای مولد فراصوت و نیز شرایط محلولی که تحت تابش فراصوت قرار دارد است. پارامترهای مولد فراصوت که بررسی شدهاند، نظیر بسامد [۱۱]، دامنه و سطح مقطع تابش و نیز شرایط محلول، شامل ویسکوزیته، دما، [۱۲] و حجم محلول است. در این مقالهٔ پژوهشی با استفاده از تابش فراصوتی با پروب با توانها و پالسهای زمانی متفاوت ، اثرات فراصوت در سنتز و کنترل اندازهٔ نانوذرات سنتز شده در ZnO کلوئیدی بررسی شده است. بررسی تأثیر میزان توان و زمان پالس امواج فراصوتی بر گام انرژی ZnO کلوئیدی

مواد و روشها

مشخصات دستگاه مولد فراصوت و تغییرات شرایط تابش امواج فراصوتی در سنتز مادهٔ ZnO و نیز روش اندازه گیری ذرات تولید شده در ادامه ارائه می شود.

۱ - مشخصات پروب استفاده شده

تأثیر امواج فراصوتی که با دستگاه Dr Hielscher up 400 (ساخت آلمان) ایجاد می شود، بر سنتز ماده ارائه شده است. پروب دستگاه، مخروطی شکل است که در انتها به قطر 4mm ختم شده و از جنس تیتانیوم است. مولد فرا صوتی قابلیت تنظیم توان خروجی و مد تابش به صورت پالسی را دارد.

۲- سنتز کلوئید

برای تهیهٔ کلوئید اولیه از روش گزارش پیشین استفاده شد [۲]. برای این منظور ۱۸۳۰۴ موتانول را در بالن حجمی ۵۰۰۳۱ به حجم رسانده که از این پس این محلول، حلال نامیده میشود. ۰/۰۸ گرم NaOH در ۱۰۰۳۱ حلال و ۰/۲۱۹gr استات روی در ۸۰m۱ حلال، حل شد. سپس ۸۱۸۱ از محلول سود تهیه شده در ۲۰m۱ حلال و ۱۹۸۸ از محلول استات در ۶۴m۱ حلال، حل کرده و آنگاه هر دو محلول به یک دیگر افزوده شدند (مجموعاً ۱۰۰۱۱). ۳ بار محلول کلوئید اولیه فوق ساخته شده و بهترتیب بهمدت ۳۰، ۱۲۰ و ۴۵۰ دقیقه روی همزن مغناطیسی و در حمام آبگرم با دمای ۲۰۳۵ قرار گرفت. برای بررسی اثر امواج فراصوت پس از این مدت زمان، از هر ۳ محلول نمونهها با حجم ۲۰ml جدا شد و هر یک به طور مجزا تحت تابش فراصوت قرار داده شدند. شرایط تولید محلول از قبیل توانها و زمانهای پالس تابش فراصوت، در جدول ۱ خلاصه شده است.

زمان	درصد دامنه	زمان همزن	شمارة
پالس	(توان)	مغناطيسي	آزمايش
		(min)	
۰۵./	<i>\</i> .۵۰	٣٠	1A
<i>.</i> ۵۰	<u>/</u> Y•	٣٠	2A
<u>٪</u> ۱۰	<u>//</u> ۲・	17.	1B
7.10	<u>//</u> ۲・	17.	2B
<u>٪۳</u> ۰	<u>//</u> ۲・	17.	3B
<u>٪</u> ۴۰	<u>//</u> ۲・	17.	4B
۲ .۴ ۵	<u>//</u> Y•	17.	5B
<u>٪</u> ۴۰	<u>//</u> Y•	40.	1C
<u>٪</u> ۴۰	7.30	40.	2C
<u>٪</u> ۴۰	·/. ۵ •	40.	3C
<u>٪</u> ۴۰	<u>/</u> Y•	40.	4C

جدول۱. شرایط مختلف توان و زمان پالس تابشدهی فراصوت پس از سنتز کلوئید بر روی همزن مغناطیسی

ابتدا محلولی که ۳۰ دقیقه روی همزن مغناطیسی قرار دادیم با زمان پالس۵۰٪ و توانهای متفاوت۷۰٪ و ۵۰٪ آزمایش شد (گروه A در جدول ۱). سپس محلولی که ۱۲۰ دقیقه روی همزن مغناطیسی گذاشتیم، با توان ثابت ولی

٣

پالسهای مختلف، طبق گروه B، و در نهایت محلولی که ۴۵۰ دقیقه روی همزن مغناطیسی بود، در پالس زمانی ثابت و توانهای مختلف طبق گروه C، تحت تابش فرا صوت با پروب Dr Hielscher up 400 و در داخل حمام آب با دمای ۲۰ درجهٔ سانتی گراد، قرار گرفتند. هر نمونه بین ۲۰ تا ۲۴ دقیقه تحت تابش فراصوت قرار گرفت. سه کلوئیدی که روی همزن مغناطیسی تولید شدند و در بازههای زمانی مشخص ما بین هر تابش دهی فراصوتی از نمونهها طیف جذبی (فرابنفش- مرئی) گرفته شد. طیف جذبی با دستگاه اسپکترومتر –VP Rime Lambda 25, UV visible (ساخت آمریکا) انجام شد. تمامی مواد شیمیایی استفاده شده از شرکت مرک آلمان تهیه شدهاند.

٣- محاسبة شعاع نانوذرات با استفاده از نظرية جرم مؤثر

اولین بار افروس در سال ۱۹۸۲ مدل تقریب جرم مؤثر را پیشنهاد داد [۱۳] و بعدها بروس آن را اصلاح کرد [۱۴]. در بسیاری از موارد، این مدل در پیش گویی محدودیت کوانتومی به کار برده می شود. در رژیم محدودیت کوانتمی، انرژی اولین لایه الکترونی برانگیخته شده با تقریب زیر بیان می شود [۲و ۵].

$$E_{(nanocrystal)} = E_{(bulk)} + \left(\frac{\hbar^2 \pi^2}{2R^2}\right) \left(\frac{1}{m_e^* m_0} + \frac{1}{m_h^* m_0}\right) - 0.248 E_{Ry}^*$$

بر پایهٔ این معادله، محاسبات مربوط به شعاع نانوذرات اکسید روی سنتز شده با استفاده از طول موج لبـهٔ جـذب انجـام شده است.

نتايج و بحث

در این قسمت با توجه به محاسبهٔ میانگین شعاع نانوذرات در بخش قبل بهبررسی نمودارهای طیف جذبی و تحلیل اثرات فراصوت میپردازیم.

۱- بررسی طیف جذبی (فرابنفش – مرئی)

با استفاده از طیف جذبی سه محلولی که با استفاده از همزن مغناطیسی تولید شدند، طول موج لبهٔ جذب بهدست آمد. طیف جذبی بههمراه طیف مربوط به نمونههای تحت تابش در ادامه نشان داده خواهد شد. میانگین شعاع نانوذرات

(1)

ZnO با استفاده از رابطهٔ (۲) محاسبه شد. مقدار طول موج لبهٔ جذب، انرژی متناظر با آن و میانگین شعاع نانوذرات به ممراه مقادیر مربوط به ZnO کپهای در جدول ۲ نشان داده شده است. طبق گزارش پیشین با افزایش زمان، شعاع نانوذرات طبق معادلهٔ استوالد – ریپنینگ افزایش مییابد که نتایج بهدست آمده نیز مؤید همین مطلب است [۲].

طول موج جذب (nm)	انرژی (ev)	میانگین شعاع نانوذرات ZnO (nm)	زمان (min)
۳۸۵	٣/٢٢	کپهای	مرجع[۲]
848	۳/۵۸	1/97.	٣٠
۳۶۰/۷۵	۳/۴۳	۲/۳۲۵	17.
۳۷۵/۴۱	٣/٣ •	٣/١٠٣	40.

جدول۲. مشخصات نانوذرات تولید شده در زمانهای مختلف با استفاده از همزن مغناطیسی

نمودار طیف جذبی (فرابنفش- مرئی) کلوئید ZnO بهترتیب برای آزمایشهای 1A و 2A، از جدول ۱ در شکل ۱ نشان داده شده است. در این نمودارها طیف جذبی برای نمونههایی که از ۳ تا ۱۵ دقیقه تحت تابش فراصوت است، به همراه نمونهٔ اولیه مربوط به همزن مغناطیسی نشان داده شده است.



شکل ۱. نمودار طیف جذبی نمونههای تحت تابش فراصوت الف) آزمایش 1A و ب) آزمایش 2A، نمودار همزن مغناطیسی برای مقایسه ارائه شده است.

هنگامی که محلول کلوئیدی حاوی نانوذرات تحت تابش فراصوت قرار داده میشود، پس از ۳ دقیقه، جذب به بیشینهٔ خود میرسد که نشان از بیشینهٔ مقدار نانوذرات تولید شده در محلول دارد. این زمان را زمان بهینه t_B مینامیم.

چنان که در شکل ۱ نشان داده شده بعد از گذشت زمان tb که در این مورد ۳ دقیقه تابش دهی فراصوتی است، میزان جذب ۱۰/۳۲ست که نسبت به نمونهٔ قبل از تابش فراصوتی که میزان جذب ۱۰/۱۰ است حدوداً دو برابر شده اما با تابش دهی بیش تر میزان جذب کاهش مییابد. نکتهٔ مهم دیگر در شکل ۱، جابه جایی قله ها به سمت طول موجهای کوتاه تر یا انتقال آبی (Blue Shift) است. این انتقال آبی نشان دهندهٔ افزایش انرژی لبهٔ جذب و به عبارتی کاهش میانگین شعاع نانوذرات است. کاهش شعاع به صورت خطی متناسب با زمان تابش دهی و با شیب Q رخ می دهد. در

٦

شکل ۲ برازش منحنی با معادلهٔ r-ro=Qt برای ۲ مورد با توان متفاوت در آزمایش گروه A، نشان داده شده است. ۲۵، عرض از مبدأ به کمک برونیابی نمودارهای شکل ۲ به دست آمده و در حدود nm ۱/۹۳ است که این مقدار برابر با میانگین شعاع نانوذرات نمونهٔ اولیه در همزن مغناطیسی (جدول ۱) است. نکتهٔ فوق نشان دهندهٔ این واقعیت است که هستهزایی اولیه مربوط به فرآیند در همزن مغناطیسی بدون دخالت امواج فراصوتی است. اندازهٔ ذرات بر حسب تابش فراصوت از نمودارهای شکل ۱ استخراج شده و به همراه دادههای آزمایش های دیگر در نهایت در جدول ۳ خلاصه شده است. همچنین شکل ۲ نیز با شیب منفی نمودار، روند کاهش شعاع نانوذرات را نشان می دهد.



 ${f A}$ شکل ۲. کاهش میانگین شعاع نانوذرات بر حسب زمان تابش فراصوت با زمان پالس ثابت و دو توان مختلف درگروه

چنان که شیب نمودار در شکل ۲ نشان میدهد در پالس زمانی یکسان، توان بیش تر (۲۰٪) شیب منفی تندتری نسبت به توان کم تر (۵۰٪) دارد و مؤید این مطلب است که، توان بیش تر فراصوت کاهش بیش تر قطر نانوذرات را سبب شده است.

در شکل۳ طیف جذبی (فرابنفش- مرئی) کلوئید ZnO را برای آزمایش 1B مشخص شده در جدول ۱ نشان میدهد. در شکل ۳-الف طیف مربوط به کلوئید تولید شده با همزن مغناطیسی بههمراه طیفهای مربوط به کلوئید پس از تابشدهی فراصوت را تا زمان tB نشان میدهد. زمان tb در این مورد ۱۵ دقیقه است که علت کاهش زمان پالس و توان در این آزمایش، پنج برابر بیشتر از نمونههای گروه A است. شکل ۳-ب مربوط به زمان بعد از tb در همان شرایط اما با تابشدهی ۱۵ تا ۲۴ دقیقه است چنان که مشاهده میشود میزان جذب با افزایش زمان کاهش یافته است. در این آزمایش نیز مانند آزمایش قبلی، میزان جذب بعد از تابشدهی فراصوت بهمدت زمان tb (یعنی جذب ۰۵/۰)

برای دیگر آزمایشهای مشخص شده در جدول ۱ نیز همان محلول کلوئید نانوذرات اکسید روی استفاده شده که تابش فراصوتی صرفاً محل طول موج لبهٔ جذب را تغییر داده از این رو، بهعلت شباهت بسیار زیاد روند طیفهای مشاهده شده، صرفاً نتایج آزمایشها آورده شده است.







شکل ۴. نمودار کاهش شعاع بر حسب زمان تابش فراصوت برای نمونه گروه B در جدول ۱

 خوبی مربوط به نمونهٔ تولید شده با همزن مغناطیسی است که در ابتدا انجام شد و در حدود ۳/۱۰nm است. شیب (Q) و عرض از مبدا (ro) و همچنین مقادیر t_B آزمایشها در جدول ۳ نشان داده شدهاند.



شکل ۵. نمودار کاهش شعاع بر حسب زمان با پالس ثابت و تغییر توان دستگاه فراصوتی از ۲۰٪ تا ۷۰٪ برای

نمونههای گروه C.

جدول ۳. مقادیر مربوط به برازش در نمودارهای منحنی رشد و همچنین t_B

tB	Q	r ₀	شماره آزمایش
min		nm	
٣	-•/••AYA	۱/۹۵	1A
٣	-•/• \•٣٢	۱/٩۶	2A
۱۵	-•/••°å۲	۲/۲۹	1B
۱۵	-•/••°VY	۲/۳۲	2B
١٨	-•/••۶١•	۲/۳۲	3B
۱۵	-•/••V9٣	۲/۲۷	4B
11	-•/••V9۵	۲/۱۷	5B
٣	-•/•• \ \•	٣/•٧	1C
٣	-•/• \AA	٣/•٣	2C
٣	-•/••۴٩•	٣/١۴	3C
٣	-•/• \YX	٣/١٣	4C

چنان که در جدول ۳ نشان داده شده است، بیش ترین زمان tB، ۱۸ دقیقه است. مطابق با شکل ۱ و شکل ۳، بعد از زمان tB رفتار کلوئید در مقدار و شعاع نانوذرات تحت تابش فراصوت در تمام آزمایش ها مشخص و تکراری است. از این رو، زمان تابش دهی فراصوتی بین ۱۵ تا ۲۰ دقیقه در مواد و روش ها انتخاب شده است.

۲- بررسی مقادیر شیب در نمودار برازش جدول ۳

در آزمایشهای گروه B در جدول ۱ که مقدار توان ثابت است، افزایش زمان پالس منجر به کاهش شعاع میانگین نانوذرات (شیب نمودارQ) و در نتیجه کاهش بیشتر شعاع نانوذرات شده است (جدول ۳). علت این موضوع را میتوان چنین توضیح داد که هر قدر زمان پالس بیشتر باشد، تعداد حبابهای تولید شده در بازهٔ زمانی روشن بودن دستگاه بیشتر است و در نتیجه تعداد فروریختگیهای حبابها بیشتر و منجر به بیشتر خرد شدن نانوذرات و کاهش بیشتر میانگین شعاع نانوذرات می شود. شکل ۶ مقدار Q را برای آزمایش های گروه B برحسب پالس دستگاه به همراه نمودار برازش خطی، نشان می دهد. لازم به ذکر است که اگر زمان پالس طولانی باشد دو پدیده خلاف یک دیگر به وجود می آید. انرژی اتلافی درون سیستم که به صورت گرما ظاهر می شود افزایش یافته و باعث کاهش اعمال فشار به حباب شده و در نتیجه فروریختگی حباب ضعیف می شود [۱۲].



شکل ۶. تغییرات ثابت ${f Q}$ ، بر حسب زمان پالس، خط چین منحنی برازش را نشان میدهد.

در آزمایشهای گروه A و C در جدول ۱ پالس زمانی ثابت و توان فراصوتی متفاوت است. تغییر در توان موج فراصوتی دو اثر قابل توجه را به دنبال دارد که شامل تغییر در تعداد حباب های فراصوتی ایجاد شده و نیز شدت فروریختگی است. بدیهی است که هرچه توان مصرفی بیشتر باشد، تعداد حبابهای ایجاد شده نیز بیشتر خواهد بود. شعاع حباب فراصوت با مجذور توان فراصوتی متناسب است و زمان فروریختگی نیز مستقیماً با بیشینهٔ شعاع حباب فراصوتی تناسب دارد [۱۱]. از این رو، با افزایش توان، شعاع حباب فراصوت و به تبع آن زمان فروریختگی افزایش

شدت فروریختگی مقداری بهینه دارد و در توانهای بیشتر از آن، شدت فروریختگی کاهش مییابد. علت کاهش شدت فروریختگی نیز از دو جنبه قابل بررسی است. اولین علت مربوط به افزایش بیش از حد شعاع حباب و به تبع آن طولانی تر شدن زمان فروریختگی است. چرا که در فشار آکوستیکی بالا (AA)، حباب می تواند در سیکل ترقیق به سایز بزرگ تری برسد. از این رو، در طول دورهٔ فشردهسازی حباب، زمان کافی وجود ندارد، در نتیجه توان بیشینهای برای رسیدن به بیش ترین میزان واکنش وجود دارد. دومین علت مربوط به انرژی تلف شده در محلول است، هر چه توان فراصوتی بیش تر باشد انرژی تلف شده نیز بیش تر است، از این رو، این انرژی به گرما تبدیل می شود و مانع از فروریختگی حداکثری حباب فراصوتی می شود [17]. بنابراین با افزایش توان دو اثر متضاد با هم به رقابت می پردازند که شامل افزایش تعداد حباب و دیگری کاهش شدت فروریختگی است. بر آیند این دو اثر نتایج مختلفی را در پی خواهد داشت. به همین دلایل در آزمایش 3C، که زمان پالس ثابت است، با وجود بالا رفتن توان، یعنی توان ۵۰٪، شیب نمودار (Q) نسبت به آزمایش 22 یعنی توان ۳۵٪ کاهش یافته، ولی شیب در آزمایش 40

نتيجهگيرى

تابش امواج فرا صوت می تواند فرآیند میزان تولید نانوذرات ZnO را در کلوئیدی که هستهزایی در آن انجام شده را تا زمان بهینه افزایش دهد. میزان جذب در طول موج لبهٔ جذب، در زمان بهینه حدوداً دو برابر است، که نشاندهندهٔ تولید حداکثری نانوذرات ZnO در زمانی بسیار کمتر از هستهزایی اولیه در این پژوهش است. قبل و بعد از زمان بهینه تولید حداکثری نانوذرات ZnO در زمانی بسیار کمتر از هستهزایی اولیه در این پژوهش است. قبل و بعد از زمان بهینه تولید حداکثری نانوذرات ZnO در زمانی بسیار کمتر از هستهزایی اولیه در این پژوهش است. قبل و بعد از زمان بهینه تولید حداکثری نانوذرات CnO در زمانی بسیار کمتر از هستهزایی اولیه در این پژوهش است. قبل و بعد از زمان بهینه تعلم نانوذرات در حال کوچکتر شدن هستند. این نتایج سازگار با گزارشهای پیشین [۱۶] در رابطه با کاهش تعلم نانوذرات OnZ بهوسیلهٔ امواج فراصوتی است. روند کاهش شعاع بهصورت خطی و با شیب ثابت Q است. میزان این شیب وابسته به شرایط فراصوت و هستهزایی اولیه میتواند متغیر باشد. با توان یکسان و پالس متغیر در فراصوت، رابطهٔ خلی بین زمان پالس می واند مؤید افزایش در اطرا خرا موزی و هستهزایی اولیه میتواند متغیر باشد. با توان یکسان و پالس متغیر در فراصوت، رابطهٔ خطی بین زمان پالس و کاهش شیب منحنی برازش وجود دارد. زیرا افزایش زمان پالس میتواند مؤید افزایش رابطهٔ خطی بین زمان پالس و کاهش شیب منحنی برازش وجود دارد. زیرا افزایش زمان پالس میتواند مؤید افزایش حماب باشد. در اثر افزایش توان با زمان پالس ثابت، دو عامل افزایش تعداد حباب و کاهش شدت فروریختگی حباب با هم در رقابتند. از این رو، شیب نمودار برازش میانگین شعاع–زمان بر حسب توان روند خطی و منظمی ندارد و تأییدکنندهٔ وجود توان بهینه در طول فرآیند تابش دهی فراصوتی است که در گزارشهای پیشین نیز بیان شدهاند [۶].

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از آقای دکتر محمدجواد رسایی برای استفاده از برخی تجهیزات آزمایشگاهی در انجام این آزمایشها تقدیر و تشکر میشود.

منابع

- Xiaobao Li, Wei Dou, Ningzhong Bao, "Hydrothermal synthesis of tubular ZnO materials", Materials Letters 68 (2012) 140-142.
- ZeshanHu, Gerko Oskam and Peter C. Searson, "Influence of solvent on the growth of ZnO nanoparticles", Journal of Colloid and Interface Science, 263 (2003) 454-460.
- Zhizhong Hana, LanLiaoa, Yueting Wu, Haibo Pan, Shuifa Shen, Jianzhong Chen, "Synthesis and photocatalytic application of oriented hierarchical ZnO flower-rod architectures", Journal of Hazardous Materials 217-218 (2012) 100-106.

- Changchun Chen, Benhai Yu, Ping Liu, Jiang Feng Liu and Lin Wang, "Investigation of nano-sized ZnO particles fabricated by various synthesis routes", Journal of Ceramic Processing Research, 12 (2011) 420-425.
- Raghvendra S., Yadav, Priya Mishra, Avinash C., Pandey, "Growth mechanism and optical property of ZnO nanoparticles synthesized by sonochemical method", Ultrasonics-Sonochemistry, 15 (2008) 863-868.
- Krishnamurthy Prasad D.V.; Pinjari, A.B. Pandit, S.T.; Mhaske, "Synthesis of titanium dioxide by ultrasound assisted sol-gel technique:Effect of amplitude (power density) variation", Ultrasonics Sonochemistry, 17 (2010) 697-703.
- Maikel, M., van Iersel, "Sensible Sonochemistry", Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 1 (2008) 4-14.
- Prantik Banerjee, Sampa Chakrabarti, Saikat Maitra, Binay K., Dutta, Zinc oxide nanoparticles–Sonochemical synthesis, characterization and application for photo-remediation of heavy metal, Ultrasonics Sonochemistry, 19 (2012) 85-93.
- Stella Kiel, Olga Grinberg, Nina Perkas, Jerome Charmet, Herbert Kepner and AharonGedanken, "Forming nanoparticles of water-soluble ionic molecules and embedding them into polymer and glass substrates", Beilstein J., Nanotechnol, 3 (2012) 267-276.
- Ebrahiminia A., Mokhtari-Dizaji M., Toliyat T., "Correlation between iodide dosimetry and terephthalic acid dosimetry to evaluate the reactive radical production due to the acoustic cavitation activity", Ultrasonics Sonochemistry, 20 (2013) 366-372.
- 11. Mohammad H., Entezari and Peeter Kruus, "Effect of frequency on sonochemicalreactions.I: Oxidation of iodide", Ultrasonics Sonochemistry, 1 (1994) 75-79.
- Parag R., Gogate a, Anne Marie Wilhelm b, Aniruddha B., Pandit, "Some aspects of the design of sonochemica", Ultrasonics Sonochemistry, 10 (2003) 325-330.
- Efros Al. L., "Interband Absorption of Light in a Semiconductor Sphere", Sov. Phys. Semicond, 16 (1982) 772-5.
- Brus, L. E., A Simple-Model for the Ionization-Potential," Electron-Affinity, and Aqueous Redox Potentials of Small Semiconductor Crystallites". J. Chem. Phys, 79 (1983) 5566-71.

- 15. Satyanarayana Talam, Srinivasa Rao Karumuri, Nagarjuna Gunnam, "Characterization of ZnO nanoparticle suspension in water: Effectiveness of ultrasonic dispersion", International Scholarly Research Network ISRN Nanotechnology, (2012) doi:10.5402/2012/372505.
- Chung S. J., Leonard J. P., Nettleship I., Lee J. K., Soong Y., Martello D. V., Chyu M. K., Characterization of ZnO nanoparticle suspension in water: Effectiveness of ultrasonic dispersion, Powder Technology, 194 (2009) 75-80.