

آزمایش شماره ۲

تولید نانو ذرات ضد باکتری نقره با روش انفجار الکتریکی سیم و بررسی خواص آنها

۱- هدف

- آشنایی با خواص نانو ذرات، روش انفجار الکتریکی سیم برای تولید نانو ذرات فلزی
- تولید نانو ذرات نقره با خاصیت ضد باکتری در محیط کلوئیدی آب

۲- تئوری آزمایش

۲-۱- معرفی نانو ذرات

ذرات را با در نظر گرفتن قطر آنها دسته بندی می کنند. ذرات درشت در بازه $10000 \text{ nm} - 2500 \text{ nm}$ قرار دارند؛ ذرات کوچک در بازه $2500 \text{ nm} - 100 \text{ nm}$ قرار داشته و ذرات بسیار کوچک (UFP)^۱ یا نانو ذرات^۲ اندازه ای در حدود 1 nm الی 100 nm دارند. دلیل این دوگانگی در نام گذاری این است که در آغاز مطالعات بنیادی در این زمینه به ذراتی با ابعاد زیر 100 nm ، ذرات بسیار کوچک گفته شد؛ اما هم اکنون چنین ذراتی را با نام نانوذرات می شناسیم. نانو ذرات رفتاری وابسته به اندازه از خود بروز می دهند که به طور قابل ملاحظه ای متفاوت از آنچه که از توده ی^۳ همان ماده سراغ داریم، می باشد. ساده ترین رفتار، تغییر در رنگ نانو ذرات است. نکته مهم در این زمینه این است که ممکن است در برخی موارد اندازه یک مولکول در بازه تعریف نانو ذرات قرار گیرد؛ ولی به طور معمول یک تک مولکول به عنوان نانو ذره فرض نمی گردد.

¹ ultrafine particle

² Nano particles

³ Bulk

نانو خوشه‌ها^۴ حداکثر اندازه‌ای در حدود ۱ تا ۱۰ nm دارند و دارای توزیع اندازه باریکی هستند. نانو پودرها توده‌های به هم چسبیده‌ای از نانو ذرات، نانو خوشه‌ها یا نانو بلورها هستند. تک بلورهای نانو مقیاس نیز معمولاً با نام نانو بلورها شناخته می‌شوند.

نانو ذرات و نانو پودرها کاربردهای بسیاری در زمینه‌های مختلف دارند. این امر موجب شده است تا روش‌های مختلفی برای تولید آنها وجود داشته باشد. این روش‌ها هر دو مجموعه اصلی بالا به پایین^۵ و پایین به بالا^۶ را شامل می‌شوند. بسیاری از روش‌های تولید نانو ذرات یا نانو پودرها روش‌های متداولی هستند که پیش از این برای تولید انواع ذرات و پودرها مورد استفاده قرار گرفته‌اند و امروزه با افزایش کنترل فرایند و اعمال برخی تغییرات و بهینه‌سازی فرایند، تولید بی‌بعدهای^۷ نانو ساختار با آنها ممکن شده است.

۲-۲- خواص نانو ذرات

نانو ذرات به دلیل اندازه بسیار کوچکشان و متأثر بودن از پدیده‌های کوانتومی، خواص منحصر به فردی از خود نشان می‌دهند. مطالعه دقیق این خواص نیازمند دانش عمیقی از فیزیک حالت جامد، مکانیک کوانتوم و شیمی کوانتومی است. با این حال برخی از خواص را می‌توان در سطح پایین‌تری به صورت ملموس بررسی کرد.

۲-۲-۱- اعداد جادویی

از جالب‌ترین نکاتی که در مورد این نانو ساختارها به هنگام تشکیل وجود دارد، پیروی آنها از اعدادی موسوم به اعداد جادویی^۸ است. به این ترتیب که هنگامی که اتم‌ها در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند تا خوشه‌ای اتمی یا یک ذره‌ای نانومتری را ایجاد کنند، از چیدمانی پیروی می‌کنند که این ساختار کم‌ترین سطح انرژی و بیشترین پایداری را داشته باشد. در این حالت سطوح انرژی به تعداد اتم‌های تشکیل دهنده خوشه و یا ساختار ذره وابسته است. به طور مثال با بررسی منحنی یونیزاسیون خوشه‌های اتمی دیده می‌شود که برای

^۴ Nano cluster

^۵ Top - down

^۶ Bottom - up

^۷ Zero dimension

^۸ magic number

خوشه‌های اتمی، همواره بیشینه منحنی یونش بر اعداد جادویی منطبق است. از اینرو می‌توان نتیجه گرفت که خوشه‌های اتمی ای پایدار هستند که تعداد اتم‌های آنها برابر با اعداد جادویی آنها باشد.

در صورتی که یک خوشه اتمی از تعداد اتم‌های کمی تشکیل شده باشد (کمتر از ۱۲۰۰ اتم)، پایداری خوشه ارتباط مستقیمی با سطوح انرژی الکترونیکی و الکترون‌های والانس خواهد داشت. این پایداری هنگامی حاصل می‌شود که ساختار الکترونیکی خوشه پایدار باشد و از نظر انرژی در حداقل سطح انرژی ممکن قرار داشته باشد. لذا تعداد اتم‌هایی که چنین شرطی را برای یک خوشه اتمی برآورده کند اعداد جادویی الکترونیکی آن ساختار نامیده می‌شود.

با افزایش تعداد اتم‌های ساختار، پایداری ذره علاوه بر ساختار الکترونیکی آن، به مشخصات هندسی ذره و نیز چگالی آن بستگی پیدا می‌کند. معمولاً شکل کروی که دارای کمترین مقدار سطح به حجم است، بهترین شکل هندسی برای پایداری نانو ذرات را فراهم می‌کند. برای چنین شرایطی که پایداری ذره به هندسه ذره وابستگی پیدا می‌کند اعداد جادویی ساختاری تعریف می‌شوند. از اینرو دیده می‌شود که پایداری خوشه‌های اتمی کوچک، از اعداد جادویی الکترونیکی پیروی می‌کند و برای خوشه‌ها و ذرات بزرگ، پایداری بر اعداد جادویی ساختاری منطبق است.

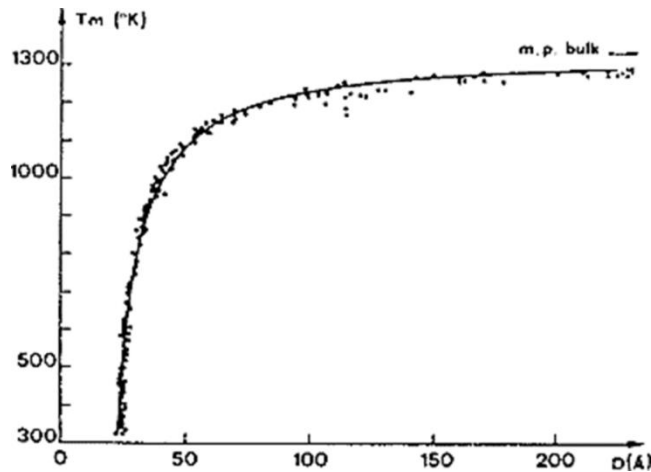
۲-۲-۲- کاهش دمای ذوب

سطح انرژی نانو ذرات به اندازه ذره و نیز تعداد اتم‌های خوشه اتمی ارتباط دارد. از آنجایی که نانو ذرات دارای سطح بالای انرژی سطحی و در نتیجه فاقد پایداری مناسب هستند، به راحتی می‌توان با تزریق اندکی انرژی، اتم‌های چنین ذراتی را از قید ساختار بلوری منظم ذره رها کرد. این بدان معنی است که انرژی لازم برای گسستن پیوند بلوری نانو ذرات فلزی و ذوب آنها کم‌تر از حالت توده‌ای آنها است. نکته مهمی که وجود دارد این است که کاهش دمای ذوب با قطر نانو ذرات ارتباط مستقیم دارد.

تاکنون روابط بسیاری برای پیش بینی دمای ذوب نانو ذرات ارائه شده است. در اکثر مدل‌هایی که برای دمای ذوب نانو ذرات ارائه شد، نانو ذرات را ذراتی کروی، با سطحی همگن فرض کرده‌اند و حاصل اکثر آنها نمودار خطی کاهش دمای ذوب با افزایش معکوس قطر نانو ذرات (D^{-1}) است. اکثر این معادلات از شکل کلی زیر پیروی می‌کنند:

$$T_m(D) = T_{mb} \left(1 - \frac{\beta}{D}\right)$$

در رابطه بالا، $T_m(D)$ و T_{mb} به ترتیب دمای ذوب خوشه و دمای ذوب حالت توده‌ای است؛ β ثابتی است که به خواص ماده ارتباط داشته و برای پیش بینی آن مدل‌های بسیاری ارائه شده است. به هر حال امکان اندازه‌گیری کمیت‌های دخیل در روابط محاسبه β به راحتی وجود ندارد؛ حتی مدل‌های مختلف مورد بررسی در محاسبه β برای گونه یکسان، مقادیر مختلفی نتیجه می‌دهند. به طور مثال مدل‌های ارائه شده در سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۰۵ و ۲۰۰۸ برای فلز ایندیم به ترتیب مقادیر ۲/۶۵، ۳/۷۹ و ۰/۷۳۷ را پیش بینی کرده‌اند. شکل ۱ منحنی کاهش دمای ذوب نانو ذرات طلا با اندازه آنها را نشان می‌دهد.



شکل ۱- منحنی کاهش دمای ذوب نانو ذرات طلا با اندازه آنها

۳- روش کار آزمایش

۳-۱- تجهیزات مورد نیاز

- سیم نقره‌ای با قطر ۰/۲۵ mm
- آب مقطر یون گیری شده
- دستگاه انفجار الکتریکی سیم

۳-۲- تولید نانو ذرات نقره با استفاده از روش انفجار الکتریکی سیم

توصیه می شود پیش از کار با دستگاه، دستور العمل استفاده از دستگاه، تهیه شده توسط شرکت سازنده آن به طور کامل مطالعه گردد.

هشدار ایمنی: با توجه به وجود جریان الکتریکی بسیار قوی در این دستگاه؛ به دلیل خطرات جانی استفاده از دستگاه در صورت عدم حضور مسئول آزمایشگاه ممنوع است.

۳-۳- نحوه استفاده از دستگاه انفجار الکتریکی سیم

ابتدا قرقره سیم مورد استفاده برای تولید نانو ذرات را در محل خود قرار داده و از روی غلطک موجود در سیستم تغذیه دستگاه عبور دهید. برای عملکرد بهتر سیستم تغذیه بهتر است سیم را روی غلطک یک دور بپیچید. سپس سیم را از میان سه پیچ موجود عبور دهید. این پیچها وظیفه تابگیری از سیم را بر عهده دارند. سیم را از میان دو غلطک عبور داده و فاصله میان دو غلطک را با استفاده از پیچ پشتی آن تنظیم کنید. در نهایت سیم را درون لوله هدایت کننده قرار دهید.

هشدار ایمنی: پیش از هر کاری حتماً از قطع بودن جریان فشار قوی دستگاه اطمینان حاصل کنید. چراغ High Voltage باید بر روی سیستم کنترل خاموش باشد.

با فشار دادن دکمه feeding بر روی سیستم کنترلی دستگاه غلطکهای هدایت سیم، سیم را به درون محفظه انفجار هدایت می کنند؛ این عمل را تا خارج شدن سیم از درون لوله و برخورد سیم با الکتروود ولتاژ بالا ادامه دهید. سپس سیمهای انتقال جریان را بر روی درپوش محفظه انفجار وصل کنید. سیم قرمز مربوط به جریان ولتاژ بالا بوده و بایستی به درگاه وسط وصل گردد؛ سیم مشکی رنگ نیز اتصال زمین بوده و بایستی به درگاه کناری وصل شود.

پس از اتصال سیمهای رابط جریان، با استفاده از سیستم کنترل، مقادیر مربوط به ولتاژ اعمالی، نرخ تغذیه دستگاه و زمان فرایند را تنظیم کرده و فرایند تولید نانو ذرات فلزی با استفاده از انفجار الکتریکی سیم را آغاز کنید.

۳-۴ - نحوه ی انجام آزمایش

سیم نقره را بر روی دستگاه نصب کنید. محفظه انفجار را در حدود ۶۰٪ حجم کل آن پر از آب مقطر کنید. طبق دستورالعمل سیم را با استفاده از سیستم تغذیه وارد محفظه انفجار کرده و سپس اتصال جریان را برقرار کنید. با انتخاب $V 400$ به عنوان ولتاژ جریان و $1/5 \text{ mm/s}$ به عنوان سرعت تغذیه سیم، در مدت زمان ۱ دقیقه با انفجار الکتریکی سیم نقره ای، نانو ذرات نقره تولید کنید. محلول حاوی نانو ذرات نقره را برای استفاده در مراحل بعد با دقت نگهداری کنید.

⚠ هشدار ایمنی: به دلیل سمی بودن نانو ذرات نقره، از تماس محلول حاوی نانو ذرات با پوست جلوگیری کنید.

۴- پرسش

- با در نظر گرفتن مقدار سیم مصرفی غلظت وزنی نانو ذرات در محیط محلول را محاسبه کنید. آیا این عدد دارای دقت کافی است؟ عوامل ایجاد خطا در عدد حاصل را بیان کنید و راهکاری برای دستیابی به عدد دقیق بیان کنید.
- توضیح دهید چرا بایستی از آب مقطر بودن یون برای محیط کلوئیدی استفاده شود؟ در صورت حضور یون در محیط مایع چه اتفاقی خواهد افتاد؟
- محلول حاوی نانو ذرات نقره چه رنگی است؟ دلیل این تفاوت رنگ نانو ذرات نقره با نقره ای توده ای در چیست؟
- با گذشت زمان رنگ محلول اولیه چه تغییری می کند؟ دلیل این تغییر در چیست و چگونه می توان از آن جلوگیری کرد؟
- کاربردهای نانو ذرات نقره را بیان کنید.
- کاربردهای نانو ذرات نقره را بیان کنید.