

روشهای سنتز نانوذرات

گردآوری

پروفسور - دکتر عظیم اکبرزاده خباری

(استاد انستیتو پاستور ایران)

دکتر فاطمه صیامی نقدهی

دکتر حسن ابراهیمی شاهم آبادی

بهار ۱۳۹۵

سرشناسه

: اکبرزاده خیای، عظیم، ۱۳۲۶

عنوان و نام پدید آور

: روشهای سنتز نانوذرات/گردآوری و تالیف عظیم اکبرزاده خیای، فاطمه صیامی نقدهی،

حسن ابراهیمی شام آبادی

مشخصات نشر

: تهران، عظیم اکبرزاده خیای، ۱۳۹۵.

مشخصات ظاهری

: ۳۲۵ص: مصور، جدول، نمودار

شابک

: ۹۷۸-۶۰۰۰۰۴-۵۱۴۶-۲

وضعیت فهرست نویسی

: فیا.

یادداشت

: واژه نامه

یادداشت

: کتابنامه

موضوع

: نانوذرات

موضوع

: Nanoparticles

شناسه رده

: صیامی نقدهی، فاطمه، ۱۳۶۰-

شناسه رده

: ابراهیمی شام آبادی، حسن، ۱۳۵۷-

رده بندی کسره

: ۱۳۹۵ ۷۴ الف ۲ ن / TA۴۱۸

رده بندی دهی

: ۶۲/۵

شماره کتابشناسی

: ۴۲۷۱۴-۸

نام کتاب : روشهای سنتز نانوذرات

گردآوری و تدوین : عظیم اکبرزاده خیای، فاطمه صیامی نقدهی، حسن ابراهیمی شام آبادی

ناشر: عظیم اکبرزاده خیای

نوبت چاپ : اول

تیراژ: ۱۰۰۰

قطع: وزیری

قیمت: ۳۰۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰۰۰۴-۵۱۴۶-۲

کلیه حقوق این اثر برای ستاد فناوری نانو محفوظ است.

نشانی: تهران - خیابان ۱۲ فروردین - پلاک ۷۵- انستیتو پاستور ایران

تلفن: ۶۶۴۶۵۴۰۶-۰۲۱

فهرست مطالب

۱	پیشگفتار:
۵	مقدمه:
۷	فصل ۱
۷	لیتوگرافی
۹	مقدمه ای بر روش نانو لیتوگرافی
۹	۱- مقدمه
۱۰	۲- معرفی لیتوگرافی
۱۰	۳- تقسیم بندی روش های لیتوگرافی
۱۸	نتیجه گیری
۱۸	منابع
۱۹	فصل ۲
۱۹	لیتوگرافی باریکه الکترونی
۲۱	۱- مقدمه
۲۲	۲- انواع لیتوگرافی باریکه الکترونی
۲۷	۳- کاربرد
۲۹	۴- محدودیت
۳۰	نتیجه گیری
۳۲	منابع:
۳۴	فصل ۳
۳۴	لیتوگرافی میکروسکوپ پروب روبشی
۳۶	۱- مقدمه
۳۷	۲- نانولیتوگرافی بر مبنای STM
۳۹	۳- نانولیتوگرافی بر مبنای AFM
۴۳	نتیجه گیری
۴۳	منابع:

فصل ۴	۴۴
معرفی آلیاژسازی مکانیکی به عنوان روشی موثر برای فرآوری نانو مواد	۴۴
۱- مقدمه	۴۶
۲- تاریخچه فرایند آلیاژسازی مکانیکی	۴۷
۳- زمینه‌های کاربردی فرایند آلیاژسازی مکانیکی	۵۰
۴- نتیجه‌گیری	۵۴
منابع:	۵۴
فصل ۵	۵۵
مقدمه‌ای بر آسیاب‌های مکانیکی	۵۵
۱- مقدمه	۵۷
۲- آسیاب ۲ زله‌ای - عاشری	۵۸
۳- آسیاب‌های سائ	۶۰
۴- آسیاب افقی غلتان	۶۳
۵- آسیاب سیاره‌ای	۶۵
۶- نتیجه‌گیری	۶۹
منابع:	۶۹
فصل ۶	۷۰
تهیه نانومواد با روش سل - ژل (۱)	۷۰
۱- مقدمه	۷۲
۲- مراحل فرایند سل ژل	۷۵
۳- بحث و نتیجه‌گیری	۸۱
منابع:	۸۱
فصل ۷	۸۲
تهیه نانومواد با روش سل - ژل (۲)	۸۲
۱- مقدمه: روش سل ژل و محصولات آن	۸۴
۲- انتخاب کاتالیزور	۸۸

۹۰	۳- خشک کردن
۹۵	۴- بحث و نتیجه گیری
۹۶	منابع:
۹۸	فصل ۸
۹۸	اصول سنتز نانوذرات با روش ترسیب شیمیایی (۱)
۱۰۰	۱- مقدمه: روش های سنتز شیمیایی
۱۰۱	۲- روش ترسیب شیمیایی
۱۰۳	۳- واکنش های شیمیایی در سنتزهای نانو
۱۰۹	۴- نتیجه گیری
۱۰۹	منابع:
۱۱۱	فصل ۹
۱۱۱	اصول سنتز نانوذرات با روش ترسیب شیمیایی (۲)
۱۱۳	۱- مقدمه
۱۱۴	۲- مکانیسم فرایندهای ترسیبی
۱۱۹	۳- کنترل عملی اندازه ذرات
۱۲۳	۴- نتیجه گیری
۱۲۳	منابع:
۱۲۴	فصل ۱۰
۱۲۴	اصول سنتز نانوذرات با روش ترسیب شیمیایی (۳)
۱۲۶	۱- مقدمه
۱۲۶	۲- سنتز نانوذرات فلزی از محلول آبی
۱۲۸	۳- سنتز اکسیدها از محلول آبی
۱۲۹	۴- سنتز کلکوزنانیدهای فلزی
۱۳۰	۵- سنتز نانوذرات فلزی و اکسیدها از محلول های غیرآبی
۱۳۳	۶- تولید نانوذرات با فرایندهای تخریب حرارتی
۱۳۳	۷- فرایندهای سنتز رسوبی دستیاری شده با تابش ریزموج

۱۳۴	۸- فرآیندهای سنتز رسوبی دستیاری شده با تابش فراصوت
۱۳۵	۹- نتیجه گیری
۱۳۵	منابع:
۱۳۶	فصل ۱۱
۱۳۶	سنتز نانوذرات با روش‌ها تخریب حرارتی
۱۳۸	۱- مقدمه
۱۳۹	۲- پیش‌ماده‌های روش تخریب حرارتی
۱۴۱	۳- سنتز نانوذرات با روش تخریب حرارتی
۱۴۵	۴- نتیجه گیری
۱۴۶	منابع:
۱۴۸	فصل ۱۲
۱۴۸	روش‌های میکروامواج در مایسل معکوس
۱۵۰	۱- مقدمه
۱۵۰	۲- تشکیل تجمع‌های مایسلی
۱۵۳	۳- میکروامولسیون‌ها
۱۵۳	۴- سنتز نانوذرات در نانورآکتورهای مایسلی
۱۵۵	۵- رویکرد عملی سنتز در میکروامولسیون
۱۵۹	۶- نتیجه گیری
۱۶۰	فصل ۱۳
۱۶۰	معرفی روش‌های سونوشیمیایی (فراصوت) برای سنتز نانومواد
۱۶۲	۱- مقدمه
۱۶۶	۲- دستگاه‌های فراصوت
۱۶۷	۳- برخی کاربردهای امواج فراصوت
۱۶۹	۴- سنتز نانومواد با امواج فراصوت
۱۷۱	۵- نتیجه گیری
۱۷۲	منابع:

فصل ۱۴	۱۷۴
سنتر نانومواد با استفاده از روش های سونوشیمیایی	۱۷۴
۱- مقدمه	۱۷۶
۲- روش های سونوشیمیایی مختلف برای سنتر نانوذرات	۱۷۷
۳- نتیجه گیری	۱۸۷
منابع:	۱۸۷
فصل ۱۵	۱۸۸
معرفی روش مایکروویو و کاربرد آن در سنتر نانومواد	۱۸۸
۱- مقد	۱۹۰
۲- شیمی مایکروویو	۱۹۱
۳- تئوری ساده ماده گدازش در اثر امواج مایکروویو	۱۹۳
۴- خصوصیات گرمایش مایکروویو	۱۹۴
۵- سنتر نانومواد با استفاده از مایکروویو	۱۹۸
۶- نتیجه گیری	۲۰۰
منابع:	۲۰۰
فصل ۱۶	۲۰۱
روشهای حرارتی (تفجوشی)	۲۰۱
تولید قطعه نانوساختار از ماده اولیه پودری	۲۰۳
۱- مقدمه	۲۰۳
۲- فاکتورهای مؤثر در تفجوشی فاز جامد	۲۰۴
۳- نیروی محرکه تفجوشی	۲۰۶
۴- چگالش در دمای بالا و با اعمال فشار	۲۰۸
۵- نتیجه گیری	۲۱۱
منابع:	۲۱۲
فصل ۱۷	۲۱۳
مکانیزم ها و مراحل تفجوشی	۲۱۳

۲۱۵	.....	۱- مقدمه
۲۱۶	.....	۲- مکانیزم‌های تف‌جوشی
۲۱۷	.....	۳- مراحل تف‌جوشی
۲۲۳	.....	۳-۶- بزرگ شدن حفرات
۲۲۵	.....	نتیجه گیری
۲۲۵	.....	منابع:
۲۲۷	.....	فصل ۱۸
۲۲۷	.....	رسوبدهی از فاز گاز (۱)
۲۲۹	.....	معرفی روش های رسوب دهی شیمیایی بخار (CVD)
۲۲۹	.....	۱- تاریخچه روش CVD
۲۳۰	.....	۲- اساس رسوب CVD
۲۳۲	.....	۳- مزایای و معایب رسوب CVD
۲۳۴	.....	۴- کاربرد های فرآیند CVD
۲۳۴	.....	۵- انواع روش های CVD بر اساس ماده
۲۳۷	.....	۶- انواع روش های CVD براساس خوراک فیزیکی بخار
۲۳۸	.....	۷- انواع روش های CVD براساس فشار:
۲۳۹	.....	۸- مقایسه بین CVD و PVD
۲۳۹	.....	نتیجه گیری
۲۴۰	.....	منابع:
۲۴۱	.....	فصل ۱۹
۲۴۱	.....	رسوبدهی از فاز گاز (۲)
۲۴۳	.....	تولید نانومواد با روش رسوب دهی شیمیایی بخار
۲۴۳	.....	۱- مقدمه
۲۴۴	.....	۲- فرآیند CVD برای تولید مواد نیمه رسانا
۲۴۹	.....	۳- فرآیند CVD برای تولید فلزها
۲۵۲	.....	نتیجه گیری

منابع:	۲۵۳
فصل ۲۰	۲۵۴
رسوبدهی از فاز گاز (۳)	۲۵۴
رسوب دهی شیمیایی بخار به کمک پلاسما (PECVD)	۲۵۶
۱- مقدمه	۲۵۶
۲- پلاسما	۲۵۸
۳- راکتورهای مورد استفاده در رسوبدهی شیمیایی فاز بخار به کمک پلاسما	۲۶۰
راکتورهای صفحه موازی با دیواره سرد	۲۶۱
۴- کارهای رسوبدهی بخار شیمیایی به کمک پلاسما	۲۶۴
منابع:	۲۶۶
فصل ۲۱	۲۶۸
رسوبدهی از فاز گاز (۴)	۲۶۸
رسوب دهی شیمیایی بخار آلی قاری (MOCVD)	۲۷۰
۱- مقدمه	۲۷۰
۲- پیش ماده‌های روش MOCVD	۲۷۲
۳- فرآیند MOCVD	۲۷۶
۴- تجهیزات MOCVD	۲۷۷
۵- کاربردها	۲۷۹
نتیجه گیری	۲۸۰
منابع:	۲۸۱
فصل ۲۲	۲۸۳
تغییر شکل پلاستیک	۲۸۳
روش تغییر شکل پلاستیک شدید برای تولید مواد نانوساختار	۲۸۴
۱- مقدمه	۲۸۴
۲- مفهوم تغییر شکل پلاستیک	۲۸۵
۳- مفهوم تغییر شکل پلاستیک شدید	۲۸۶

۲۸۷	۴- روش های تغییر شکل پلاستیک شدید
۲۹۸	نتیجه گیری
۲۹۹	منابع:
۳۰۰	فصل ۲۳
۳۰۰	تغییر شکل پلاستیک شدید نانوکامپوزیت های زمینه فلزی
۳۰۲	۱- مقدمه
۳۰۴	۲- تغییر شکل شدید نانو کامپوزیت های زمینه فلزی
۳۱۳	۳- جمع بندی
۳۱۴	منابع:
۳۱۶	واژه ها

بسمه تعالی

اصلی ترین روش های ساخت مواد در مقیاس نانو به دو روش کلی بالا به پایین و روش پایین به بالا خلاصه می شوند. روش بالا به پایین اولین بار توسط فیمن به عنوان روشی برای ساخت ذرات در ابعاد نانومتری مطرح شد. در این روش با استفاده از دستگاه ها و روش های مکانیکی مانند: تراشیدن، آسیاب کردن و غیره نانوذرات از توده مواد با ابعاد بزرگتر تولید می شود. روش پایین به بالا درست در جهت مخالف روش قبلی است که در این روش مواد نانو با استفاده از به هم پیوستن واحدهای بنیادی سازنده و قرار دادن آنها کنار هم ایجاد می شوند. این روش اولین بار توسط درکسلر ارائه گردید. این روش با روش تولید بالا به پایین بسیار متفاوت است زیرا در روش بالا به پایین حجم بسیار زیادی از مواد زائد حاصل از تراش دور ریخته می شود ولی روش پایین به بالا ضایعات کمتری دارد و زمان و انرژی لازم در آن نیز کمتر است. علاوه بر این استحکام ماده تولیدی نیز به علت ایجاد پیوندهای آریتر بین ذرات تشکیل دهنده بالا می رود. روش های تولید نانوذرات به طور کلی به دو دسته شیمیایی و فیزیکی تقسیم می شوند و برخی روش ها نیز با نام فرآیندهای مکانیکی- شیمیایی خوانده می شود.

الف روش فیزیکی:

(۱) نانوذرات در روش های فیزیکی بدون انجام واکنش و فقط به کمک فرآیندهای فیزیکی تولید می شوند. (۲) روش میعان بخار: میعان بخار به منظور تهیه نانو ذرات به طور مستقیم از بخار فوق اشباع فلزات از جمله روش های اولیه برای تولید نانو ذرات می باشد. توان به راحتی عملکرد و آنالیز و خلوص بالای محصول تولیدی اشاره کرد. (۳) روش اسپری پیرولیز: این روش با نام های دیگری از جمله ترمولیز ائروسول، تبخیر پلاسما، و تجزیه ائروسول نیز شناخته می شود. ماده اولیه مورد استفاده در این روش معمولاً به صورت نمک محلول یا سل و یا سوسپانسیون اولیه می باشد. قطرات تولید شده تحت اثر حرارت بالا خشک می شود و ذرات میکروسکوپی را تولید می کنند و در نهایت با عملیات حرارتی به شکل محصول مورد نظر در می آیند. به دلیل کم هزینه بودن و همچنین امکان تهیه گستره وسیعی از محلول های مختلف به طور عمده از

محلول آبی استفاده می شود. ۴) روش احتراق: روش احتراق شعله‌ای بطور وسیعی برای تولید پودرهای نانو ساختار اکسید فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش ماده شیمیایی اولیه بخار می شود و در فرآیند اکسیداسیون در حضور عامل اشتعال و عامل اکسید کننده که معمولاً پروپان و اکسیژن و یا متان و هوا می باشد اکسید می شود و نانو ذره اکسید فلزی را به وجود می آورد. ۵) روش مکانوشیمی: این روش سنتز شامل فعالسازی مکانیکی جامد برای قرار گرفتن در شرایط واکنش می باشد. در سال های اخیر برای تولید نانو ذرات ZnO و Al_2O_3 به طور وسیعی از این روش استفاده شده است. این روش شامل آسیاب کردن ماده اولیه (معمولاً نمک یا اکسیدهای فلزی) به منظور تهیه یک مخلوط از موادی که قرار است وارد واکنش شوند، می باشد که این مخلوط در سمن آسیاب شدن با هم واکنش داده و نانو ذره اکسید فلزی را به وجود می آورند.

ب- روش شیمیایی

در روش های شیمیایی ابتدا واکنش شیمیایی بین واکنشگرها صورت گرفته، سپس نانوذرات تولید شده از وسط واکنش جدا می شوند. سنتز شیمیایی شامل تشکیل و رشد ذرات در یک واسطه مایع حاوی انواع واکنشگرها است. به طور کلی برای کنترل شکل نهایی ذرات، روش های شیمیایی بهتر از روش های فیزیکی هستند. در روش های شیمیایی، اندازه نهایی ذره را می توان با توقف فرآیند در هنگامی که اندازه مطلوب به دست آمد یا با توقف رشد، در یک اندازه خاص کنترل نمود. روش شیمیایی به دلیل چینش مواد در شرایط نانومتری به منظور دستیابی به خواص مورد نیاز، توانایی منحصر به فردی در زمینه تکنولوژی و علم مواد نانو ساختار دارد. رسوب دهی دیستالیزاسیون یک فاز جامد از یک محلول، روش عمومی برای تولید نانوذرات است. فرآیند کلی در این روش عبارتست از واکنش هایی که در محلول های آبی یا غیر آبی حار نمک ها و یا مواد محلول انجام می پذیرد. پس از این که محلول از حل شونده اشباع شد، با تغییر از حالت اشباع به فوق اشباع، رسوبدهی و یا تشکیل کریستال صورت می گیرد. می توان این فرآیند را مشابه یک واکنش شیمیایی در نظر گرفت. بنابراین غلظت واکنش دهنده ها، دمای واکنش، pH محیط و نسبت افزایش واکنش دهنده ها به محیط واکنش، بر توزیع اندازه و خواص فیزیکی محصول (کریستال های نهایی) موثرند.

پتانسیل‌های فراوانی که برای کاربرد نانوذرات در دنیای فناوری وجود دارد موجب پیدایش تحقیقات فراوانی برای یافتن راه‌های جدید تولید این مواد و برطرف ساختن مشکلات موجود در مسیر تولید آنها شده است. از جمله مشکلات عمده‌ای که در تولید نانوذرات وجود دارد می‌توان به هم پیوستن ذرات یا کلوخه‌ای شدن آنها و نیز اکسایش سطح آنها را نام برد. یکی از پارامترهای کلیدی در کیفیت نانو ذرات کوچک بودن ابعاد آنهاست. لذا فرآیند تولید باید به گونه‌ای طراحی شود که این ذرات به هم نچسبند و به اصطلاح کلوخه نشوند زیرا این پدیده موجب رشد ناخواسته ذرات می‌شود. همچنین سطح تماس ذرات با کوچک شدن ابعاد آنها بالا رفته، موجب اکسید شدن سطح ذرات فلزی می‌شود و این پدیده در مواردی که هدف ما تولید ذرات فلزی و غیر اکسیدی نظیر نیتrideها باشد، یکی از مشکلات است که باید بر آن غلبه نمود.

اهمیت یافتن نانوذرات در دهه‌های اخیر نه تنها از اهمیت روش‌های قدیمی تولید ذرات نکاسته است بلکه حربه‌ای برای وجود آمدن روش‌های نوینی در تولید این ذرات شده است. تولید ذرات نانو به روش‌های شیمیایی کاربردهای زیادی در تولید مواد نوری، الکترونیکی، مغناطیسی، زیستی، کاتالیزور و زیست‌پزشکی دارد.

تمامی حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به استاد نانوفناوری می‌باشد.

پروفسور دکتر عظیم تبریزی

استاد انستیتو پاستور ایران

بسمه تعالی

در این کتاب تلاش بر این بوده که اساس و روشهای اصولی نانو فناوری تئوری و عملی را به صورت ساده و عملی پیگیری و توضیح دهد، لذا در این کتاب «لیتوگرافی، مقدمه ای بر روش نانو لیتوگرافی، معرفی لیتوگرافی، تقسیم بندی روش های لیتوگرافی، لیتوگرافی باریکه الکترونی، انواع لیتوگرافی باریکه الکترونی، کاربرد و محدودیت آن، لیتوگرافی میکروسکوپ پروب روبشی، نانولیتوگرافی بر مبنای STM، نانولیتوگرافی بر مبنای A_{TM}، معرفی آلیاژسازی مکانیکی به عنوان روشی موثر برای فرآوری نانو مواد، تاریخچه فرآیند آلیاژسازی مکانیکی، زمینه های کاربردی فرآیند آلیاژسازی مکانیکی، مقدمه ای بر آسیاب ام مکانیکی، آسیاب گلوله ای- ارتعاشی، آسیاب های ساینده، آسیاب افقی غلطان، آسیاب سیاره ای، تم به نانو مواد با روش سل - ژل، روش سل ژل و محصولات آن، انتخاب کاتالیزور، اصول و معیارهای انتخاب با روش ترسیب شیمیایی، واکنش های شیمیایی در سنتزهای نانو، کنترل عمده اندازه ذرات، سنتز نانوذرات فلزی از محلول آبی، سنتز اکسیدها از محلول آبی، سنتز کربناید های فلزی، سنتز نانوذرات فلزی و اکسیدها از محلول های غیرآبی، تولید نانوذرات با فرآیندهای تخریب حرارتی، فرآیندهای سنتز رسوبی دستیاری شده با تابش ریزموج، فرآیندهای سنتز رسوبی دستیاری شده با تابش فراصوت، سنتز نانوذرات با روش ها تخریب حرارتی، روش های میکروامولسیون و مایسل معکوس، سنتز نانوذرات در نانوراکتورهای مایسلی، دیگر عملی سنتز در میکروامولسیون، معرفی روش های سونوشیمیایی (فراصوت) برای سنتز نانو مواد، دستگاه های فراصوت، برخی کاربردهای امواج فراصوت، سنتز نانو مواد با استفاده از روش های سونوشیمیایی، معرفی روش مایکرو ویو و کاربرد آن در سنتز نانو مواد، شیمی مایکروویو، تئوری ساده شده گرمایش در اثر امواج مایکروویو، خصوصیات گرمایش با مایکروویو، روشهای حرارتی (تفجوشی)، تولید قطعه نانو ساختار از ماده اولیه پودری، فاکتورهای مؤثر در تفجوشی فاز جامد، نیروی محرکه تفجوشی، چگالش در دمای بالا و با اعمال فشار، مکانیزم ها و مراحل تفجوشی، مکانیزم های تفجوشی، مراحل تفجوشی و بزرگ شدن حفرات، رسوبدهی از فاز گاز، رسوب دهی شیمیایی بخار به کمک پلاسما،

راکتورهای مورد استفاده در رسوبدهی شیمیایی فاز بخار به کمک پلاسما، روش تغییر شکل شدید پلاستیک برای تولید مواد نانوساختار، تغییر شکل شدید نانو کامپوزیت های زمینه فلزی» بحث و بررسی شده است.

تمامی حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به ستاد نانوفناوری می باشد.

پروفسور دکتر عظیم اکبرزاده

استاد انستیتو پاستور ایران

www.ketab.ir