

سنتز، مشخصه‌یابی و کاربرد نانومواد پرانرژی

ولادیمیر بی. زارکو
الکساندر ان. گومه

ترجمه:

اسماعیل ایومن

سرشناسه:	زارکو، ولادیمیر ایگوروویچ - Zarko, Vladimir Egorovich
عنوان و نام پدیدآور:	سنتر، مشخصه‌یابی و کاربرد نانومواد پیرانرژی / ولادیمیر ای. زارکو، الکساندر ای. گرومو؛ ترجمه اسماعیل ایومن.
مشخصات نشر:	تهران: دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ۱۳۹۷
مشخصات ظاهری:	ص، ۶۲۳ ص: مصور، (بعضی رنگی)، نمودار (بعضی رنگی)؛ جدول.
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۷۷۳۶-۵۴-۸
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیا.
یادداشت:	واژه‌نامه.
یادداشت:	کتابنامه.
یادداشت:	عنوان اصلی: Energetic nanomaterials: Synthesis, characterization, and application, 2016
موضوع:	مواد نانوساختار.
شناسه افزوده:	گرومو، الکساندر، ۱۹۷۵-.
شناسه اف:	ایومن، اسماعیل، ۱۳۶۶- مترجم
شناسه افزوده:	دانشگاه صنعتی مالک اشتر.
رده‌بندی کنگره:	TA ۴۱۸/۹/۲۰۹ ۱۳۰۲
رده‌بندی دیویی:	۶۷۰/۵
کتابشناسی ملی:	۴۸۹۲



ازمان ستایع دفااع
تابع شهداای مهام یارچین



واژه‌نامه صنعتی مالک اشتر

عنوان کتاب:	سنتر، مشخصه‌یابی و کاربرد نانومواد پیرانرژی
ترجمه:	اسماعیل ایومن
ناشر:	انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر
طرح روی جلد:	فریناز عسگری
لیتوگرافی، چاپ و صحافی:	دانشگاه صنعتی مالک اشتر
صفحه‌آرایی رایانه‌ای:	مهدی ملایی
ویراستار ادبی:	غرا جاویدی
شمارگان:	جلد ۱۰۰۰
نوبت چاپ:	رن، بهار ۹۷
قیمت:	ریال ۴۳۰۰۰۰

ISBN: 978-600-7736-54-8

کلیه حقوق چاپ برای ناشر محفوظ است.

نقل مطالب فقط با ذکر مشخصات کامل کتاب و با اشاره به نام ناشر مجاز است.
آدرس: تهران، لویزان، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، معاونت پژوهشی و فناوری، مدیریت دانش،
انتشارات. تلفن: ۲۲۹۳۲۸۹۱

فهرست مطالب

پیشگفتار مولفان.....	۱
پیشگفتار مترجم.....	خ
کلمه‌های اختصاری.....	ز
فصل اول: نانومواد پرانرژی: عصر نوین در احتراق و پیشرانش.....	۳
۱. مقدمه.....	۳
۲. ۱-۱. اوراق نودرات AI.....	۸
۲-۱. انتقال گرما از نانوذرات.....	۸
۲-۲. اثر لایه اکسیدی.....	۹
۲-۳. اثر نانوذرات بر سرعت سوختن و عملکرد پیشراندهای جامد.....	۱۰
۲-۴. اثر تفجوشی ذرات نانومقیاس شده.....	۱۳
۳. احتراق ترکیبات نانوترمیتی.....	۱۳
۳-۱. روش‌های تهیه MICها.....	۱۵
۳-۲. درک سازوکارهای واکنش‌پذیری MICها.....	۱۷
۴. احتراق نانومواد منفجره.....	۱۹
۴-۱. نانولوله‌های حاوی مواد منفجره.....	۱۹
۴-۲. ترکیبات سیلیکون متخلخل اشباع‌شده.....	۲۲
۵. روش‌های آزمایشگاهی برای مشخصه‌یابی عملکرد ترکیبات نانومواد پرانرژی.....	۲۵
۶. نتیجه‌گیری.....	۲۷
۷. مراجع.....	۳۲
فصل دوم: واکنش‌دهی سریع نانوترکیب پرانرژی: مشخصه‌یابی ...	۴۱
۱. مقدمه.....	۴۱
۲. اثر سوخت و اکسیدکننده اولیه بر احتراق.....	۵۳
۲-۱. مواد و تهیه نمونه.....	۵۵

۵۷	۲-۲. آزمایش‌های پخش شعله.....
۵۹	۲-۳. نتایج.....
۶۲	۳. تنظیم عملکرد احتراق نانوترکیبات پرانرژی از طریق عامل‌دار شدن ...
۶۳	۳-۱. سنتز مواد.....
۶۵	۳-۲. آزمایش‌های پخش شعله.....
۶۵	۳-۳. آزمایش‌های تعادل گرمایی.....
۶۶	۳-۴. نرخ سرعت‌های شعله.....
۷۵	۴. نتایج.....
۷۷	۵. مراجع.....
۸۵	فصل سوم: نانوفزات سنتز و کاربرد آن در ترکیبات پرانرژی.....
۸۵	۱. مقدمه.....
۸۷	۲. نانوفلزات در ترکیبات پرانرژی.....
۸۸	۲-۱. تولید، اثرناپذیرسازی و خواص نانوفلزات.....
۹۱	۲-۱-۱. مشخصه‌یابی گرمایی نانوذرات آلومینیوم.....
۹۳	۲-۱-۲. اثر نانوفلزات بر تجزیه مواد پرانرژی.....
۹۴	۲-۱-۲-۱. ترکیب nMe/HMX.....
۹۴	۲-۱-۲-۲. ترکیب nMe/AP.....
۹۵	۲-۱-۲-۳. ترکیب nMe/AN.....
۹۶	۳. اشتعال ترکیبات پرانرژی حاوی نانوذرات آلومینیوم.....
۹۷	۳-۱. اشتعال با شار گرمایی تشعشعی.....
۱۰۰	۳-۲. اشتعال با شار گرمایی جابه‌جایی.....
۱۰۲	۴. احتراق ذرات نانوالومینیوم در پیش‌رانه‌های جامد.....
۱۰۴	۵. ذرات نانوالومینیوم استفاده‌شده در ترمیت‌ها.....
۱۰۵	۶. ذرات نانوالومینیوم در مواد منفجره.....
۱۰۵	۷. نتیجه‌گیری.....
۱۰۶	۸. مراجع.....

فصل چهارم: سازوکارها و میکرو فیزیک‌های مسیرهای آزادسازی ...	۱۱۳
۱. مقدمه.....	۱۱۳
۲. انتقال گرما.....	۱۱۸
۳. واکنش‌های فیزیکی پوسته اکسیدی.....	۱۲۵
۴. سازوکارهای واکنش.....	۱۳۲
۱-۴. واکنش ناهمگن گاز- چگالش شده.....	۱۳۲
۲-۴. واکنش سطح مشترک فاز چگالش شده و کاهش نانوساختار.....	۱۳۸
۳-۴. سازوکار ذوب پراکندگی.....	۱۵۱
۵. نتیجه‌گیری و رویکردهای آینده.....	۱۵۳
۶. مراجع.....	۱۵۶
فصل پنجم: کاربردهای نانوکاتالیست‌ها در پیشراندهای جامد راکتی.....	۱۶۷
۱. مقدمه.....	۱۶۷
۲. اثر نانوکاتالیست‌ها بر تجزیه گرمایی کرب آمونیوم پرکلرات ...	۱۶۸
۱-۲. مشخصات تجزیه گرمایی کرب آمونیوم پرکلرات.....	۱۶۸
۳. اثر نانوذرات فلزی بر تجزیه گرمایی کرب آمونیوم پرکلرات.....	۱۷۰
۱-۳. عملکرد ویژه نانوذرات فلزی.....	۱۷۰
۲-۳. تهیه کامپوزیت‌های نانوذرات/ترکیب P.....	۱۷۱
۳-۳. اثر نانوذرات فلز Ni.....	۱۷۲
۱-۳-۳. مقایسه اثرات نانوذرات Ni و میکرو ذرات Ni بر تجزیه.....	۱۷۲
۲-۳-۳. اثر مقدار نانوذرات Ni.....	۱۷۵
۴-۳. اثر نانوذرات Cu.....	۱۷۶
۱-۴-۳. مقایسه اثرات نانوذرات Cu و میکرو ذرات Cu بر تجزیه.....	۱۷۶
۲-۴-۳. اثر مقدار نانوذرات Cu.....	۱۷۸
۵-۳. اثر نانوذرات Al.....	۱۷۹
۱-۵-۳. مقایسه اثرات نانوذرات و میکرو ذرات آلومینیوم بر تجزیه.....	۱۸۰
۲-۵-۳. اثر مقدار نانوذرات Al.....	۱۸۱

۴. اثر نانوذرات اکسید فلزی بر تجزیه گرمایی ترکیب AP..... ۱۸۲
- ۱-۴. اثر نانوذرات Fe_2O_3 ۱۸۳
- ۲-۴. اثر نانوذرات CuO ۱۸۴
- ۳-۴. اثر نانوذرات Co_2O_3 ۱۸۴
۵. اثر نانوذرات ذخیره ساز- هیدروژن بر تجزیه گرمایی ترکیب AP..... ۱۸۵
- ۱-۵. اثر نانوذرات LiH ۱۸۶
- ۲-۵. اثر نانوذرات MgH_2 ۱۸۷
- ۳-۵. اثر نانوذرات Mg_2NiH_4 ۱۸۸
- ۴-۵. اثر نانوذرات Mg_2CuH ۱۸۸
۶. اثر نانوکاتالیست‌ها بر تجزیه گرمایی پیشران AP/HTPB..... ۱۸۹
- ۱-۶. مشخصات تجزیه گرمایی پیشران AP/HTPB..... ۱۸۹
۷. اثر نانوذرات فلزی بر تجزیه گرمایی پیشران HTPB/AP..... ۱۹۱
- ۱-۷. اثر نانوذرات Ni ۱۹۱
- ۲-۷. اثر نانوذرات Cu ۱۹۲
- ۳-۷. اثر نانوذرات Al ۱۹۴
۸. اثر نانوذرات ذخیره ساز- هیدروژن بر تجزیه گرمایی پیشران AP/HTPB..... ۱۹۵
- ۱-۸. اثر نانوذرات LiH ۱۹۵
- ۲-۸. اثر نانوذرات MgH_2 ۱۹۷
- ۳-۸. اثر نانوذرات Mg_2NiH_4 ۱۹۸
- ۴-۸. اثر نانوذرات Mg_2CuH_3 ۱۹۹
۹. اثر نانوکریستال‌ها بر عملکرد احتراق پیشران HTPB/AP..... ۲۰۰
- ۱-۹. اثر نانوذرات Ni ۲۰۰
- ۲-۹. اثر نانوذرات Cu ۲۰۱
- ۳-۹. اثر نانوذرات Al ۲۰۲
- ۴-۹. اثر نانوذرات Fe_2O_3 ۲۰۲
۱۰. نتایج..... ۲۰۳

۱۱. مراجع.....	۲۰۵
فصل ششم: نانوپوشش دهی به منظور فعال سازی فلزات پیرانرژی.....	۲۰۹
۱. مقدمه.....	۲۰۹
۲. ذرات آلومینیوم پوشش داده شده با نیکل.....	۲۱۰
۳. آزمایش های واکاوی گرمایی.....	۲۱۴
۴. آزمایش های اشتعال.....	۲۱۷
۵. ذرات آلومینیوم پوشش داده شده با لایه آهنی.....	۲۲۷
۶. نتایج.....	۲۳۰
۷. مراجع.....	۲۳۱
فصل هفتم: مواد پیرانرژی نانوساختار شده و تراشه های پیرانرژی.....	۲۳۵
۱. مقدمه.....	۲۳۵
۲. مواد 1D NSEMs و تراشه های پیرانرژی.....	۲۳۶
۱-۲. نانولوله های کربنی.....	۲۳۶
۲-۲. نانوسیم های Al/CuO.....	۲۴۰
۳-۲. نانومیل های Al/Ni.....	۲۴۲
۴-۲. نانوسیم های Al/Co ₃ O ₄	۲۴۵
۳. NSEM ها دوبعدی و تراشه های پیرانرژی.....	۲۴۸
۱-۳. فیلم چندلایه Al/Ti.....	۲۴۹
۲-۳. فیلم چندلایه Al/Ni.....	۲۵۱
۳-۳. فیلم چندلایه Al/CuO.....	۲۵۴
۴. مواد NSEM سه بعدی و تراشه های پیرانرژی.....	۲۵۸
۱-۴. مس متخلخل پیرانرژی.....	۲۵۸
۲-۴. سیلیکون متخلخل پیرانرژی.....	۲۶۰
۳-۴. نانومواد پیرانرژی سه بعدی Fe ₂ O ₃	۲۶۲
۵. نتایج.....	۲۶۴
۶. مراجع.....	۲۶۶

فصل هشتم: عملکرد احتراقی نانوترکیبات مواد پرانرژی ۲۷۱

۱. مقدمه ۲۷۱
۲. ترکیب مواد انرژی-چگالی-بالا نانوساختار شده ۲۷۲
۳. نانوترمیت‌ها ۲۸۷
- ۳-۱. ترکیبات نانوترمیتی: انواع و روش‌های آماده‌سازی ۲۸۸
- ۳-۲. مشخصات احتراق ۲۹۳
- ۳-۳. سنسور کار و اکشن ۳۰۱
۴. نتیجه گیری ۳۰۹
۵. مراجع ۳۲۱

فصل نهم: کاتالیزهای گرمایی تجزیه و احتراق ترکیب HMX: روش ۳۲۱

۱. مقدمه ۳۲۱
۲. بخش تجربی ۳۲۷
- ۲-۱. مواد ۳۲۷
- ۲-۲. روش‌ها ۳۳۰
- ۲-۲-۱. تعیین گروه‌های هیدروکسیل متراکم روی سطح اکسیدهای فلزی ۳۳۱
- ۲-۲-۲. ارزیابی عملکرد کاتالیزوری برای تجزیه گرمایی ترکیب ۳۳۴
- ۲-۲-۳. اندازه‌گیری سرعت سوختن ۳۳۴
۳. نتایج و بحث ۳۳۶
- ۳-۱. مشخصات نانواکسیدها ۳۳۶
- ۳-۲. اثر اکسیدهای نانو مقیاس شده بر تجزیه و ترکیب HMX ۳۴۰
- ۳-۲-۱. نتایج وزن‌سنجی گرمایی ۳۴۰
- ۳-۲-۲. گازهای خارج‌شده طی تجزیه ۳۴۲
- ۳-۲-۳. گرمای مؤثر تجزیه با افزودنی‌ها ۳۴۴
- ۳-۳. اثر نانواکسیدها بر احتراق ترکیب HMX ۳۴۶
- ۳-۳-۱. احتراق مونوپیش‌رانه ترکیب HMX ۳۴۶
- ۳-۳-۲. اثر کاتالیزوری نانوذرات TiO_2 بر احتراق ترکیب HMX ۳۴۷

۳-۳-۳. پارامترهای سینتیکی تجزیه گرمایی ترکیب HMX با ذرات TiO_2 ...	۳۴۹
۴-۳. بررسی عوامل مهم مؤثر نانو اکسید بر تجزیه گرمایی ترکیب HMX.....	۳۵۳
۵-۳. آیا استحکام گروه‌های OH متصل شده به سطح، اثر کاتالیزوری را ...	۳۵۵
۶-۳. تغییر اسیدیته سطح.....	۳۵۷
۴. جزئیات مدل شیمی فیزیکی اثر کاتالیزوری نانو ذرات TiO_2 بر ...	۳۵۹
۱-۴. معرفی نقص شیمی دی اکسید تیتانیوم.....	۳۵۹
۱-۴-۱. نقوص نقطه‌ای درونی در ذرات TiO_2	۳۶۱
۱-۴-۱. نقوص نقطه‌ای درونی در ذرات TiO_2	۳۶۲
۱-۴-۱. بار فضایی یونی.....	۳۶۷
۲-۴. مدل شیمی فیزیکی اثر نانو اکسیدها بر تجزیه گرمایی و ...	۳۷۰
۵. نتیجه‌گیری.....	۳۷۲
۶. مراجع.....	۳۷۴
فصل دهم: تهیه، مشخصه‌یابی و عملکرد کاتالیزوری ...	۳۸۳
۱. مقدمه.....	۳۸۳
۲. تهیه و مشخصه‌یابی.....	۳۸۵
۱-۲. پیش عملیات مواد CNT.....	۳۸۶
۲-۲. مواد CNT حاوی فلز.....	۳۹۱
۱-۲-۲. ترکیب $Pb/CNTs$	۳۹۲
۲-۲-۲. ترکیب $Pb/CNTs$	۳۹۴
۳-۲-۲. ترکیب $NiPb/CNTs$	۳۹۸
۴-۲-۲. ترکیب $Ag/CNTs$	۴۰۱
۳-۲. مواد CNT حاوی اکسیدهای فلزی.....	۴۰۴
۱-۳-۲. ترکیب $CuO/CNTs$	۴۰۴
۲-۳-۲. ترکیب $PbO/CNTs$	۴۰۸
۳-۳-۲. ترکیب $Bi_2O_3/CNTs$	۴۱۱
۴-۳-۲. ترکیب $MnO_2/CNTs$	۴۱۵

- ۴-۲. کامپوزیت مواد CNTنگهدارنده ذرات اکسید فلزی..... ۴۱۹
- ۴-۲-۱. ترکیب CuO.PbO/CNTs ۴۱۹
- ۴-۲-۲. ترکیب $\text{Cu}_2\text{O.Bi}_2\text{O}_3/\text{CNTs}$ ۴۲۲
- ۴-۲-۳. ترکیب $\text{Bi}_2\text{O}_3.\text{SnO}_2/\text{CNTs}$ ۴۲۸
- ۴-۲-۴. ترکیب $\text{Cu}_2\text{O.SnO}_2/\text{CNTs}$ ۴۳۲
- ۴-۲-۵. ترکیب $\text{NiO.SnO}_2/\text{CNTs}$ ۴۳۶
- ۴-۲-۶. ترکیب $\text{CuO.SnO}_2/\text{CNTs}$ ۴۳۸
۳. عملکرد کاتالیستی، کاتالیست‌های نگه‌داشته شده توسط مواد CNT بر ... ۴۳۸
- ۳-۱. اثرات کاتالیستی بر واکنش تجزیه گرمایی نیتروسلولز جذب ... ۴۳۹
- ۳-۱-۱. اثرات مواد CNT، نانوذرات CuO و ترکیب CuO/CNTs بر ... ۴۳۹
- ۳-۱-۲. اثر دیدگاه‌های نگه‌داشته شده توسط مواد CNT بر ... ۴۴۲
- ۳-۱-۳. سینتیک واکنش تجزیه غیرهم‌دمایی مخلوط ترکیب ... ۴۴۳
- ۳-۲. اثرات کاتالیستی ترکیب Ag/CNTs بر واکنش تجزیه گرمایی هگزوژن ... ۴۴۴
- ۳-۳. اثرات کاتالیستی بر واکنش تجزیه گرمایی ترکیب آمونیوم پرکلرات ... ۴۴۶
- ۳-۴. اثرات کاتالیستی بر واکنش تجزیه گرمایی ترکیب N-گوانیل ... ۴۴۹
- ۳-۴-۱. اثرات مقدار ذرات CuO در ترکیب CuO/CNTs بر عملکرد ... ۴۴۹
- ۳-۴-۲. اثرات کاتالیستی ترکیب CuO/CNTs با اجزای مقادیر ... ۴۵۰
- ۳-۴-۳. سینتیک واکنش تجزیه غیرهم‌دمایی ... ۴۵۲
- ۳-۴-۴. واکاو سازوکار کاتالیستی ... ۴۵۶
۴. کاربرد کاتالیست‌ها در پیشرانده‌های جامد راکتی..... ۴۵۷
- ۴-۱. طراحی و تهیه ترکیبات..... ۴۵۷
- ۴-۲. اثر مواد CNT حاوی کاتالیست‌ها بر خواص احتراقی پیشرانده‌های DB..... ۴۵۹
- ۴-۳. اثر مواد CNT حاوی کاتالیست‌ها بر خواص احتراقی پیشرانده‌های ... ۴۶۱
۵. نتایج..... ۴۶۳
۶. مراجع..... ۴۶۴
- فصل یازدهم: تشکیل محصولات در مقیاس نانو طی احتراق ذرات فلزی... ۴۶۹

۴۶۹	۱. مقدمه.....
۴۶۹	۱-۱. ذرات آلومینیوم و اکسید آلومینا Al_2O_3
۴۷۳	۲-۱. تیتانیوم و اکسید تیتانیا TiO_2
۴۷۶	۲. روش‌های آزمایشگاهی برای نمونه‌برداری ذرات.....
۴۷۷	۱-۲. جریان عبوری از بمب برای نمونه‌برداری محصولات چگالیده ...
۴۸۰	۲-۲. پالایه پیتریانوف.....
۴۸۲	۳-۲. آنروسل ایمپکتور.....
۴۸۳	۴-۲. یف‌سج پراکنش آنروسل.....
۴۸۴	۵-۲. دستگاه نمونه‌بردار خلأی.....
۴۸۷	۶-۲. ته‌نیز کنند. تیوفورتیک.....
۴۸۸	۳. روش‌های اصلی آنالیز.....
۴۸۸	۱-۳. تهیه ذرات مرده‌پراکنده انباشته.....
۴۹۰	۲-۳. محفظه با نازل برای شتاب ذرات.....
۴۹۲	۳-۳. میکروسکوپ تصویری در محفظه آنروسل نوری نوع میلیکان.....
۴۹۳	۴. مشخصات نانوذرات اکسیدی.....
۴۹۳	۱-۴. اکسید آلومینیوم Al_2O_3
۵۰۴	۲-۴. اکسید تیتانیوم TiO_2
۵۱۶	۵. نتایج و تحقیقات آینده.....
۵۱۸	۶. مراجع.....
۵۲۹	فصل دوازدهم: ذرات نانومقیاس کپسوله شده و افزودن آن‌ها.....
۵۲۹	۱. کاتالیزهای نانومقیاس کپسوله شده.....
۵۳۷	۲. سوخت‌های فلزی و آلیاژی مهندسی شده.....
۵۴۰	۳. ترکیبات ذرات نانومقیاس آلومینیوم.....
۵۴۲	۴. ذرات آلومینیوم میکرومتری با اجزاء ریز.....
۵۴۸	۵. میکروانفجار ذرات سوخت آلیاژی.....
۵۵۳	۶. نتایج.....

۵۵۵	۷. مراجع.....
۵۶۱	فصل سیزدهم: مشخصه‌یابی آلومینیوم نانومقیاس شده ...
۵۶۴	۱. مقدمه.....
۵۷۲	۲. پودرهای آلومینیوم آزمایش شده: تولید، غیرفعالسازی و پوشش‌دهی.....
۵۷۵	۳. شکل، ساختار و مقدار فلز پودرهای آلومینیوم نانومقیاس شده.....
۵۸۰	۴. پودر واکنش‌پذیر Al نانومقیاس شده.....
۵۸۰	۴-۱. سیداسیون غیرهم‌دمایی: سرعت گرمادهی پایین.....
۵۸۴	۴-۱. سیداسیون غیرهم‌دمایی: سرعت گرمادهی بالا.....
۵۸۷	۵. رئولوژی پودر آلومینیوم نانومقیاس شده بارگذاری شده در ...
۵۸۸	۵-۱. عملکرد نه‌ای ریزیک: مغاب سوخت جامد پخت نشده.....
۵۹۱	۵-۲. عملکرد رئولوژیکی نوع‌های پیش‌رانه جامد پخت نشده.....
۵۹۹	۶. نتیجه‌گیری و توسعه در آینده.....
۶۰۲	۷. مراجع.....
۶۱۱	واژه‌شناسی.....

پیشگفتار مولفان

این کتاب از نگرشی جدیدی از نتایج بررسی تحولات در زمینه نانومواد پراثری است. عبارت نانومواد پراثری در اینجا برای مشخصه‌یابی مواد پراثری، ترکیبات پراثری حاوی یا متشکل از نانوکامپوزیت‌ها، استفاده شده است. این موضوع نسبتاً جدید است، اما این موضوع زمینه تحقیقات بسیار امیدبخشی است و انتظار می‌رود که نتایج حاصل از آن بتوانند به پیشرفت‌هایی در توسعه مواد منفجره، پیرانه‌ها و میکروقطعات پراثری پیشرفته منجر شوند. از مزایای متداول نانومواد پراثری واکنش پذیری بالا و قابلیت تغییرات بسیار سریع واکنش آن‌هاست.

از همان ابتدا، اغلب نانومواد پراثری توسعه داده شده بر پایه نانوفلرات بودند. این مواد اکنون با روش‌های مختلفی در چندین کشور تولید می‌شوند و تولید آن‌ها به یک بلوغ نسبی رسیده است. یک مسیر تحقیقاتی دیگر، بررسی نانوکامپوزیت‌ها است، در حالی که این نانومواد کاربردهای بسیاری را به عنوان کاتالیست، در پیرانه‌های جامد و همچنین ترکیبات پیروتکنیکی دارا می‌باشند. این ترکیبات ممکن است سرعت‌های پیشرفت احتراق بسیار شدیدی را شامل چندین km/s از خود نشان دهند. نانوترکیبات پراثری همچنین می‌توانند کاربردهای گسترده‌ای را در موتورهای راکتی کوچک و در انواع مختلف میکروتراش‌ها داشته باشند.

بدیهی است که پیشرفت مؤثر در مورد خواص منحصربه‌فرد نانومواد پراثری فقط می‌تواند بر اساس بررسی سازوکار اصلی واکنش جامدها در سطح اتمی صورت خواهد

گرفت. محقق برای به‌دست آوردن چنین دانشی، به بررسی سازوکارها و استفاده از روش‌های پیشرفته و پیچیده نیاز خواهد داشت. در بسیاری از کشورها تحقیقات زیادی در این خصوص در حال انجام است.

در این کتاب خلاصه دستاوردهای اخیر (نزدیک به از سال ۲۰۰۵ میلادی) از گروه‌های علمی پیشتاز فعال در زمینه نانومواد پیرانتری از کشورهای چین، آلمان، رژیم صهیونیستی، ایتالیا، روسیه و ایالات متحده آمریکا ارائه شده است.

فصل ۱: بایستی جامعی از دستاوردهای نوین در زمینه سنتز و کاربرد نانومواد - با تأکید بر این که در ناه شیمی روش پائین به بالا در ساختار ماده در مقیاس‌های مختلف فضایی ایجاد شد، است. ارائه می‌دهد. این روش ممکن است ابزارهای مؤثری را برای درک سازوکار حاکم، خواص نانومواد پیرانتری - درحالی که اجازه ایجاد مواد پیرانتری نوین با خواص شیمیایی و فیزیکی به‌خوبی طراحی شده را می‌دهند - فراهم نماید.

فصل ۲: بر توسعه درکی بهتر از اساس دینامیک واکنش همراه با واسطه به‌صورت ذره‌ای، متمرکز شده است. راهبردهای طراحی برای سوخت ذرات آلومینیومی با واکنش‌پذیری بیشتر و واکنش سریع‌تر ترکیبات ارائه شده‌اند. به‌علاوه برای سنتز، چندین روش مشخصه‌یابی احتراقی برای عملکرد احتراق کربن برسی شده‌اند.

فصل ۳: به بررسی نانوفلزات (اغلب تولیدشده با روش ایجاد الکتریکی سیم‌ها) در ترکیبات مواد پیرانتری مختلف با تمرکز بر کارایی احتراق نانوفلزات پرداخته است. واکنش شیمیایی ترکیبات حاوی نانوالومینیوم، بهبود مشخصات سوختی در عملکرد اشتعال و سرعت سوختن پیش‌رانه‌ها، مواد منفجره و ترمیت‌ها را نشان می‌دهد.

در فصل ۴: نویسندگان نمای کلی از سه بخش اصلی احتراق مواد پیرانتری بر پایه نانوذرات آلومینیوم را ارائه کرده‌اند: سازوکار انتقال گرما، اثر پوسته اکسیدی و مسیر واکنش. همچنین به بسیاری از چالش‌های آزمایشگاهی که درک سازوکار واکنش را محدود می‌کنند مورد توجه قرار داده‌اند و برای فعالیت‌های تحقیقاتی آینده توصیه‌هایی کرده‌اند.

فصل ۵: نانو کاتالیست‌ها شامل؛ نانوذرات فلزی (Al, Cu, Ni)، نانوذرات اکسید فلزی (Mg_2CuH_3 , Mg_2NiH_2 , MgH_2 , LiH) و نانوذرات هیدریدها (Co_2O_3 , CuO , Fe_2O_3) را مورد بحث قرار داده است. اثر کاتالیزوری نانو کاتالیست‌ها بر تجزیه گرمایی ترکیبات AP و AP/HTPB، همچنین بر عملکرد احتراق پیش‌رانه AP/HTPB به‌طور مفصل بررسی شده است.

در فصل ۶؛ مشخصات پوشش‌دهی ذرات آلومینیوم با لایه‌های نانومتری از نیکل و آهن بررسی شده‌اند. ذرات پوشش داده‌شده در دمای بسیار پایین‌تری مشتعل می‌شوند و زمان‌های اذغال کوتاه‌تری را نسبت به ذرات پوشش داده نشده به علت گرمایی واکنش بین سزی بین آلومینیوم و پوشش فلزی و دلیل تشکیل یک لایه خوش‌گداز مذاب را نشان می‌دهند. ذرات آلومینیوم پوشش داده‌شده انباشتگی‌هایی با اندازه کوچک‌تر نسبت به آلومینوم منظم بدون پوشش در احتراق پیش‌رانه‌های جامد حاوی فلز تولید می‌کنند.

در فصل ۷، پیشرفت تحقیقات در مورد ساز، مشخصه‌یابی و عملکرد تراشه پرانرژی برای مواد پرانرژی چندبعدی نانو ساختار شده شامل؛ مواد نانولوله‌های کربنی/ KNO_3 ، نانوسیم‌های CuO ، نانومیل‌های Al/Ni ، نانوسیم‌های $\text{Al/Cu}_2\text{O}$ ، فیلم چندلایه Al/Ti و ترکیب متخلخل مس $3\text{D Fe}_2\text{O}_3$ ، NaClO_4 گزارش شده است.

در فصل ۸ مشخصات ذرات کامپوزیتی کم‌گاز فلزی- فلزی و فلزی- فلزی- فلزی نانو ساختار تولید شده با روش آسیاب کاری انرژی بالا و مخلوط‌های اکسیدی ترمیت- مانند فلزی- فلزی نانوپودرها مورد بحث قرار گرفته‌اند. این ترکیبات واکنش دماهای اشتعال به شدت پایین را نشان می‌دهند؛ همچنین سرعت‌های پیشرفت واکنش بسیار بالای آن‌ها می‌توانند به مقدار بالای 10^4 m/s برسد.

در فصل ۹؛ اثر کاتالیزوری نانو- اکسیدهای Al ، Ti و Fe بر تجزیه گرمایی و احتراق ترکیب HMX بحث شده است. نقایص نقطه‌ای در مواد کاتالیستی در سازوکار

سطح مشترک کاتالیست در نظر گرفته شده و نشان داده شد که حضور گروه‌های اسیدی و بازی روی سطح، بارهای فضایی را تحت تأثیر قرار می‌دهند؛ در نتیجه این پدیده، کارایی کاتالیزوری نانو-اکسیدها بیان شده است.

در فصل ۱۰؛ نتایجی در مورد خواص نانولوله‌های کربنی (CNTها) نگه‌دارنده کاتالیست‌های فلزی (Ni, Pd, Ag, Pb) یا اکسید فلزی (NiO , Bi_2O_3 , CuO , PbO) و اثر آن‌ها بر تجزیه گرمایی، سرعت سوختن پیش‌رانه‌های یک‌پایه، دوپایه و کامپوزیت‌های دوپایه اصلاح شده گزارش شده است. اثر هم‌راستای مواد CNTها، نانوذرات اکسید فلزی بر عملکرد تجزیه و احتراق مواد پرانرژی باعث افزایش قابل توجه عملکرد احتراق این ترکیبات می‌شود که در نتیجه این پدیده، آن‌ها گزینه‌های مناسبی برای کاربرد در پیش‌رانه‌های جامد می‌شوند.

در فصل ۱۱؛ مشخصات نانوذرات اکسیدی تشکیل‌شده در احتراق میکروذرات آلومینیوم و تیتانیوم مورد بحث قرار گرفته است. با وجود تفاوت‌ها در سازوکار احتراق ذرات آلومینیوم و تیتانیوم، نانوذرات اکسیدی آن‌ها تقریباً ابعاد یکسانی دارند و شکل و خواص بار الکتریکی مشابهی را نشان می‌دهند. بار الکتریکی نانوذرات فلزی به علت انتشار الکترون به دلیل گرما نقش مهمی در تشکیل ذرات اکسیدی دارد. در این فصل تکامل ذرات آئروسول اکسیدی شرح داده شده است و برخی از شکلات در بررسی سازوکار رشد نانوذرات فرموله شده، حل نشده‌اند.

در فصل ۱۲؛ تلاش‌های اخیر برای ترکیب کردن مزایای مواد نانومقیاس برای پیش‌رانه‌ها، بدون ایجاد مشکلات به علت فرایند زینتر کردن (تفجوشی) نانوذرات و افزایش گرانی دوغاب پیش‌رانه، خلاصه شده‌اند. یکی از روش‌های مؤثر کپسوله کردن مواد نانومقیاس در ذرات بلوری است که این روش برای کاتالیست‌های نانومقیاس عملکرد بهبود داده‌شده را طی اختلاط فیزیکی نشان می‌دهد. روش دیگر کپسوله کردن اجزاء مواد در فلزاتی مانند آلومینیوم است که این روش ممکن است اشتعال ذرات فلزی

و تشکیل محصولات احتراق با اندازه کوچک‌تر را نسبت به تکه ذرات هنگام گرما دادن، تسهیل نماید.

در فصل ۱۳؛ فنون و روش‌های پیشرفته برای پیش مشخصه‌یابی نانوذرات AI استفاده شده در ترکیبات پرانرژی متراکم شده، شرح داده شده است. خواص مختلف پودرهای متنوع (غیرفعال‌سازی شده با هوا یا ترکیبات آلی و پوشش داده شده با هیدروکربن‌ها و فلونئورو هیدروکربن‌ها) بررسی شده‌اند. نتایج ارائه شده بعضی از مفاهیم در مورد رابطه بین شکل/ساختار افزودنی‌های نانومقیاس شده، واکنش اکسایشی و عملکرد انرژی‌کی پیشراانه/سوخت را فراهم می‌نمایند.

هر فصل با ذکر بر اساس روش به کار برده شده به وسیله آرشيو انتشارات ویرایش شده؛ بنابراین، این کتاب می‌تواند به عنوان منبع تکمیلی برای دانشجویان، محققان و مهندسان مراکز تحقیقاتی، صنایع تجاری با تولید مواد منفجره و مشخصه‌یابی کاربردهای مواد پرانرژی در نظر گرفته شود.

دسته‌بندی مواد ارائه شده در فصل ۱۳ در جدول زیر ارائه شده است.

فصل													مواد یا فرایند
۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	نانو آلومینیوم
+	+		+				+	+	+	+	+	+	پیشراانه‌های حاوی آلومینیوم
+	+	+	+		+	+		+			+	+	نانو ترکیبات
				+						+		+	نانو مواد منفجره
					+	+	+	+	+	+	+	+	نانو ترمیت‌ها
+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	مشخصه‌یابی عملکرد
-	+	+	+		+	+	+				+	+	سنتر نانو مواد