

علم و مهندسی مواد پیشرفته هوشمند و نانوساختار

جلد ۲
مواد هوشمند

مؤلفان

پروفسور علی شکوه‌فر

مهندس فاطمه کیانی شاهوندی

مهندس میلاد سبزه‌پرور

سرشناسه	: شکوه‌فر، علی، ۱۳۳۳ -
عنوان و نام پدیدآور	: علم و مهندسی مواد پیشرفته هوشمند و نانوساختار جلد ۲: مواد هوشمند
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۳۹۴
مشخصات ظاهری	: ج. ۲: مصور، جدول، نمودار
شابک	: 978-600-6383-93-4
وضعیت فهرست نویسی	: فیپای مختصر
یادداشت	: این مدرک در آدرس http://opac.nlai.ir قابل دسترسی است.
یادداشت	: نمایه .
مندرجات	: ج. ۲. مواد هوشمند. - ج. ۱. مواد نانوساختار
شناسه خزانه	: سبزه پرور، میلاد، ۱۳۶۸ -
شناسه افزوده	: کیانی، فاطمه، ۱۳۶۹ -
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی. انتشارات
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۷۶۸۹۷۷۰

ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  <http://publication.kntu.ac.ir>

نام کتاب: علم و مهندسی مواد پیشرفته هوشمند و نانوساختار جلد ۲: مواد هوشمند
تألیف: دکتر علی شکوه فر عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی و علم مواد دانشگاه صنعتی
خواجه نصیر الدین طوسی، مهندس فاطمه کیانی شاهوندی، مهندس میلاد سبزه پرور

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ: اسفند ۱۳۹۴

تیراژ: ۵۰۰ جلد

قیمت: ۳۲۰۰۰ تومان

کد کتاب: ۳۷۹

ISBN: 978- 600-6383-93-4

شابک: ۹۷۸- ۶۰۰-۶۳۸۳-۹۳-۴

صحافی: گرنامی

آدرس و تلفن مرکز پخش و فروش: خیابان ولیعصر (عج)، بالاتر از میدان ونک، تقاطع
میرداماد، روبروی ساختمان اسکان (۰۲۱-۸۸۷۷۲۲۷۷)

(حق چاپ برای ناشر محفوظ است)

به نام خدا

فهرست مطالب

«جلد ۱: مواد نانوساختار»

فصل ۱ معرفی مواد پیشرفته	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- علم و مهندسی مواد	۳
۳-۱- دسته‌بندی مواد	۵
۱-۳-۱- فلزات	۵
۲-۳-۱- سرامیک‌ها	۹
۳-۳-۱- پلیمرها	۱۰
۴-۳-۱- مواد مرکب	۱۰
۴-۱- مواد پیشرفته	۱۳
۱-۴-۱- مواد نیمه‌رسانا	۱۴
۲-۴-۱- بیومواد	۱۸
۳-۴-۱- نانومواد: موادی برای آینده	۲۱
۴-۴-۱- نانوکامپوزیت‌ها	۲۷
۱-۴-۴-۱- نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری	۲۸
۲-۴-۴-۱- نانوکامپوزیت‌های زمینه فلزی	۳۷
۳-۴-۴-۱- نانوکامپوزیت‌های زمینه سرامیکی	۳۹
۵-۴-۱- فرامواد	۴۱
۶-۴-۱- مواد زیست‌الهام‌گرفته یا زیست‌تقلید شده	۴۳

۴۵	۷-۴-۱ مواد هوشمند: موادی برای آینده
۵۱	مسائل
۵۲	مراجع
۵۵	فصل ۲ مبانی مواد نانو ساختار
۵۶	۲-۱ مقدمه
۵۶	۲-۲ تعریف و دسته‌بندی نانومواد
۵۹	۲-۳ اثرات اندازه بر خصوصیات ماده
۶۰	۲-۳-۱- نسبت سطح به حجم
۶۴	۲-۳-۲ ابعاد جادویی
۶۸	۲-۳-۳ انحناء سطح
۷۴	۲-۳-۴ ذرات شبکه
۷۶	۲-۳-۵ نفوذ در نانوساختار
۷۷	۲-۳-۶ مقید شدن کس
۷۸	۲-۳-۷ اثرات گوانتوم
۸۱	۲-۴ نانوکاتالیزورها
۸۳	مسائل
۸۸	مراجع
۹۱	فصل ۳ خواص مواد نانو ساختار
۹۲	۳-۱ مقدمه
۹۲	۳-۲ خواص مکانیکی
۹۲	۳-۲-۱ نانوپراکنندگی‌ها
۱۰۰	۳-۲-۲ جامدات نانوکریستالی
۱۰۸	۳-۲-۳ نانولمینیت‌ها (نانوکامپوزیت‌های لایه‌ای)
۱۱۰	۳-۲-۴ مواد آمورف
۱۱۵	۳-۳ خواص حرارتی نانومواد
۱۱۵	۳-۳-۱ نقطه ذوب
۱۱۸	۳-۳-۲ انتقال حرارت
۱۲۲	۳-۴ خواص الکتریکی
۱۲۶	۳-۵ خواص مغناطیسی
۱۳۱	۳-۶ خواص نوری
۱۳۸	۳-۷ خواص صوتی
۱۳۹	۳-۸ خواص شیمیایی

۱۴۱.....	مسائل
۱۴۳.....	مراجع
۱۴۷.....	فصل ۴ سنتز مواد نانوساختار
۱۴۸.....	۴-۱- مقدمه
۱۴۸.....	۴-۲- روش‌های ساخت نانوذرات صفر بعدی
۱۴۹.....	۴-۲-۱- چگالش گاز خنثی
۱۵۰.....	۴-۲-۲- انبساط گاز خنثی
۱۵۱.....	۴-۲-۳- روش تخلیه الکتریکی
۱۵۴.....	۴-۲-۴- فرآیند صوتی-شیمیایی (سونوکمیکال)
۱۵۶.....	۴-۲-۵- رسوب‌دهی سل-ژل
۱۵۸.....	۴-۲-۶- آرای مولکولی
۱۶۰.....	۴-۳- روش‌های ساخت نانومواد یک‌بعدی و دو بعدی
۱۶۴.....	۴-۳-۱- رسوب‌دهی "تریکل"
۱۶۶.....	۴-۳-۲- رسوب یزیکم بخار
۱۶۸.....	۴-۳-۳- رسوب شینسای بخار
۱۷۰.....	۴-۴- روش‌های ساخت نانومواد سه بعدی
۱۷۳.....	۴-۴-۱- فرآیندهای بالا به پایین
۱۷۳.....	۴-۴-۱-۱- انجماد سریع
۱۷۷.....	۴-۴-۲- اکستروژن هم زاویه (فرآیند هم‌زاویه)
۱۷۸.....	۴-۴-۲- فرآیندهای میانی
۱۷۹.....	۴-۴-۲-۱- آسیاکاری و آلیاژسازی مکانیکی
۱۸۴.....	۴-۴-۲- میکروماشینکاری
۱۸۵.....	۴-۴-۳- فرآیندهای پایین به بالا
۱۸۵.....	۴-۴-۳-۱- منسجم‌سازی نانوخوشه‌ها و پودرهای آسیا شده
۱۸۸.....	مسائل
۱۹۰.....	مراجع
۱۹۵.....	فصل ۵ مشخصه‌یابی مواد نانوساختار
۱۹۶.....	۵-۱- مقدمه
۱۹۶.....	۵-۲- روش‌های تصویرسازی
۱۹۶.....	۵-۲-۱- میکروسکوپ نوری میدان نزدیک روبشی (SNOM)
۱۹۷.....	۵-۲-۲- میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)
۱۹۸.....	۵-۲-۲-۱- اندرکنش یا تاثیر متقابل پرتو الکترونی و مواد

۲۰۰	۵-۲-۲-۲- تولید و کنترل پرتو الکترونی
۲۰۲	۵-۲-۲-۳- آشکارسازی پرتوهای ساطع شده
۲۰۳	۵-۲-۳- میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)
۲۰۸	۵-۲-۴- میکروسکوپ الکترونی روبشی عبوری
۲۰۸	۵-۲-۵- میکروسکوپ یونی میدانی (FIM)
۲۱۰	۵-۲-۶- میکروسکوپ‌های پروبی روبشی (SPMs)
۲۱۲	۵-۲-۶-۱- تجهیزات
۲۱۳	۵-۲-۶-۱-۱- پروب و روبش گر
۲۱۵	۵-۲-۶-۲- سیستم کنترل و عایق لرزشی
۲۱۶	۵-۲-۶-۲- میکروسکوپ تونلی روبشی
۲۱۶	۵-۲-۶-۱- جریان تونلی
۲۲۰	۵-۲-۶-۲- انواع (پروب) و محیط‌های کاری
۲۲۰	۵-۲-۶-۳- حالت (مدهای) کاری
۲۲۳	۵-۲-۶-۳- میکروسکوپ انرژی امی
۲۲۵	۵-۲-۶-۱- نیروهای میدان نزدیک
۲۲۶	۵-۲-۶-۱-۱- نیروهای کوتاه برد
۲۲۶	۵-۲-۶-۱-۳- نیروهای واندروالس
۲۲۶	۵-۲-۶-۱-۳- نیروهای الکترواستاتیک
۲۲۷	۵-۲-۶-۱-۳- نیروهای کاپیلاری
۲۲۷	۵-۲-۶-۳- حسگرهای نیرو
۲۲۹	۵-۲-۶-۳- حالات (مدهای) کاری
۲۳۰	۵-۲-۶-۱-۳- حالت ارتفاع ثابت
۲۳۰	۵-۲-۶-۲-۳- حالت نیروی ثابت
۲۳۱	۵-۲-۶-۳-۳- حالت دینامیک
۲۳۲	۵-۳- روش‌های آنالیزی
۲۳۲	۵-۱-۳- طیف‌سنجی تفکیک انرژی (EDS)
۲۳۳	۵-۲-۳- طیف‌سنجی افت انرژی الکترون (EELS)
۲۳۵	۵-۳-۳- طیف‌سنجی مادون قرمز و رامان
۲۳۷	۵-۴- روش‌های پراشی
۲۴۱	مسائل
۲۴۲	مراجع
۲۴۳	فهرست راهنما

پیشگفتار	ق
فصل ۶ معرفی مواد هوشمند	۲۴۷
۱-۶- مقدمه	۲۴۸
۲-۶- تعریف مواد هوشمند	۲۴۹
۳-۶- دسته‌بندی مواد هوشمند	۲۵۰
مراجع	۲۶۵
فصل ۷ سیالات مگنتورئولوژیک	۲۶۹
۱-۷- مقدمه	۲۷۰
۲-۷- ترکیب شیمیایی سیال MR	۲۷۱
۱-۲-۷- ذرات مغناطیسی	۲۷۲
۲-۲-۷- مایع جامد	۲۷۴
۳-۲-۷- افزودنی	۲۷۵
۳-۷- اثر مگنتورئولوژیک	۲۷۵
مراجع	۲۸۱
فصل ۸ سیالات الکترورئولوژیک	۲۸۳
۱-۸- مقدمه	۲۸۴
۲-۸- اثر الکترورئولوژیک	۲۸۶
۳-۸- خواص دی‌الکتریک سیالات ER	۲۸۷
۴-۸- مکانیزم‌های اثر الکترورئولوژیک	۲۹۴
۱-۴-۸- مدل قطبش	۲۹۴
۲-۴-۸- مدل لایه‌های مضاعف الکتریکی و مدل پل‌زنی آب	۲۹۷
۳-۴-۸- مدل هدایت الکتریکی	۲۹۹
۵-۸- اجزاء سیالات ER	۳۰۰
۱-۵-۸- مایع عایق یا فاز پراکنده‌کننده	۳۰۰
۲-۵-۸- ذرات یا فاز پراکنده	۳۰۱
۱-۲-۵-۸- تأثیر کسر حجمی، اندازه و شکل ذرات روی اثر ER	۳۰۱
۲-۲-۵-۸- انواع مواد ER	۳۰۲
۱-۲-۲-۵-۸- مواد ER غیرذاتی یا خیس	۳۰۲
۲-۲-۲-۵-۸- مواد ER ذاتی یا خشک	۳۰۳

۳۰۳	۸-۵-۲-۲-۱- آلومینوسیلیکات ها
۳۰۵	۸-۵-۲-۲-۲- مواد کربن دار
۳۰۵	۸-۵-۲-۲-۳- اکسیدهای فلزی
۳۰۸	۸-۵-۲-۲-۴- مواد پلیمری نیمه رسانا
۳۰۹	۸-۵-۲-۲-۵- پلیمرهای با گروه های قطبی
۳۱۰	مراجع
۳۱۱	فصل ۹ فروسیال ها
۳۱۲	۹-۱- مقدمه
۳۱۵	۹-۲- دسته بندی فروسیال ها
۳۱۵	۹-۲-۱- دسته بندی فروسیال ها از لحاظ نحوه ی پایداری
۳۱۶	۹-۲-۱-۱- فروسیال های حاوی سورفکتانت
۳۱۷	۹-۲-۱-۲- فروسیال های پلی
۳۱۸	۹-۲-۲- دسته بندی فروسیال ها از لحاظ ترکیب شیمیایی
۳۱۸	۹-۲-۲-۱- فروسیال های حاوی مگنتیت
۳۱۸	۹-۲-۲-۲- فروسیال های حاوی ذرات فلزی
۳۱۹	۹-۲-۳- فروسیال های مناسب برای کاربردهای پزشکی
۳۲۰	۹-۳- سنتز فروسیال ها
۳۲۰	۹-۴- معیارهای پایداری
۳۲۵	۹-۵- خواص فروسیال ها
۳۲۵	۹-۵-۱- خواص مغناطیسی
۳۲۵	۹-۵-۱-۱- مغناطش تعادلی
۳۲۷	۹-۵-۱-۲- استراحت مغناطیسی
۳۳۰	۹-۵-۲- خواص ویسکوز در غیاب میدان
۳۳۱	۹-۵-۶- خواص ویسکوز وابسته به میدان فروسیال ها
۳۳۱	۹-۶-۱- اثر مگنتوویسکوز در فروسیال های رقیق
۳۳۴	۹-۶-۲- ویسکوزیته منفی
۳۳۶	۹-۶-۳- اثر مگنتوویسکوز در فروسیال های غلیظ
۳۳۸	۹-۶-۴- مدل های میکروسکوپی برای رفتار مگنتوویسکوز
۳۴۴	مراجع
۳۴۷	فصل ۱۰ کریستال های مایع
۳۴۸	۱۰-۱- مقدمه
۳۴۹	۱۰-۲- حالت کریستال مایع

۳۵۱.....	۱۰-۳- انواع کریستال‌های مایع
۳۵۱.....	۱۰-۳-۱- کریستال‌های مایع ترموتروپیک
۳۵۸.....	۱۰-۳-۲- کریستال‌های مایع لیوتروپیک
۳۶۲.....	۱۰-۴- خواص کریستال‌های مایع
۳۶۲.....	۱۰-۴-۱- همراستا شدن سطحی
۳۶۳.....	۱۰-۴-۲- انیزوتروپی دی‌الکتریک
۳۶۴.....	۱۰-۴-۳- انیزوتروپی نوری (انکسار مضاعف)
۳۶۶.....	۱۰-۵- صفحات نمایشگر کریستال مایع
۳۶۶.....	۱۰-۵-۱- دسته‌بندی نمایشگرهای کریستال مایع
۳۶۷.....	۱۰-۵-۲- اصول عملکردی نمایشگرهای کریستال مایع نماتیک پیچ‌خورده (TN-LCD)
۳۷۲.....	مراجع
۳۷۳.....	فصل ۱۱ اصول خود تمیز شونده
۳۷۴.....	۱۱-۱- مقدمه
۳۷۵.....	۱۱-۲- سطوح خود تمیز شونده و راحت تمیز شونده
۳۷۸.....	۱۱-۲-۱- خود تمیز شونده با لوتوس
۳۷۹.....	۱۱-۲-۲- خود تمیز شونده با سطوح بسیار هموار
۳۷۹.....	۱۱-۲-۳- خود تمیز شونده با اثر فتوکاتالیستی
۳۸۱.....	۱۱-۳- دی‌اکسید تیتانیم (TiO_2)
۳۸۱.....	۱۱-۳-۱- خاصیت فتوکاتالیستی
۳۸۲.....	۱۱-۳-۲- خاصیت فوق‌آبدوستی
۳۸۴.....	مراجع
۳۸۵.....	فصل ۱۲ نانوجسب‌های هوشمند زیست‌الهام گرفته
۳۸۶.....	۱۲-۱- مقدمه
۳۸۸.....	۱۲-۲- انواع چسبندگی و سیستم‌های چسبندگی برای جانوران
۳۹۰.....	۱۲-۳- مکانیزم چسبندگی صدف‌های دریایی و مارمولک‌های خانگی
۳۹۰.....	۱۲-۳-۱- مکانیزم چسبندگی صدف‌های دریایی
۳۹۱.....	۱۲-۳-۲- مکانیزم چسبندگی مارمولک‌های خانگی
۳۹۴.....	۱۲-۴- اساس نیروهای واندروالسی
۳۹۶.....	۱۲-۵- نوارچسب‌های هوشمند زیست‌تقلید
۳۹۶.....	۱۲-۵-۱- ملزومات ساختاری نوارچسب‌های زیست‌تقلید
۳۹۷.....	۱۲-۵-۲- مواد لازم برای نوارچسب‌های هوشمند زیست‌تقلید
۴۰۷.....	مراجع

فصل ۱۳ مواد هوشمند تغییر رنگ دهنده.....	۴۱۱
۱-۱۳- مقدمه.....	۴۱۲
۱۳-۲- مواد فتوکرومیک.....	۴۱۳
۱۳-۳- مواد ترموکرومیک.....	۴۱۵
۱۳-۴- مواد الکتروکرومیک و الکترواپتیک.....	۴۱۸
۱۳-۴-۱- مواد الکتروکرومیک.....	۴۱۹
۱۳-۴-۲- سیستم‌های الکترواپتیک کریستال مایع پراکنده در پلیمر (PDLC).....	۴۲۱
۱۳-۴-۳- سیستم‌های الکترواپتیک ذره معلق (SPD).....	۴۲۳
۱۳-۴-۴- صفحات نمایشگر الکتروفورتیک.....	۴۲۵
مراجع.....	۴۲۹
فصل ۱۴ مواد خود ترمیم شونده.....	۴۳۱
۱-۱۴- مقدمه.....	۴۳۲
۱۴-۲- دسته‌بندی مواد خود ترمیم شونده.....	۴۳۳
۱۴-۳- انواع مواد خود ترمیم شونده.....	۴۳۴
۱۴-۳-۱- پلیمرهای خود ترمیم شونده.....	۴۳۴
۱۴-۳-۲- سرامیک‌ها و بتن‌های خود ترمیم شونده.....	۴۳۸
۱۴-۳-۳- فلزات و کامپوزیت‌های فلزی خود ترمیم شونده.....	۴۴۰
مراجع.....	۴۴۳
فصل ۱۵ دیودهای نورگسیل.....	۴۴۵
۱-۱۵- مقدمه.....	۴۴۶
۱۵-۲- دیودهای نورگسیل غیرآلی.....	۴۴۷
۱۵-۳- دیودهای نورگسیل نقطه کوانتومی.....	۴۵۰
۱۵-۴- دیودهای نورگسیل آلی.....	۴۵۳
مراجع.....	۴۵۶
فصل ۱۶ باتری‌های هوشمند.....	۴۵۹
۱-۱۶- مقدمه.....	۴۶۰
۱۶-۲- مفاهیم الکتروشیمیایی باتری‌ها.....	۴۶۲
۱۶-۳- انواع باتری.....	۴۶۴
۱۶-۴- باتری‌های یون لیتیومی.....	۴۶۵
۱۶-۵- اجزاء باتری‌های یون لیتیومی.....	۴۶۷
۱۶-۵-۱- آند باتری‌های یون لیتیومی.....	۴۶۷

۴۶۷.....	۱۶-۵-۲- کاند باتری‌های یون لیتیومی
۴۷۰.....	۱۶-۵-۳- الکترولیت باتری‌های یون لیتیومی
۴۷۲.....	مراجع
۴۷۳.....	فصل ۱۷ مواد فتوولتیک
۴۷۴.....	۱۷-۱- مقدمه
۴۷۸.....	۱۷-۲- انرژی خورشیدی
۴۸۳.....	۱۷-۳- اثر فتوولتیک
۴۸۴.....	۱۷-۴- مباحث پایه تبدیل انرژی فتوولتیک
۴۸۵.....	۱۷-۵- دسته‌بندی سلول‌های خورشیدی از لحاظ ترتیب زمانی
۴۸۷.....	۱۷-۶- انواع سلول‌های خورشیدی
۴۸۷.....	۱۷-۶-۱- سلول‌های خورشیدی نیمه‌رسانای غیرآلی
۴۸۹.....	۱۷-۶-۱-۱- اجزای اصلی سلول‌های خورشیدی غیرآلی
۴۹۱.....	۱۷-۶-۱-۲- اساس فیزیکی عملکرد سلول‌های خورشیدی غیرآلی
۴۹۳.....	۱۷-۶-۱-۳- سلول‌های خورشیدی سیلیسی
۴۹۳.....	۱۷-۶-۱-۳-۱- سلول‌های خورشیدی سیلیسیم تک‌کریستال
۴۹۵.....	۱۷-۶-۱-۳-۲- سلول‌های خورشیدی سیلیسیم چندکریستال
۴۹۶.....	۱۷-۶-۱-۳-۳- سلول‌های خورشیدی سیلیسیم آمورف (a-Si:H)
۴۹۹.....	۱۷-۶-۱-۳-۴- سلول‌های خورشیدی سیلیسیم میکروکریستالی ($\mu\text{c-Si:H}$) و میکرومورف
۵۰۰.....	۱۷-۶-۱-۳-۵- سلول‌های خورشیدی HIT
۵۰۱.....	۱۷-۶-۱-۴- سلول‌های خورشیدی III-V
۵۰۱.....	۱۷-۶-۱-۴-۱- سلول‌های خورشیدی III-V تک‌پیوندگاری
۵۰۲.....	۱۷-۶-۱-۴-۲- وسایل چندپیوندگاهی III-V با سیستم‌های متحرک‌کننده
۵۰۵.....	۱۷-۶-۱-۵- سلول‌های خورشیدی لایه نازک پلی‌کریستال
۵۰۵.....	۱۷-۶-۱-۵-۱- سلول‌های خورشیدی Cd-Te
۵۰۷.....	۱۷-۶-۱-۵-۲- سلول‌های خورشیدی کلکوپیرایت
۵۰۸.....	۱۷-۶-۲- سلول‌های خورشیدی حساس-رنگ
۵۱۳.....	۱۷-۶-۳- سلول‌های خورشیدی آلی
۵۱۵.....	۱۷-۶-۳-۱- وسایل تک‌لایه
۵۱۶.....	۱۷-۶-۳-۲- ساختارهای چندگن دولایه دهنده-پذیرنده
۵۱۷.....	۱۷-۶-۳-۳- ساختارهای چندگن بالک (مخلوطی دهنده-پذیرنده)
۵۲۰.....	۱۷-۶-۴- ساختارهای چندگن دولایه پراکنده
۵۲۰.....	۱۷-۶-۴- سلول‌های خورشیدی نقطه کوانتومی

۵۲۱.....	۱۷-۶-۴-۱- سلول های خورشیدی شاتکی
۵۲۲.....	۱۷-۶-۴-۲- سلول های خورشیدی چندگن تهی
۵۲۴.....	۱۷-۶-۴-۳- سلول های خورشیدی جاذب فوق نازک
۵۲۵.....	۱۷-۶-۴-۴- سلول های خورشیدی با ساختار چندگن غیرآلی-آلی
۵۲۵.....	۱۷-۶-۴-۵- سلول های خورشیدی ساختار چندگن بالک
۵۲۷.....	۱۷-۶-۴-۶- سلول های خورشیدی حساس نقطه کوانتومی
۵۲۸.....	۱۷-۶-۵- سلول های خورشیدی نسل سومی
۵۲۹.....	۱۷-۶-۵-۱- سلول های خورشیدی چندپیوندگاهی یا چندلایه
۵۳۰.....	۱۷-۶-۵-۲- سلول های خورشیدی از نوع باند میانی و ناخالصی
۵۳۱.....	۱۷-۶-۵-۳- مدولاسیون طیف: تبدیل افزایشی/کاهشی
۵۳۲.....	۱۷-۶-۴-۴- سلول های خورشیدی ترموفتوولتیک/ترموفتونیک
۵۳۳.....	۱۷-۶-۵-۵- سلول های خورشیدی با چندین جفت الکترون-حفره
۵۳۴.....	۱۷-۶-۵-۶- سلول های خورشیدی حامل بار الکتریکی داغ
۵۳۵.....	۱۷-۶-۵-۷- سلول های خورشیدی چاه کوانتومی
۵۳۷.....	مراجع
۵۴۱.....	فصل ۱۸ مواد ترموالکتریک
۵۴۲.....	۱۸-۱- مقدمه
۵۴۳.....	۱۸-۲- وسایل ترموالکتریک
۵۴۴.....	۱۸-۳- مکانیزم عملکرد وسایل ترموالکتریک
۵۴۸.....	۱۸-۴- مواد با خاصیت ترموالکتریک
۵۵۱.....	مراجع
۵۵۳.....	فصل ۱۹ مواد پیزو، پیرو و فروالکتریک
۵۵۴.....	۱۹-۱- مواد پیزوالکتریک
۵۵۵.....	۱۹-۱-۱- ضرایب پیزوالکتریک
۵۵۶.....	۱۹-۱-۲- اثر پیزوالکتریک
۵۵۹.....	۱۹-۱-۳- مواد با خاصیت پیزوالکتریک
۵۶۳.....	۱۹-۲- مواد پیروالکتریک
۵۶۳.....	۱۹-۲-۱- ضرایب پیروالکتریک
۵۶۴.....	۱۹-۲-۲- اثر پیروالکتریک
۵۶۷.....	۱۹-۳- مواد فروالکتریک
۵۶۸.....	۱۹-۱-۳- اثر فروالکتریک
۵۷۲.....	مراجع

۵۷۳.....	فصل ۲۰ مواد حافظه‌دار
۵۷۴.....	۲۰-۱- آلیاژهای حافظه‌دار
۵۷۵.....	۲۰-۱-۱- مشخصه‌های عمومی آلیاژهای حافظه‌دار
۵۷۶.....	۲۰-۱-۱-۱- حلقه هیستریزیس
۵۷۷.....	۲۰-۱-۱-۲- استحاله مارتنزیتی
۵۷۸.....	۲۰-۱-۲- اثر حافظه‌داری
۵۷۹.....	۲۰-۱-۲-۱- اثر حافظه‌داری یک‌طرفه
۵۸۰.....	۲۰-۱-۲-۲- اثر حافظه‌داری دو طرفه
۵۸۱.....	۲۰-۱-۲-۲-۱- روش‌های ایجاد اثر حافظه‌داری دو طرفه
۵۸۱.....	۲۰-۱-۲-۲-۲- روش‌های ذاتی
۵۸۱.....	۲۰-۱-۲-۲-۳- عملیات پیرسازی و ایجاد رسوبات جهت‌یافته
۵۸۲.....	۲۰-۱-۲-۳-۱- تغییر فرم پلاستیک شدید فاز مارتنزیت
۵۸۲.....	۲۰-۱-۲-۳-۲- روش‌های غیرذاتی
۵۸۳.....	۲۰-۱-۳- سوپرالاینیسم
۵۸۵.....	۲۰-۱-۴- مکانیزم حافظه‌داری از دیدگاه میکروسکوپی
۵۸۶.....	۲۰-۱-۵- خواص عملکردی آلیاژهای حافظه‌دار
۵۸۹.....	۲۰-۱-۶- کاربرد آلیاژهای حافظه‌دار
۵۹۲.....	۲۰-۲- آلیاژهای حافظه‌دار مغناطیسی
۵۹۳.....	۲۰-۲-۱- کریستالوگرافی آلیاژهای حافظه‌دار مغناطیسی
۵۹۴.....	۲۰-۲-۲- عکس‌العمل آلیاژهای حافظه‌دار به میدان مغناطیسی
۵۹۵.....	۲۰-۲-۲-۱- اثر حافظه‌داری مغناطیسی
۶۰۰.....	۲۰-۲-۲-۲- استحاله فازی مارتنزیتی از نوع مغناطیسی
۶۰۳.....	۲۰-۲-۲-۳- اثر سوپرالاستیک مغناطیسی
۶۰۳.....	۲۰-۲-۲-۴- مقایسه دو اثر MIM و MIR
۶۰۵.....	۲۰-۳- پلیمرهای حافظه‌دار
۶۰۷.....	۲۰-۳-۱- مکانیزم مولکولی اثر حافظه‌داری
۶۱۱.....	۲۰-۳-۱-۱- پلیمرهای حافظه‌دار حرارتی
۶۱۴.....	۲۰-۳-۱-۲- پلیمرهای حافظه‌دار توری
۶۱۷.....	مراجع
۶۲۱.....	فصل ۲۱ عضلات مصنوعی پلیمری
۶۲۲.....	۲۱-۱- مقدمه
۶۲۳.....	۲۱-۲- ژل‌های پلیمری هوشمند

۶۲۴.....	۱-۲-۲۱- زل‌های پلیمری حساس به میدان مغناطیسی.....
۶۳۱.....	۲-۲-۲۱- زل‌های پلیمری حساس به pH.....
۶۳۲.....	۳-۲-۲۱- زل‌های پلیمری حساس به نور.....
۶۳۳.....	۴-۲-۲۱- زل‌های پلیمری حساس به حرارت.....
۶۳۶.....	۳-۲۱- الاستومرهای دی‌الکتریک.....
۶۳۸.....	۱-۳-۲۱- مکانیزم عکس‌العمل الاستومرهای دی‌الکتریک.....
۶۳۹.....	۲-۳-۲۱- الکترودهای انعطاف‌پذیر.....
۶۴۰.....	۳-۳-۲۱- فیلم الاستومر.....
۶۴۵.....	۴-۲۱- الاستومرهای کریستال مایع.....
۶۴۷.....	۴-۲۱- مکانیزم عملگری الاستومرهای کریستال مایع.....
۶۴۹.....	۴-۲۱- ۱- الاستومرهای کریستال مایع متأثر از حرارت.....
۶۵۱.....	۴-۲۱- ۱-۴-۲۱- الاستومرها کریستال مایع متأثر از میدان الکتریکی.....
۶۵۳.....	۴-۲۱- ۱-۴-۲۱- الاستومرهای کریستال مایع متأثر از نور.....
۶۵۸.....	۵-۲۱- عملگرهای پیچش‌رسان.....
۶۶۱.....	۵-۲۱- ۱- مکانیزم عملگری با مبرها و سانا.....
۶۶۲.....	۵-۲۱- ۲- انواع عملگرهای پلیمر رسانا.....
۶۶۳.....	۵-۲۱- ۱-۲- عملگر دو لایه‌ای CP//NVC.....
۶۶۴.....	۵-۲۱- ۲-۲- عملگر سه لایه‌ای CP//NVC//CP.....
۶۶۶.....	۵-۲۱- ۳- روش تولید عملگرهای CP.....
۶۷۰.....	۶-۲۱- نانوکامپوزیت‌های پلیمر یونی-فلز.....
۶۷۳.....	۶-۲۱- ۱- مکانیزم‌های عملگری و حسگری نانوکامپوزیت‌های پلیمر یونی-فلز.....
۶۷۴.....	۶-۲۱- ۱-۱- مکانیزم عملگری نانوکامپوزیت‌های پلیمر یونی-فلز.....
۶۷۸.....	۶-۲۱- ۲-۱- مکانیزم حسگری نانوکامپوزیت‌های پلیمر یونی-فلز.....
۶۸۰.....	۶-۲۱- ۲- اثر حافظه‌داری الکتریکی در IPMNCs.....
۶۸۱.....	۶-۲۱- ۳- کامپوزیت‌های پلیمر یونی-فلز حساس به چندین میدان.....
۶۸۲.....	۶-۲۱- ۴- پلیمرهای یونی.....
۶۸۶.....	۶-۲۱- ۵- پوشش الکتروود.....
۶۹۴.....	۷-۲۱- عملگرهای نانولوله کربنی.....
۶۹۷.....	۷-۲۱- ۱- نانولوله‌های کربنی.....
۷۰۰.....	۷-۲۱- ۲- مکانیزم عملگری نانولوله‌های کربنی.....
۷۰۵.....	مراجع.....
۷۰۹.....	واژه‌نامه.....

پیشگفتار

در قلب آنچه که با عنوان علم و مهندسی مواد با آن آشنا هستیم توسعه مواد از جایگاه ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. همان‌طور که در دنیای صنعتی امروز مشهود است ملاحظه می‌نماییم که در طول چند دهه اخیر پیشرفت‌های زیادی در مسائل صنعتی و فناوری صورت گرفته است. اینگونه پیشرفت‌ها در سطح گسترده‌ای در صنایع و فناوری‌های مختلف از جمله صنایع الکترونیک، هوافضا، حمل و نقل، فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات، فناوری‌های نوین و غیره به خوبی قابل ملاحظه و تشخیص می‌باشند.

از دیدگاه اغلب دانشمندان و صاحب‌نظران شناسایی و توسعه مواد از عوامل تأثیرگذار در توسعه صنعتی و فناوری می‌باشند. واضح است در این موضوع صنعت و فناوری شناسایی مواد لازم بوده و از اهمیت زیادی برخوردار است ولی در این راستا تنها شناسایی مواد کافی نبوده، بلکه باید به توسعه مواد با هدف معرفی و ارائه مواد پیشرفته در بهای لازم داده شود.

شاید برای اغلب محققین و مهندسين گروه‌هایی از مواد به نام مواد هوشمند و نیز مواد نانو ساختار به‌طور کامل شناخته شده نمی‌باشند. در حقیقت اینگونه مواد در وضعیت فعلی گروهی از مواد پیشرفته را تشکیل داده و توسعه آن‌ها دستیابی به درجه جدیدتری به نام "مواد آینده" (*materials of the future*) را به دنبال خواهد داشت.

در متن و فصول مختلف این کتاب جزئیات بیشتری از آنچه که به نام مواد پیشرفته و هوشمند معرفی شده است بیان گردیده و خواننده پی خواهد برد که گروهی از مواد هستند که در راستای ایفای نقش بهتر در کاربردهای مختلف و پیچیده از خصوصیات ویژه‌ای برخوردار می‌باشند که باید مورد شناسایی و استفاده قرار گیرند.

بعلاوه در راستای استفاده بهینه از مواد موجود می‌توان مطابق اصل پذیرفته شده مهندسی مواد ریز و مولکولی به موضوع نانومواد در حوزه نانوفناوری پرداخت. درون آنچه که ما آن را

نانوفناوری می‌نامیم فرد می‌تواند کوچکترین واحد سازنده متشکل از اتم‌ها و مولکول‌ها را در راستای بدست آوردن بهترین خواص، کیفیت و ایفای نقش طراحی کرده و به صورت نانو مواد به دنیای صنعت و فناوری معرفی نماید. در ادامه مباحث کتاب، مواد نانو ساختار از جنبه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته و جزئیات بیشتری از مکانیزم تشکیل، ساختارهای نانومتری، مواد نانو ساختار، خواص و نقش این مواد در فناوری‌های نوین بیان گردیده است.

نهایتاً مواد هوشمند و نانو ساختار از جنبه‌های مختلف بالاخص مباحث منطبق بر نتایج تحقیقاتی مؤلفین مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفته و مؤکداً می‌توان گفت که مطالعه آن برای دانشجویان رشته‌های علوم کاربردی از جمله مهندسی مواد، مکانیک، برق و الکترونیک، شیمی، زیستی و حتی رشته‌های مختلف علوم و ... مفید بوده و نیز مرجع مناسبی برای مدرسین و اساتید این رشته‌ها محسوب می‌شود. بعلاوه به مقتضای موضوعی، کلیه محققین و علاقه‌مندان می‌توانند از مباحث این کتاب در زمینه‌های مختلف توسعه تحقیقات خود استفاده بهینه را داشته باشند.

علی شکوه‌فر

فاطمه کیانی شاهوندی

میلاد سبزه‌پرور

زمستان ۱۳۹۴