

سرشناسه : آقای، امید، ۱۳۶۸

عنوان و نام پدیدآور : نانو الکترونیک به زبان ساده/ مؤلف امید آقای.

مشخصات نشر : تهران: انتشارات علوم روز، ۱۳۹۳.

مشخصات ظاهری : ۲۷۱ ص. مصور، جدول، نمودار.

شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۶۱۳۲-۹۵-۵

وضعیت فهرست نویسی : فیبا

یادداشت : عنوان دیگر: مقدمات نانوتکنولوژی و کاربرد آن در زیرشاخه‌ی الکترونیک.

یادداشت : کتابنامه: ص. ۲۶۷.

عنوان دیگر : مقدمات نانوتکنولوژی و کاربرد آن در زیرشاخه‌ی الکترونیک.

موضوع : نانو الکترونیک

رده بندی کنگره : TK۷۸۷۴/آ۶۶ن۲ ۱۳۹۳

رده بندی دیویی : ۶۳۱/۳۸۱

شماره کتابشناسی ملی : ۲۵۵۸۴۹۴



نشر علوم روز

## انتشارات علوم روز

نام کتاب: نانو الکترونیک به زبان ساده

ناشر: انتشارات علوم روز

مؤلف و مترجم: امید آقای

صفحه‌آرا: نیلوفر جعفری پور شورغینی

لیتوگرافی: رامین

نوبت چاپ: اول - پاییز ۱۳۹۳

چاپ: منصور

صحافی: کیمیا

ناظر فنی چاپ: حسین جعفری پور شورغینی

تیراژ: ۳۰۰ جلد

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۶۱۳۲-۹۵-۵

[www.simurghedanesh.com](http://www.simurghedanesh.com)

مراکز پخش:

کتابفروشی هنر: تهران، خیابان انقلاب، روبروی دانشگاه تهران، ابتدای خیابان ۱۲ فروردین، پلاک ۳۲۴، تلفن: ۶۶۴۹۲۲۴۲

کتابفروشی عصر دانش: خیابان انقلاب، نرسیده به ۱۲ فروردین، جنب کتابفروشی فجر تهران، پلاک ۱۳۳۲، تلفن: ۶۶۹۷۱۲۵۱

انتشارات سیمای دانش: تهران، خیابان انقلاب، ابتدای خیابان ۱۲ فروردین، پلاک ۳۱۸، تلفن: ۶۶۹۶۶۱۱۴۰۵



|    |                       |    |                                                    |
|----|-----------------------|----|----------------------------------------------------|
| ۴۷ | آینده‌ی پیش روی نانو  | ۷  | مقدمه                                              |
| ۴۸ | مراحل فناوری نانو     |    | فصل ۱:                                             |
| ۴۹ | محصولات               | ۹  | تعریف نظری الکترونیک نانو                          |
| ۴۹ | تعریف استاندارد       | ۹  | الکترونیک                                          |
| ۴۹ | اصول بنیادی           | ۹  | « قطعات الکترونیکی                                 |
| ۴۹ | شاخه‌های اصلی در نانو | ۱۱ | « اهداف                                            |
| ۵۰ | « جایزه کاولی         | ۱۱ | تاریخچه                                            |
|    | فصل دوم:              | ۱۴ | نانو                                               |
| ۵۱ | « فواید و مضرات       |    | « توسعه اصولی                                      |
| ۵۱ | « روش‌های تولید       | ۱۶ | « اقدامات انجام شده در ایران                       |
| ۵۳ | « خواص نانومواد       | ۲۲ | تحصیلات در رشته‌ی نانو تکنولوژی                    |
| ۵۵ | « روش‌های تولید       | ۲۲ | « انگیزه‌ی ایجاد دوره                              |
| ۵۸ | « خواص نانومواد       | ۲۳ | « جلب توجه دانشجویان به علم                        |
| ۵۹ | « روش‌های تولید       | ۲۶ | « روند کار                                         |
| ۶۰ | « خواص نانومواد       | ۲۷ | « محتوای دوره                                      |
| ۶۱ | « روش‌های تولید       | ۳۱ | جهان ریاضیات در فضای نانو                          |
| ۶۲ | « خواص نانومواد       | ۳۳ | پایگاه داده ISI                                    |
| ۶۳ | « روش‌های تولید       |    | « بررسی اختراعات ثبت شده نانو فناوری با استفاده از |
| ۶۵ | « خواص نانومواد       | ۳۳ | اطلاعات پایگاه داده ISI                            |
| ۶۵ | « روش‌های تولید       | ۳۷ | نانوفیزیک                                          |
| ۷۰ | « خواص نانومواد       | ۳۸ | « سیر تکاملی و رشد                                 |
|    | فصل سوم:              | ۳۸ | « مشخصه‌یابی لایه نازک قطعات الکترونیکی            |
| ۷۹ | فناوری نانو           | ۳۹ | « ساخت و مشخصه‌یابی سیستم‌های چند لایه‌ای          |
| ۸۲ | شاخه‌های فناوری نانو  | ۳۹ | « وسعت فناوری نانو الکترونیک                       |
|    |                       | ۴۲ | « بالابردن کارایی انسان                            |

## فصل چهارم:

### کاربرد نانوتکنولوژی ..... ۸۵

مقدمه ..... ۸۵

دید کلی ..... ۸۹

کاربردهای بلندمدت فناوری نانو ..... ۸۹

سیر تکاملی و رشد ..... ۹۰

مشخصه‌یابی لایه نازک قطعات الکترونیکی ..... ۹۰

خواص مغناطیسی ..... ۹۱

مکانول مغناطیسی نانو ..... ۹۱

مورفولوژیها ..... ۹۱

نمونه‌ها ..... ۹۳

باتریها ..... ۹۳

موتورهای مولکولی ..... ۹۳

مواد افزودنی سوختها ..... ۹۳

نانوروش ..... ۹۴

صنعت برق ..... ۹۴

ریز ساختار نانو مواد ..... ۹۵

پوشش‌های سد حرارتی نانو ساختار ..... ۹۵

کاربردهای زیستی ..... ۹۵

ساخت و تولید نانو ساختارها ..... ۱۰۱

برخی کاربردها ..... ۱۰۱

نانوذرات سیلیس ..... ۱۰۵

کاربرد نانو در صنایع دریایی ..... ۱۰۷

پوشش‌های نانو سرامیکی در صنایع دریایی ..... ۱۱۳

نانو کامپوزیت‌های دیرسوز ..... ۱۱۶

کاربرد نانو و نانو ساختار در صنعت حمل و نقل ..... ۱۱۸

نانوفوتونیک ..... ۱۱۹

## فصل پنجم:

### روش‌های کسب اطلاعات در ابعاد نانو ..... ۱۲۵

مقدمه ..... ۱۲۵

اجزای سازنده مواد و نیروی بین آنها ..... ۱۲۵

میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) ..... ۱۲۶

میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ..... ۱۲۶

میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) ..... ۱۲۷

میکروسکوپ پیمایشگر روبشی (STM) ..... ۱۲۷

میکروسکوپ‌ها و جایزه نوبل ..... ۱۲۸

## فصل ششم:

### مهندسی مواد ..... ۱۲۹

مقدمه ..... ۱۲۹

نانوبیومواد ..... ۱۳۰

نانولوله‌ها و نانو کامپوزیت‌ها ..... ۱۳۲

زیرشاخه‌های مواد ..... ۱۳۵

گرایش‌های اصلی ..... ۱۳۵

مفاهیم پایه ..... ۱۳۶

فیزیک حالت جامد ..... ۱۳۶

## فصل هفتم:

### نانوساختار ..... ۱۴۳

مقدمه ..... ۱۴۳

نانوساختارهای متخلخل ..... ۱۴۳

نانوذرات سیلیکا ..... ۱۴۴

نانوذرات مولکولوپ ..... ۱۴۴

شیمی مواد ..... ۱۴۵

اترهای ناجی ..... ۱۴۵

خودآرایی مولکولی ..... ۱۴۶

نانوساختارهای آلی ..... ۱۴۸

نانوساختارهای فلزی ..... ۱۴۹

## فصل هشتم:

### نانومواد ..... ۱۵۹

مقدمه ..... ۱۵۹

انواع مولکول‌ها و نانومواد هوشمند ..... ۱۶۰

مواد هوشمند نوع اول (ترکیبات کرومیک) ..... ۱۶۱

مواد ترموکرومیک (Thermochromic) ..... ۱۶۱

|     |                                                 |
|-----|-------------------------------------------------|
| ۱۸۵ | « مشخصه یابی لایه نازک قطعات الکترونیکی .....   |
| ۱۸۵ | « ساخت و مشخصه یابی سیستم های چند لایه ای ..... |
| ۱۸۶ | « وسعت فناوری نانو الکترونیک .....              |
| ۱۸۶ | « پیشبرد فناوری نانو الکترونیک .....            |

#### فصل دهم:

#### خواص الکتیکی مواد..... ۱۸۷

|     |                                    |
|-----|------------------------------------|
| ۱۸۷ | مقدمه .....                        |
| ۱۸۷ | رسانایی الکتیکی در مواد جامد ..... |
| ۱۸۸ | نظریه نواری جامدات .....           |
| ۱۹۰ | نیمه رساناها .....                 |
| ۱۹۲ | « نیمه رسانای نوع N .....          |
| ۱۹۲ | « نیمه رسانای نوع P .....          |
| ۱۹۲ | « اتصال N-P کریستالی .....         |

#### فصل یازدهم:

#### لایه های نازک در نانو الکترونیک..... ۱۹۵

|     |                                                        |
|-----|--------------------------------------------------------|
| ۱۹۵ | مقدمه .....                                            |
| ۱۹۵ | « فناوری لایه های نازک .....                           |
| ۱۹۶ | « اهمیت لایه های نازک .....                            |
| ۱۹۷ | « تاریخچه لایه های نازک .....                          |
| ۱۹۸ | « فیزیک لایه های نازک .....                            |
| ۱۹۹ | « کیفیت لایه های نازک .....                            |
| ۲۰۰ | « خواص لایه های نازک .....                             |
| ۲۰۰ | « خواص مکانیکی .....                                   |
| ۲۰۱ | « خواص الکتیکی .....                                   |
| ۲۰۲ | « خواص مغناطیسی .....                                  |
| ۲۰۳ | « خواص نوری .....                                      |
| ۲۰۴ | « خواص شیمیایی .....                                   |
| ۲۰۴ | « خواص حرارتی .....                                    |
| ۲۰۴ | « روش های سنتز، آنالیز و کاربردهای لایه های نازک ..... |
| ۲۰۴ | « روش های سنتز لایه های نازک .....                     |
| ۲۰۵ | « روش های فیزیکی .....                                 |
| ۲۰۵ | « تبخیر .....                                          |

|     |                                                       |
|-----|-------------------------------------------------------|
| ۱۶۲ | « مواد مکانو کرومیک و کموکرومیک .....                 |
| ۱۶۳ | « مواد الکترو کرومیک .....                            |
| ۱۶۳ | « مواد هوشمند نوع دوم .....                           |
| ۱۶۳ | « مواد فتوولتائیک .....                               |
| ۱۶۳ | « مواد ترموالکتریک .....                              |
| ۱۶۴ | « مواد نور تاب (لومینسانس کننده) .....                |
| ۱۶۴ | « کاربرد نانو مواد هوشمند .....                       |
| ۱۶۴ | « کاربرد نیمه عنوان حسگر گاز .....                    |
| ۱۶۵ | « استفاده از نانو مواد هوشمند در پزشکی .....          |
| ۱۶۵ | « کاربرد نانوذرات در عنوان افزودنی به روانکارها ..... |
| ۱۶۶ | « مشکلات نانو تکنولوژی و چالش های رایج W52 .....      |
| ۱۶۶ | « استفاده از نانو مواد در صنایع .....                 |
| ۱۶۸ | « نانو سیالات .....                                   |
| ۱۷۰ | « نانو سیالات فلزی و موثری های نانو .....             |

#### فصل نهم:

#### الکترونیک مولکولی..... ۱۷۱

|     |                                                |
|-----|------------------------------------------------|
| ۱۷۱ | مقدمه .....                                    |
| ۱۷۳ | تعاریف استاندارد .....                         |
| ۱۷۴ | اصول بنیادی .....                              |
| ۱۷۴ | شاخه های اصلی .....                            |
| ۱۷۶ | « الکترونیک و فناوری اطلاعات .....             |
| ۱۷۶ | « ذخیره سازی و حافظه ها .....                  |
| ۱۷۶ | « ساخت ماشین های شبیه سازنده .....             |
| ۱۷۶ | « نیمه هادی ها .....                           |
| ۱۷۷ | « نانوتیوب های کربنی در نانو الکترونیک .....   |
| ۱۷۷ | « خواص رسانایی الکتیکی در نانوتیوب ها .....    |
| ۱۷۸ | « الکترونیک مولکولی با نانولوله ها .....       |
| ۱۷۹ | « سیستم های نانو الکترو مکانیکی .....          |
| ۱۸۰ | « C60 .....                                    |
| ۱۸۰ | « قوانین جدید الکترونیک در مقیاس مولکولی ..... |
| ۱۸۲ | « مدارهای الکترونیک مولکولی .....              |
| ۱۸۴ | « نانوسیم ها .....                             |
| ۱۸۴ | « انواع نانوسیم ها .....                       |

|     |                      |     |                   |
|-----|----------------------|-----|-------------------|
| ۲۳۲ | « حسگرهای شیمیایی    | ۲۰۵ | « کنتروپاش        |
| ۲۳۲ | « حسگرهای سنتزی      | ۲۰۶ | « پراکنش          |
| ۲۳۲ | « کاربرد نانو حسگرها | ۲۰۷ | « روش های شیمیایی |

|     |                                    |
|-----|------------------------------------|
| ۲۳۵ | « حسگرهای شیمیایی                  |
| ۲۳۷ | « انواع حسگرهای شیمیایی            |
| ۲۳۷ | « حسگرهای گرمایی                   |
| ۲۳۸ | « حسگرهای جرمی                     |
| ۲۳۸ | « حسگرهای الکتروشیمیایی            |
| ۲۳۹ | « حسگرهای نوری شیمیایی             |
| ۲۳۹ | « مواد مورد استفاده در ساخت حسگرها |
| ۲۳۹ | « مواد کلاسیک                      |
| ۲۳۹ | « پلیمرها                          |

#### فصل چهاردهم:

#### نانوقطعات الکترونیکی

|     |                                                      |
|-----|------------------------------------------------------|
| ۲۴۳ | « مقدمه                                              |
| ۲۴۴ | « ساختار و عملکرد MOSFET                             |
| ۲۴۵ | « مشکلات در کوچکتر سازی بیشتر FET                    |
| ۲۴۶ | « وسایل نانو الکترونیک اثر کوانتومی حالت جامد        |
| ۲۴۷ | « جزایر، چاه پتانسیل و اثر کوانتومی                  |
| ۲۴۷ | « ترانزیستور تونلی رزونانس (RTT)                     |
| ۲۵۰ | « ترانزیستورهای لایه نازک بر پایه مواد نیمه هادی آلی |
| ۲۵۰ | « هدایت بار در مواد نیمه هادی آلی                    |
| ۲۵۳ | « ساختار ترانزیستورهای اثر بلانی آلی                 |
| ۲۵۴ | « پارامترهای و مشخصات الکترونیکی OFET                |

#### فصل پانزدهم:

#### علم پلاسمونیک

|     |                                    |
|-----|------------------------------------|
| ۲۵۷ | « مقدمه                            |
| ۲۵۸ | « پلاسمون های سطحی موضعی           |
| ۲۵۹ | « بررسی نانو ذره ها                |
| ۲۶۰ | « آشنایی با آشکار سازهای پلاسمونیک |
| ۲۶۷ | « منابع                            |

#### فصل دوازدهم:

#### نانوالکترونیک

|     |                                              |
|-----|----------------------------------------------|
| ۲۱۱ | « مقدمه                                      |
| ۲۱۲ | « کاربرد نانو در الکترونیک                   |
| ۲۱۳ | « ترانزیستورها                               |
| ۲۱۳ | « حسگرها                                     |
| ۲۱۴ | « نمایشگرهای گسیل میدان                      |
| ۲۱۴ | « قطعه های نانولوله ای                       |
| ۲۱۵ | « استرکامد                                   |
| ۲۱۶ | « ساخت ماسک های نیمه سازنده                  |
| ۲۱۶ | « ابرخازن های الکتروشیمیایی                  |
| ۲۱۶ | « نانوتیوب های کربنی                         |
| ۲۱۶ | « کاربرد نانو الکترونیک در ساخت              |
| ۲۱۷ | « نمونه هایی از کاربرد فناوری نانو الکترونیک |
| ۲۱۷ | « نقاط کوانتومی                              |
| ۲۱۷ | « خواص نوری نقاط کوانتومی                    |
| ۲۱۷ | « سنتز نقاط کوانتومی و شیمی سطح آنها         |
| ۲۲۲ | « سمیت نقاط کوانتومی                         |
| ۲۲۳ | « کاربرد نقاط کوانتومی                       |

#### فصل سیزدهم:

#### نانو حسگرها

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| ۲۲۵ | « مقدمه                  |
| ۲۲۵ | « حسگر چیست              |
| ۲۲۵ | « نانوفیلترها            |
| ۲۲۶ | « ساختار کلی یک حسگر     |
| ۲۲۷ | « خصوصیات حسگرها         |
| ۲۲۷ | « نانو حسگرها            |
| ۲۳۱ | « روش های تهیه نانو حسگر |
| ۲۳۲ | « انواع نانو حسگرها      |



در سال ۱۹۵۶ گوردون مور بنیان‌گذار اینتل تحلیلی ارائه کرد که بر طبق آن هر ۱۸ ماه تعداد ترانزیستورهای یک مدار یکپارچه در ریزپردازهای اینتل دو برابر می‌شود که نصف‌شدن ابعاد گیت ترانزیستورها با شرایط ثابت بودن اندازه تراشه سیلیکونی در آن می‌تواند نتیجه این قوانین باشد. این قاعده به قانون مور موسوم شد. این نصف‌شدن در واقع پیام‌آور ابعاد اقتصادی بود یعنی هر چه گیت کوچکتر می‌شد ترانزیستور می‌توانست سریع‌تر سوئیچ کند و در نتیجه انرژی کمتری مصرف می‌شد و تعداد بیشتری ترانزیستور در یک تراشه سیلیکون جای می‌گرفت. افزایش تعداد ترانزیستورها و بازدهی آنها، هزینه را کاهش می‌دهد. بنابراین مقصود صرفه این بود که هر ترانزیستور تا حد امکان کوچکتر شود، این کوچک‌سازی بالاخره به حدی متوقف می‌شد بنابراین برای ادامه رشد صنعت الکترونیک باید به فکر فناوری‌های جایگزین بود، فناوری که مشکلات گذشته را حل کرده و توجیه اقتصادی داشته باشد و این بار نانو تکنولوژی بود که تلاشت به کمک الکترونیک بیاید و فناوری الکترونیک مولکولی یا همان نانوالکترونیک بنا نهاده شد.

همیشه و در تمامی اعصار، وقتی مطلبی فوق دانش و درک مردمی نباشد مطرح می‌شود، در برابر مخالفت‌ها و انتقادات شدیدی قرار می‌گرفت ولی بعد از طی روزگار، هنگام پیشرفت‌های فوق‌العاده در آن زمینه مواجه می‌شدند و حتی این پیشرفت را موجبات فراهم آمدن اساسی بیشتر خود می‌دیدند و حالا در عصر ما بحث نانو تکنولوژی مطرح شده است، موضوعی که در تمام ابعاد زندگی بشر و رشته‌های مختلف علمی ارتباط مستقیم و مؤثر خواهد داشت. نانو تکنولوژی چنان رویکرد و نگرش، به تکنولوژی را متحول ساخته که در صورت تحقق و رسیدن به مقصدی که ترسیم شده است، شاید بزرگترین جهش انسان برای صعود به قله‌های رفیع علم باشد. اکنون جهان متوجه این رویکرد متحول‌کننده شده و متخصصین و دانشمندان در نقاط مختلف این کره خاکی دست به پژوهش و مطالعات وسیعی در این زمینه زده‌اند و طبق گفته برخی از آنان پیشرفت‌های صورت گرفته و روند رو به رشد نانو، بیش از حد انتظار و پیش‌بینی شده است.

در کتاب حاضر، سعی بر آن بوده تا به زبانی نه چندان پیچیده جهت آشنایی هرچه بیشتر و شکل‌گیری ذهنیت مخاطبان، پیرامون فناوری نانو در چارچوب فیزیک نوین و تعاریف پیرامون آن و همچنین انواع کاربردها و نتایج علمی بدست آمده در این مقوله توضیحاتی ارائه گردد و سپس مبحث نانوالکترونیک که از زیرشاخه‌های نانوتکنولوژی است به طور ویژه معرفی گردد. امید است مطالب ارائه شده در ارتقاء آگاهی شما خواننده‌ی عزیز مؤثر بوده و به حد کافی جامع و کامل و پربار باشد. در پایان از تمام عزیزانی که مرا با ارسال ایمیل‌ها و تماس‌ها مورد لطف قرار می‌دهند صمیمانه تشکر می‌کنم و انتقادات و پیشنهادات و ایرادات احتمالی از جانب ایشان را با جان و دل گرفته سعی در برطرف نمودن نواقص در چاپ‌های بعدی آثار منتشر شده دارم.

همچنین جایز است از عزیزانی که در خلق این اثر و دیگر آثار همواره پشتیبان بنده بوده و آثار اینجانب را با دقت مورد نقد و بررسی قرار می‌دهند، بویژه مدیریت محترم نشر و دیگر صاحب نظران، و همچنین دوستان دست‌اندرکار در امور حروفچینی و طراحی گرافیک محتوای کتاب که نهایتاً منجر به ظهور این اثر گردید، به مرثیه‌ی ظهور می‌گذارند، همچنین دوست عزیز و گرانقدر جناب مهندس بهنام سیر بیان بابت همکاری صمیمانه‌ی ایشان در ویراستاری محتوا، نهایت قدردانی و سپاسگزاری خود را اعلام نموده. لطفاً پیشنهادات و ایراد احتمالی را با اینجانب امید آقائی به آدرس [Dr.Aqaee@gmail.com](mailto:Dr.Aqaee@gmail.com) و یا آدرس پستی ناشر، در میان بگذارید.

امید آقائی ۱۳۹۳

