



نامساختارها و کاربرد آنها در الکترونیک

گردآورنده:
بیتا فرهادی



۱۳۹۳

سرشناسه	: فرهادی، بیتا، ۱۳۶۸ -
عنوان و نام پدیدآور	: نانوساختارها و کاربرد آنها در الکترونیک/گردآورنده بیتا فرهادی.
مشخصات نشر	: تهران : امید فرهنگ، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ۱۶۴ص.
شابک	: 978-600-94201-2-4
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: نانوتکنولوژی
موضوع	: نانوالکترونیک
رده بندی شنگره	: ۱۳۹۳۷/۱۷۴T ۱۳۹۳ن۲/۴۳ف/
رده بندی دی بی	: ۵/۶۲۰
شماره کتابشناس ملی	: ۳۵۳۳۲۰۲



عنوان:	 نانوساختارها و کاربرد آنها در الکترونیک
تألیف و گردآوری:	 بیتا فرهادی و رزیتا فرهادی
ویراستار علمی:	 دکتر محمد کارچانی
طراح جلد و صفحه آرا:	 رزیتا فرهادی
ناشر:	 انتشارات امید فرهنگ
قطع:	 وزیری
تیراژ:	 ۱۰۰۰ جلد
شابک:	 ۹۷۸-۶۰۰-۹۴۲۰۱-۲-۴
نوبت چاپ:	 اول/ ۱۳۹۳
قیمت:	 ۹۰۰ تومان

فهرست

۸	مقدمه
۸	ریخچه
۱۰	فناوری نانو، از آغاز تا کنون
۱۰	سپاسگزاری
۱۱	۱- ابعاد اتمی، میکرو، نانو
۱۵	چرا مقیاس نانو اهمیت دارد؟
۱۸	۲- شاخه های فناوری نانو
۱۹	۱- نانو تکنولوژی مرطوب
۱۹	۲- نانو تکنولوژی خشک
۲۰	۳- نانو تکنولوژی محاسبه ای
۲۱	۴- چه چیزی خواص مواد را مشخص می کند؟
۲۱	۵- ساختار مواد چیست؟
۲۴	۶- ریز ساختار چیست؟
۲۶	۷- نتیجه گیری:
۲۷	۳- پیشنهاد های فاینمن درباره فناوری نانو
۲۸	۱- حوزه علوم نانو
۲۸	۲- ساختن در مقیاس اتمی
۳۰	۳- ارتباط بین فیزیک، شیمی و زیست شناسی
۳۱	۴- نانو ماشین ها
۳۵	۴- نانولوله های کربنی
۳۶	۱- گرافیت
۳۷	۲- نانولوله ها
۴۳	۳- گرافن
۴۶	۴- نانولوله کربنی

۵۲	۵- روابط و فرمول های مربوط به نانو ساختارها
۵۳	۱- داده های مورد نیاز برای انجام محاسبات
۵۳	۲- شعاع نانولوله های کربنی
۵۵	۳- زاویه ی کایرال در نانولوله های کربنی
۵۶	۴- ارتباط بین مولفه های کایرال لوله ی داخلی و خارجی نانولوله های کربنی دو دیواره
۵۹	۶- شاخص کایرال
۶۳	۷- نانولوله های کربنی کایرال
۶۶	۸- ویژگی های نانولوله های کربنی
۶۷	۹- معرفی و طرح مسئله
۶۹	۲- راه های بررسی خواص نانولوله های کربنی
۷۲	۸- خواص حرارتی نانولوله های کربنی
۷۲	۱- هدایت حرارتی نانولوله های کربنی
۷۳	۲- هدایت حرارتی نانولوله های کربنی از منظر تئوری
۷۵	۳- هدایت حرارتی از منظر نتایج آزمایشگاهی
۷۶	۴- خاصیتی به نام هدایت حرارتی
۷۶	۵- نانولوله های کربنی و بهبود هدایت حرارتی کامپوزیت ها
۸۰	۹- اتلاف حرارتی در دستگاه های میکروالکترونیک
۸۴	۱۰- روش های اندازه گیری نانو ذرات
۸۴	۱- اجزای سازنده مواد و نیروی بین آنها
۸۵	۲- مشاهده مولکول ها با استفاده از میکروسکوپ
۸۹	۳- TEM
۹۵	۴- میکروسکوپ و مفهوم حد تفکیک
۹۹	۵- میکروسکوپ الکترونی روبشی
۱۰۱	۶- میکروسکوپ پیمایشگر روبشی
۱۰۴	۷- آشنایی با عملکرد میکروسکوپ نیروی اتمی
۱۱۲	نتیجه گیری
۱۱۳	۱۱- فیزیک الکترونیک
۱۱۳	۱- آشنایی با فیزیک حالت جامد

۱۲۲	۲-آلایش نیمه‌رسانا
۱۲۶	۱۲- نانو الکترونیک
۱۲۷	۱-چالش‌های نانو ترانزیستورها
۱۲۹	۲-چالش‌های CNTFET ها
۱۲۹	۳-ترانزیستورهای حالت جامد اثر کوانتومی
۱۳۰	ساخت و عملکرد MOSFET
۱۳۲	۴-امواج پلازما در کوچکترسازی بیشتر FET
۱۳۳	۶-رسایل نانو الکترونیک اثر کوانتومی حالت جامد
۱۳۴	۷-جزایر، راه پتانسیل، و اثر کوانتومی
۱۳۵	۸-ترانزیستورهای پلی سیلیکون (RTT)
۱۳۸	نتیجه گیری
۱۴۰	۱۳- نانوسیم چیست؟
۱۴۱	۱-انواع نانوسیم‌ها
۱۴۲	۲-روشهای ساخت نانوسیم‌ها
۱۴۳	۳-کاربردهای نانوسیم:
۱۴۴	۴-فناوری ساخت مدارهای مجتمع
۱۵۱	۵-نانوالکترونیک و چالش‌های کوانتومی
۱۵۵	۶-اتصالات میانی مدارهای مجتمع، چالشی دیگر برای نانوالکترونیک
۱۵۹	۷-مکانیسم عملکرد سامانه‌های الکتریکی- مکانیکی در مقیاس نانو
۱۶۲	نتیجه گیری
۱۶۳	منابع

مقدمه

تاریخچه

اولین بار ریچارد فاینمن در سال ۱۹۵۹ طی سخنرانی خود با بیان امکان به راه اندازی فرایندی برای دستکاری اتمها و مولکولها با استفاده از ابزارهای دقیق، سبب شد تا افکار به سمت توسعه چنین امکانی متمایل شوند. در سال ۱۹۷۴، پروفیسور نوریو تانیگوچی، مدرس دانشگاه علوم توکیو، نخستین بار واژه "فناوری نانو" را بکار گرفت. او در مقاله ای با نام "مفهوم اساسی فناوری نانو" اشاره می کند که فناوری نانو اساساً مجموعه ای از فرایندهای تفکیک، ادغام و تشکیل مواد در حد یک اتم یا یک مولکول است. در دهه ۱۹۸۰، ایده ی این تعریف به طور وسیع تر توسط دکتر درکسلر (نویسنده کتاب مولورهای خفیه) مورد بررسی قرار گرفت.

فناوری نانو و نانوعلوم، در اوایل دهه ۱۹۸۰ با تولد علم لاستر و اختراع میکروسکوپ تونل زنی پیمایشی آغاز به کار کرد. این توسعه، سبب کشف فولاد نانو در سال ۱۹۸۶ و نانولوله های کربنی طی چند سال بعد شد.

تحول دیگر این فناوری مربوط به ساخت نانوبلورهای نیمه هادی و به تدریج به افزایش شدید تعداد نانوذرات اکسید فلزی نقاط کوانتوم گردید. میکروسکوپ نیروی اتمی در سال بعد از میکروسکوپ تونل زنی پیمایشی اختراع شد تا با کمک آن بتوان اتمها را بررسی کرد. علم نانو و علوم مرتبط با آن چندان جدید نیستند، چرا که صدها سال است که شیمیدانان از تکنیکهایی در کار خود استفاده می کنند که بی شباهت به تکنیکهای امروزی نانو نیست. اولین بار ریچارد فاینمن در سال ۱۹۵۹ طی سخنرانی خود با بیان امکان به راه اندازی فرایندی برای دستکاری اتمها و مولکولها با استفاده از ابزارهای دقیق، سبب شد تا افکار به سمت توسعه چنین امکانی متمایل شوند. در سال ۱۹۷۴، پروفیسور نوریو تانیگوچی، مدرس دانشگاه علوم توکیو،

نخستین بار واژه "فناوری نانو" را بکار گرفت. او در مقاله ای با نام "مفهوم اساسی فناوری نانو" اشاره می کند که فناوری نانو اساساً مجموعه ای از فرایندهای تفکیک، ادغام و تشکیل مواد در حد یک اتم یا یک مولکول است. در دهه ۱۹۸۰، ایده ی این تعریف به طور وسیع تر توسط دکتر درکسلر (نویسنده کتاب موتورهای خلقت) مورد بررسی قرار گرفت.

فناوری نانو و نانوعلم، در اوایل دهه ۱۹۸۰ با تولد علم کلاستر و اختراع میکروسکوپ تونل زنی پیمایشی آغاز به کار کرد. این توسعه، سبب کشف فولرین در سال ۱۹۸۶ و نانولوله های کربنی - سی سال بعد شد.

تجرباتی دیگر این فناوری مربوط به ساخت نانوبلورهای نیمه هادی بود که منجر به افزایش شدید تعداد موزنات اکسید فلزی نقاط کوانتوم گردید. میکروسکوپ نیروی اتمی، ۵ سال بعد از میکروسکوپ تونل پیمایشی اختراع شد تا با کمک آن بتوان اتمها را بررسی کرد.

تنها به دلیل پیشرفت علم فناوری نبود امکانات امروزی مانند میکروسکوپ نیروی اتمی، میکروسکوپ تونلی پیمایشی را غیر شواسته حوزه مشخصی برای این فناوری تعیین کند.

فناوری نانو یک زمینه بین رشته ای است که در محدوده علوم کاربردی مختلفی نظیر فیزیک، مواد، الکترونیک و غیره وارد شده است. فناوری نانو، نزدیک به تنهایی یک علم نیست؛ بلکه با استفاده از آن می توان به کاربردی کردن علوم ساختار کمک کرد. فناوری نانو به سه صورت تعریف می شود:

۱- فناوری نانو تحقیقات و مطالعه ی مواد و خصوصیات آنها در محدوده ۱۰۰-۱ نانومتر را در بر می گیرد.

۲- با کمک فناوری نانو ساختارهای نانویی را می توان خلق کرد و خصوصیات آنها با ساختارهای ماکروسکوپی همان مواد متفاوت است.

۳- با کمک فناوری نانو نمی توان از طریق کنترل خصوصیات، در اتمها تغییر ایجاد کرد. زمانی که مواد در مقیاس نانو مطالعه و بررسی می شوند، واکنش ها و رفتار اتمها با مقایسه با حالتی که مطالعه در سطح مولکولی انجام می شوند کاملاً متفاوت است؛ چرا که در این قلمرو خصوصیات فیزیکی مواد تغییر می کند. این درست مانند این است که توبی را در محفظه ای بیندازید و توب دیگری را از آن محفظه بیرون آورید! تفاوت در قلمرو نانو به اندازه ای است که حتی رنگ، نقطه ذوب، خصوصیات شیمیایی و غیره مواد در خارج از این محدوده کاملاً متفاوت است.

در فناوری نانو، برای ساخت، دو روش در نظر گرفته می شود: روش ساخت پایین به بالا و

روش ساخت بالا به پایین. در روش ساخت پایین به بالا، وسایل و مواد از سطح مولکولی بر اساس اصول شیمی مولکولی ساخته می شوند. درست مانند یک دیوار که از روی هم گذاشتن آجر به آجر ساخته می شود.

در روش ساخت بالا به پایین، اشیاء نانویی بدون کنترل اتمی در مقادیر بزرگتر ساخته می شوند. به این طریق که در ساخت آنها از تجهیزات پیشرفته این فناوری مانند میکروسکوپ اتمی و میکروسکوپ تونلی پیمایشی استفاده می شود تا فرایند دستکاری و ایجاد پدیده ها و خصوصیات جدید اشیاء نانویی، امکان یابد. امروزه فناوری نانو، در ساخت پلیمرهایی با ساختار مولکولی و طراحی تریه های کامپیوتری کاربرد دارد. همچنین از این فناوری در ساخت مواد آرایشی، انواع پوشش ها و روکش های محافظتی و لباسهای مقاوم نیز استفاده می شود. از آن جایی که فناوری نانو بسیار در زمینه الکترونیک نقش مهمی ایفا میکند هدف از نگارش این کتاب آشنایی بیشتر با فناوری نانو و به تدریج ورود آن در زمینه الکترونیک و فیزیک می باشد.

❖ فناوری نانو، از آنجا که

نانو علمی است که در آن به مطالعه خواص نانو مواد، تولید و استفاده از آنها در بهبود بخشیدن خواص و ویژگی های مواد موجود می شود. چرا که بسیاری از خواص ماده در ابعاد نانومتری، متفاوت از خواص در ابعاد ماکروسکوپی می باشد. با کمک فناوری نانو می توان از طریق کنترل خصوصیات، تغییراتی را در رفتار و واکنش آنها ایجاد کرد. علم نانو و علوم مرتبط با آن جدید نیستند. شیمیاء با حدود ۱۰۰ سال است که از تکنیکهایی در کار خود استفاده می کنند که بی شباهت به تکنیکهای امروزی نباشد. امروزه از فناوری نانو در بسیاری از زمینه ها مانند طراحی تراشه های کامپیوتری، ساخت مواد آرایشی، انواع پوشش ها و روکش های محافظتی و لباسهای مقاوم استفاده می شود.

❖ سپاسگزار

در ادامه لازم است از جناب آقای دکتر محسن کارچانی و خواهر عزیزم سرکار خانم رزیتا فرهادی که زحمت ویرایش و چاپ این کتاب را بر عهده گرفتند و از راهنمایی هایشان بهره بردم کمال تشکر را داشته باشم. همچنین از زحمات استاد گرامی جناب آقای دکتر جواد کرمدل که علم خود را در زمینه نیمه هادی مدیون ایشانم نیز قدردانی می کنم.