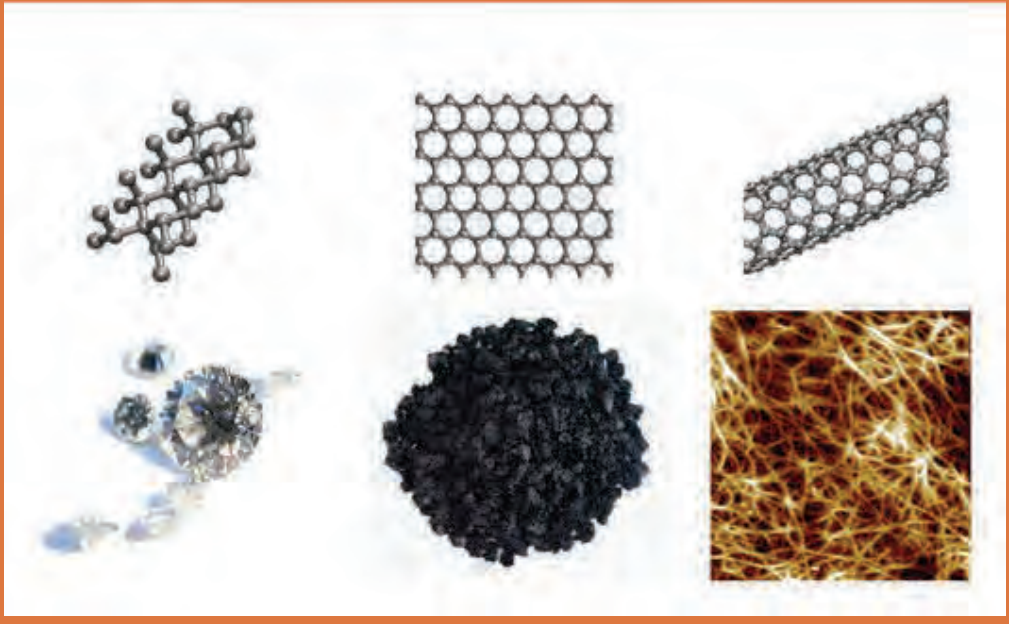
فصل ۳

فناوری و سرامیک



نانومواد و نانو سرامیک

آیا تاکنون واژه نانوفناوری را شنیده‌اید؟

در سال ۱۹۵۹ دانشمندی به نام ریچارد فاینمن ملقب به پدر علم فناوری، در یک سخنرانی پیش‌بینی جذابی را بیان کرد. او اظهار داشت که در آینده می‌توان ۲۵هزار صفحه دایرةالمعارف را در ابعاد یک سر سوزن جا داد و تمام کتاب‌های جهان را در جزوه‌ای ۳۵ صفحه‌ای حفظ و نگهداری کرد، به شرطی می‌توان به‌این هدف دست پیدا کرد که کارها در مقیاس اتم و مولکول انجام شود و اتم‌ها را طوری که خودمان می‌خواهیم یکی یکی بچینیم. برای چیدن اتم‌ها باید از دستگاه‌ها و ابزارهای اندازه‌گیری خاصی استفاده کنیم تا نسبت‌ها را کوچک کند. امروزه پیش‌بینی فاینمن به حقیقت پیوسته است و نانوفناوری دریچه جدیدی بر علم گشوده است.

اخیراً در عملیات باستان شناسی کشف شده که برخی از سرامیک‌های لعاب دار دوره خلفای عباسی دارای طرحی بسیار پیچیده هستند و چندین رنگ و تلألؤ رنگین کمانی را از خود نشان می‌دهند. تعدادی از این کاشی‌ها در برخی از مساجد تونس نیز به کار برده شده است. وقتی نور سفید به این سرامیک‌ها برخورد می‌کند، رنگ آن تغییر می‌کند. این جلوه از کنار هم قرار گرفتن نانوذرات مختلف با خواص نوری منحصر به فرد به‌وجود می‌آید.

نانوفناوری بر صنایع الکترونیک و داروسازی، مراقبت از سلامتی، آب و هوا و محیط زیست، انرژی، شیمی و کشاورزی، علوم رایانه و فناوری اطلاعات اثر می‌گذارد و سلامتی و رفاه مردم را بالا می‌برد و ... . این علم، شکل بیشتر صنایع را تغییر می‌دهد و باعث ساخت وسایل کوچک‌تر، ارزان‌تر و سبک‌تر با تحمل و سرعت بیشتر می‌شود. به‌این ترتیب مواد خام و انرژی کمتری مصرف می‌شود.

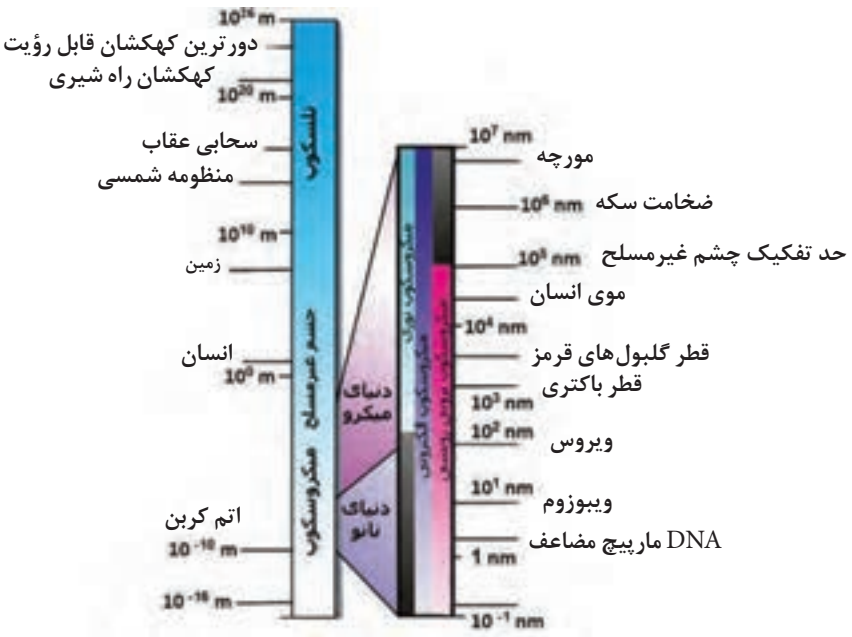
از دیگر اثرات نانو فناوری در ارتباط با نحوه عملکرد رایانه‌ها است که سرعت آنها را بیشتر می‌کند و همچنین علوم ارتباطات را گسترش می‌دهد. نانوالکترونیک ظرفیت تجهیزات نظامی را گسترش می‌دهد، روبات‌ها را پیشرفته‌تر می‌کند و به علوم مختلف نظیر فیزیک، شیمی و مهندسی تولدی دوباره می‌دهد. با نانو فناوری می‌توان ساختمان‌ها و خودروهایی با مصالح و مواد اولیهٔ سبک‌تر و مقاوم‌تر ساخت. برد هواپیمای نظامی و ظرفیت باربری هواپیما بیشتر می‌شود و مصرف سوخت در ماشین‌ها کاهش می‌یابد. امکان پرتاب سفینه به خارج از مدار زمین و حتی خارج از منظومه شمسی افزایش می‌یابد. هواپیماها، موشک‌ها و ایستگاه‌های فضایی از قدرت و کاربرد بیشتر و وزن سبک‌تر و مواد با

ثبات بیشتری برخوردار می‌شوند. فناوری نانو، امکان استفاده از انرژی حرارتی خورشید را برای تجهیزات الکتریکی و دستگاه‌های ذخیره انرژی افزایش می‌دهد، آب و هوای آلوده یک مشکل جهانی است. محصولات با فناوری بالا به مردم اجازه می‌دهد تا کمتر از تأثیرات سوءِ آب و هوایی صدمه ببینند. همچنین، تجهیزات پیشرفته و ارزان برای تحقیقات پزشکی و مراقبت از سلامتی را فراهم می‌کند.

شکل ۱- حسگر با ابعاد بسیار کوچک برای پاک‌سازی عروق بدون نیاز به جراحی

نانو مواد

موادی که حداقل یکی از ابعاد آنها در مقیاس ۱ الی ۱۰۰ نانومتر باشد، نانو مواد در نظر گرفته می‌شود. یک نانومتر برابر با یک میلیاردم متر است. این اندازه ۵۰۰۰۰ بار کوچک‌تر از قطر یک تار موی انسان است. به‌طور میانگین ۳ تا ۶ اتم در کنار یکدیگر، طولی معادل یک نانومتر را می‌سازند که این خود به نوع اتم بستگی دارد (یک نانومتر = ۶ اتم هیدروژن در کنار یکدیگر). کوچک‌ترین اشیای قابل دید توسط چشم غیرمسلح اندازهٔ حدود ۱۰۰۰۰ نانومتر دارد. در شکل ۲ مقایسه مقیاس‌های طولی با مثال‌های گوناگون نشان داده شده است.

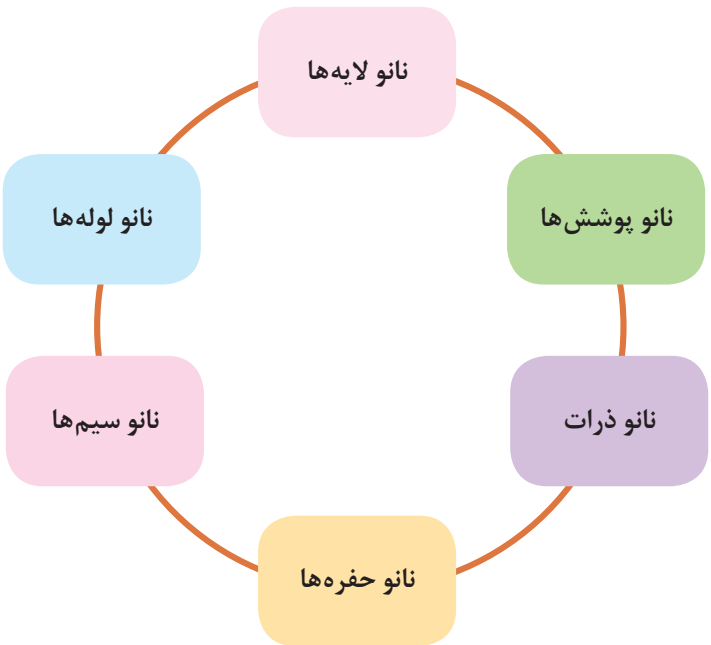


شکل ۲- مقیاس‌های طولی مختلف

همهٔ مواد از جمله فلزات، نیمه‌هادی‌ها، شیشه‌ها، سرامیک‌ها و پلیمرها در ابعاد نانو می‌توانند وجود داشته باشند. همچنین فناوری نانو می‌تواند تمامی ذرات بی‌شکل (آمورف)، کریستالی، آلی، غیرآلی و یا به صورت منفرد، مجتمع و پودر را در برگیرد.

دسته بندی نانو مواد

مواد در مقیاس نانو مطابق شکل ۳ تقسیم‌بندی می‌شوند:



شکل ۳- انواع ساختارها در مقیاس نانو

اکنون به معرفی بعضی از موارد بالا می‌پردازیم:

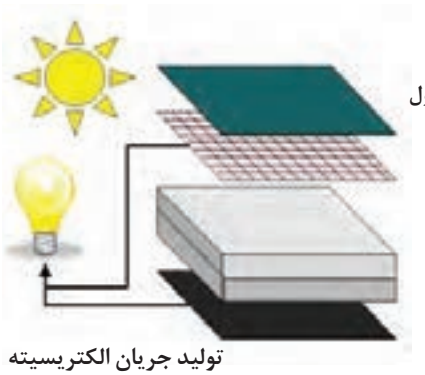
نانو پوشش‌ها

یکی از مواردی که در حال حاضر فناوری نانو در آن به‌طور گسترده و مؤثری مورد استفاده قرار گرفته است، پوشش‌ها و فرایندهای پوشش‌دهی است. تحقیقات صورت گرفته بر روی نانوپوشش‌ها نشان می‌دهد که خواص آنها نسبت به پوشش‌های معمولی بهبود چشمگیری یافته است.

پوشش‌ها دارای کاربردهای متنوعی از صنایع اتومبیل گرفته تا صنایع لوازم خانگی هستند. نانوپوشش‌ها از سطوحی که در معرض آسیب‌های محیطی مانند باران، برف، نمک‌ها، رسوب‌های اسیدی، اشعهٔ ماورای بنفش، نور آفتاب و رطوبت می‌باشند، محافظت می‌کنند.

نانو پوشش‌های حفاظتی برای افزایش مقاومت در مقابل خوردگی، افزایش سختی سطوح و حفاظت در مقابل

عوامل مخرب محیطی هستند. علاوه بر آن، فناوری نانو از خش برداشتن، تکه تکه شدن و خرده شده روکش‌ها جلوگیری می‌کند. از موارد استفادهٔ نانو پوشش‌ها می‌توان به روکش‌های ضد انعکاس در مصارف خودروسازی و سازه‌ای، روکش‌های محافظ (ضد خش، غیر قابل رنگ‌آمیزی و قابل شستشوی آسان) و روکش‌های تزئینی اشاره کرد. از جمله کاربرد نانوپوشش‌ها در سطح سلول‌های خورشیدی است که به منظور افزایش جذب نورخورشید و افزایش بازده سلول‌های خورشیدی به‌کار می‌رود.



شکل ۴- کاربرد پوشش در سطح سلول خورشید

استحکام و سختی بالای نانوپوشش‌های سرامیکی زمینهٔ کاربرد آنها در ادوات نظامی را فراهم کرده است. همچنین استفاده از پوشش‌های سرامیکی در تجهیزات دریایی، هزینه و صدمات ناشی از خوردگی را به شدت کاهش داده است. از جمله نانوپوشش‌های سرامیکی، پوشش‌هایی است که از نانوذرات آلومینا (Al_2O_3) و تیتانیا (TiO_2) تهیه می‌شوند.

تحقیق

با جستجو در منابع مختلف لیستی از کاربردهای نانو پوشش‌ها تهیه کنید.

نانوسرامیک‌ها

با پیدایش نانو فناوری، نانو سرامیک‌ها هرچه بیشتر اهمیت خود را نشان دادند. زمان تولید نانو سرامیک‌ها را می‌توان دههٔ ۹۰ میلادی دانست. در این زمان نانوپودرهای سرامیکی تولید شدند. با استفاده از نانو پودرها، دمای پخت کاهش می‌یابد و روش‌های ساخت مواد ساده‌تر می‌شود و در نتیجه هزینه تولید نیز کاهش خواهد یافت.

نانوسرامیک‌ها، سرامیک‌هایی هستند که اجزای سازنده آنها در حد نانومتر است و دارای خواص مکانیکی بهتر، استحکام بالاتر و انعطاف‌پذیری بیشتر هستند و همچنین خواص الکتریکی، مغناطیسی و نوری مطلوب‌تری خواهند داشت.

یکی از مشکلات سرامیک‌ها شکنندگی آنهاست که با

تولید سرامیک‌هایی در مقیاس نانو قابلیت شکل‌پذیری و ضربه‌پذیری آنها بهبود می‌یابد. سرامیک‌ها در کاربردهای هوافضا در حفاظت حرارتی و شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. کاربرد سرامیک‌های ساخته شده با فناوری نانو در حسگرها، الکترونیک و سازه‌های فضایی در حال گسترش است. در تکنولوژی ساخت رایانه‌ها نیز امکان وقوع تحولاتی با استفاده از تراشه‌های نانوسرامیکی به جای تراشه‌های سیلیکونی وجود دارد.

سرامیک‌ها و عصر الکترونیک

الکترونیک به طور قابل توجهی زندگی ما را در برگرفته است به نظر می‌رسد هر محصولی که می‌خریم از الکترونیک در آن استفاده شده است : دستگاه پخت نان که قابلیت برنامه‌ریزی برای پخت نان دارد، ساعت‌های جدید که در رأس هر ساعت صدای پرنده می‌دهند، اجاق مایکروویو که می‌داند چه مدت غذا را یخ‌زدایی کند یا پخت کند و البته رایانه رومیزی؛ بازار محصولات الکترونیکی بیش از ۱۵ تریلیون دلار در سال برآورد شده است.

نقش سرامیک‌ها در الکترونیک به چه میزان است؟

سرامیک‌ها به دلیل تنوعی که دارند به روش‌های گوناگونی در وسایل الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی از سرامیک‌ها کاملاً مانع از عبور الکتریسیته شده و نارسانا نامیده می‌شوند. آلومینای مورد استفاده در شمع خودرو از جمله سرامیک‌های نارساناست که برق را از خود عبور نمی‌دهد.

برخی از سرامیک‌ها که مقاومت نامیده می‌شوند مقدار کمی جریان را از خود عبور می‌دهند. مقاومت‌ها مقدار جریان عبور از سیم را کنترل می‌کنند. بنابراین جریان الکترون‌ها نیاز به کار بیشتری برای عبور دارد. این کار اضافی باعث ایجاد گرما می‌شود و در بعضی از موارد مقدار گرمای ایجاد شده به قدری است که می‌توان با آن اجاق‌ها، بخاری‌ها و المنت‌های مورد استفاده در ذوب شیشه و تراشه‌های سیلیسیمی را ساخت.

جدول ۱- رفتار متفاوت سرامیک‌ها در برابر الکتریسیته

انواع مواد الکتریکی	نوع رفتار
ابر رسانای الکتریکی	الکتریسیته را بدون هیچ مقاومتی از خود عبور می‌دهد.
رسانای الکتریکی	الکتریسیته را با مقاومت کمی از خود عبور می‌دهد.
نیمه رسانای الکتریکی	مانند یک دریچه ویژه عمل و جریان الکتریسیته را کنترل می‌کند.
نارسانای الکتریکی	از عبور الکتریسیته از سیم جلوگیری می‌کند.
مقاومت	الکتریسیته را از خود به سختی عبور می‌دهد.
خازن	الکتریسیته را ذخیره و برخی از سیگنال‌های الکتریکی را فیلتر می‌کند.
پیزو الکتریک	نیروی مکانیکی و الکتریسیته را به یکدیگر تبدیل می‌کند.
پایرو الکتریک	حرارت و الکتریسیته را به یکدیگر تبدیل می‌کند.
تراشه سیلیسیمی	به مانند مغز میکروپردازنده در مدارهای مجتمع یا آسیاب الکترونی دیگر عمل می‌کند.
ترمیستور	مقاومت آن با دما تغییر می‌کند.
وریستور	مقاومت آن با ولتاژ تغییر می‌کند.
حسگرهای رطوبت و گاز	مقاومت آنها با رطوبت و فشار گاز تغییر می‌کند.

برخی از وسایل الکتریکی به جریان متناوب و برخی به جریان مستقیم نیاز دارند. دانشمندان در سال ۱۸۷۰ کشف کردند که سرامیک طبیعی به نام گالنا یک نیمه رسانا است که می‌تواند جریان متناوب را به جریان مستقیم تبدیل کند. در واقع گالنا مانند یک خیابان یا تونل یک طرفه عمل می‌کند جریان متناوب در نیمه اول سیکل متناوب وارد گالنا می‌شود و از آن عبور می‌کند اما هنگامی‌که سیکل معکوس می‌شود نمی‌تواند باز گردد. بنابراین گالنا جریان متناوب را به مستقیم تبدیل می‌کند این کشف به دانشمندان اجازه داد تا وسایل الکتریکی جدیدی را ابداع کنند. یکی از مهم‌ترین کاربردهای این ابداع در رادیو است که امواج رادیویی را به پالس‌های الکتریکی و سپس صدا تبدیل می‌کند.

شکل۵- سنگ طبیعی گالنا

نقش سرامیک در فناوری مدارهای مجتمع

تراشه سیلیسیمی

آیا فکر کرده‌اید، چگونه دانشمندان ۱۶ میلیون ترانزیستور و تمام مسیرهای رسانای الکتریسیته، نارساناها، مقاومت‌ها و دیگر وسایل الکتریکی را در یک مدار مجتمع به‌اندازه ناخن شست جای می‌دهند؟

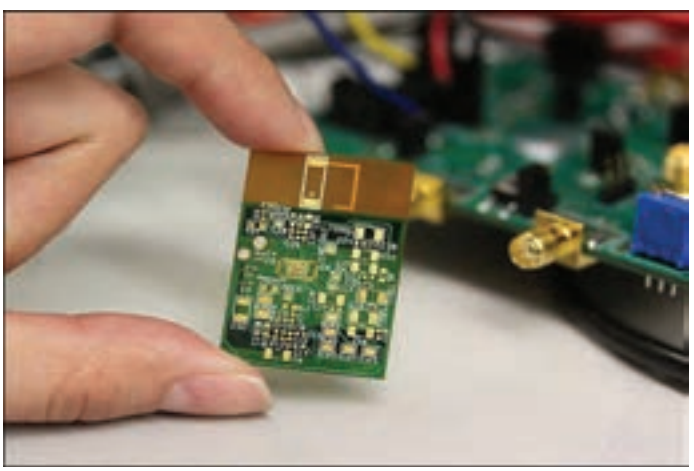
برای این کار هر قطعه‌را به‌اندازه حدود ۵۰۰نانومتر می‌سازند و بر روی سطح یک تراشه تک بلور سیلیسیمی به صورت لایه‌های متوالی قرار داده می‌شود. یک تراشه می‌تواند بیش از ۲۰ لایه داشته باشد که همه آنها به صورت یک مسیر مارپیچ به یکدیگر متصل می‌شوند.

شکل۶- تراشه سیلیسیمی

برای اینکه بتوانید پیچیدگی یک مدار مجتمع را تصور کنید یک ساختمان ۲۰ طبقه را در نظر بگیرید که دارای هزاران واحد است . هر واحد پر از سیم‌کشی‌های الکتریکی و وسایل برقی متفاوت مانند یخچال، تلویزیون و رایانه است. این وسایل برقی مانند اجزای منفرد یک ریز تراشه است که هر یک نیازمند اتصال مخصوص به خود هستند و در ضمن همگی به سیم‌کشی اصلی ساختمان متصل هستند.

حال لوله‌کشی آب را درنظر بگیرید؛ این نیز شبکه دیگری را تشکیل می‌دهد که در عین مجزا بودن به عملکرد مجتمع کمک می‌کند. سرانجام راهروها و درها را در نظر بگیرید که اینها نیز مدار دیگری را تشکیل می‌دهند. حال همه سیم‌کشی‌ها، لوله کشی‌ها، راهروها و کلیدهای برق، شیرها و درهای این ساختمان ۲۰ طبقه را به‌اندازه ناخن شست فشرده کنید. به نحوی که هیچ فضای خالی بین طبقات وجود نداشته باشد. این ساختار بسیار فشرده مثال خوبی از پیچیدگی مدارهای مجتمع جدید است. سیم‌کشی برق، لوله‌کشی و راهروها نشانگر پیچیدگی مسیرهای الکتریکی در این مدار مجتمع است. کلیدهای برق، شیرهای آب و درها نشانگر میکروسوئیچ‌ها و دریچه‌های کنترل مسیر جریان در مدار مجتمع هستند. میلیون‌ها وسیله برقی نشانگر قطعات الکتریکی گوناگون در مدار مجتمع هستند. مهندسی که مدارهای مجتمع را طراحی می‌کند، قطعات مورد نیاز برای هر کاربرد را در مدار مجتمع انتخاب می‌کنند.

در این قسمت نحوه ساخت مدارهای مجتمع مورد بررسی قرار داده می‌شود. ابتدا در مورد مواد داخل مدارهای مجتمع به ویژه سرامیک‌ها صحبت می‌کنیم.



شکل۷- تصویری از یک مدار مجتمع

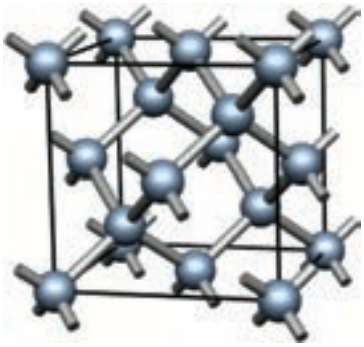
بیشتر مواد به کار رفته در مدارهای مجتمع نیمه رسانا هستند، یعنی در شرایطی مانع از عبور الکتریسیته و در شرایط دیگر باعث عبور آن می‌شوند. آنها مانند میکروسوئیچ‌هایی عمل می‌کنند که الکتریسیته را در مدار مجتمع هدایت می‌کنند تا وظایفی مانند ذخیره‌سازی اطلاعات یا انجام محاسبات پیچیده را انجام دهند.

برخی از مواد مانند سیلیسیم و ژرمانیم نیمه رسانای طبیعی یا ذاتی هستند زیرا دارای شکاف‌انرژی باریکی هستند و به انرژی زیادی برای جهش از شکاف انرژی و ایجاد جریان الکتریسیته نیاز ندارند. برخی از مواد از جمله سیلیسیم و ژرمانیم را می‌توان با افزودن مقدار کمی‌از عناصر دیگر مانند فسفر و برم یا بور به نیمه‌رساناهای طراحی شده یا غیرذاتی تبدیل کرد. افزودن این مواد را آلاییدن می‌نامند.

۱-Band Gap

نیمه رساناهای موجود در مدارهای مجتمع از کدام دسته هستند؟

از جمله مواد به کار رفته به عنوان نیم‌رسانا می‌توان ژرمانیم نام برد. ژرمانیم ساختاری شبیه به الماس دارد. بنابراین می‌توان گفت که بیشتر مدارهای مجتمع ساختار سرامیکی دارند.



شکل ۸- ساختار کریستالی ژرمانیم

چگونگی ساخت مدارهای مجتمع

اولین گام در ساخت مدار مجتمع ساخت یک تک بلور بسیار خالص و کامل سیلیسیمی‌است. دانشمندان یک روش متفاوت برای این کار ابداع کردند؛ آنها سیلیسیم را در یک بوته ساخته شده از سرامیک سیلیسی، ذوب کردند. پس از ذوب سیلسیم، تک‌بلور آن با روش مشابه ساخت نبات ایجاد می‌شود.

دومین گام ساخت مدارهای مجتمع برش دادن میله تک بلور به شکل صفحات نازک با ضخامت ۰/۰۰۶ سانتی‌متر و سایش و پولیش آنها تا رسیدن به یک سطح صاف و آیینه‌ای است. این روش شکل‌دهی ضروری است زیرا قطعاتی که بر روی سطح این صفحات شکل قرار داده می‌شوند پهنایی حدود ۵۰۰ نانومتر دارند. حتی کوچک‌ترین خراش یا تخلخل، قطعه را با مشکل مواجه می‌کند. تمام گام‌های برش، سایش و پولیش به وسیله سرامیک‌ها انجام می‌شود. پس از این مرحله‌ها لایه‌های متوالی با روش‌های مختلف بر روی زیر پایه سیلیسیمی‌قرار داده می‌شود.

کاربردهای الکتریکی دیگر سرامیک‌ها

نارساناهای الکتریکی سرامیکی

از زمان کشف الکتریسیته، سرامیک‌ها و شیشه‌ها به‌عنوان نارساناهای الکتریکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. سرامیک‌ها به‌عنوان نارسانای الکتریکی تقریباً در همه دستگاه‌های الکتریکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند؛ به‌طور مثال سرامیک‌ها در رادیو، تلویزیون، لوازم برقی خانگی و موتور دستگاه‌های مخابراتی، سامانه‌های مایکروویو، رایانه‌ها، دستگاه‌های صنعتی، پزشکی و سامانه‌های فضانوردی و نظامی به‌کار گرفته می‌شوند. یکی از قدیمی‌ترین کاربردهای نارساناهای سرامیکی، نارسانا کردن خطوط انتقال برقی است که برق را از مدار هیدروالکتریک به نیروگاه‌های برق و سپس به خانه‌ها منتقل می‌کنند. وقتی از کنار دکل‌های بزرگ برق عبور کرده باشید متوجه خواهید شد که سیم‌ها هرگز به دکل‌ها وصل نمی‌شوند بلکه به نارساناهای بزرگ سرامیکی متصل می‌شوند. این نارساناهای سرامیکی باید بتوانند ولتاژهای بسیار زیاد را تحمل کنند و همچنین به‌اندازه کافی مستحکم باشند که وزن سیم‌ها را حتی در هنگام بارش یا کولاک تحمل کنند. هنگامی‌که الکتریسیته به خانه‌ها می‌رسد، نارساناهای سرامیکی، پریزها و دوشاخه‌های برق، حفاظت درمقابل شوک الکتریکی و نیز آتش را انجام می‌دهند.

کاربرد مهم دیگر نارساناهای سرامیکی در زیر پایه یا گیره‌هایی است که سامانه‌های الکتریکی دیگر را به آنها متصل می‌کنند. پلاستیک تقویت شده با الیاف شیشه مثالی از یک زیر پایه است و سرامیک‌هایی مانند آلومینا هدایت حرارتی بالایی نسبت به پلاستیک‌ها دارند و می‌توانند حرارت را با سرعت از خود دور کنند، به عنوان نارسانا در زیر پایه یا گیره‌هایی که سامانه‌های الکتریکی را به آنها متصل می‌کنند مورد استفاده قرار می‌گیرند.

برخی از محصولات مانند برخی از اجزای لیزر به سرامیک‌هایی نیاز است که حرارت را بهتر از آلومینا منتقل می‌کنند. اکسید برلیم و نیترید آلومینیم هر دو حرارت را سریع‌تر از آلومینا و تقریباً به سرعت دیگر فلزات منتقل می‌کنند. اما بهترین ماده در انتقال حرارت الماس است؛ الماس حرارت را ۵ تا ۱۰ مرتبه سریع‌تر از بهترین فلزات دور می‌کند.

جدول ۲- هدایت حرارتی مواد مختلف

نوع ماده	هدایت حرارتی $(W/m^{\circ}K)$
SiO_2	۱۰
Al_2O_3	۲۵ ـ ۴۰
MgO	۲۵ ـ ۵۰
SiC	۲۵ ـ ۱۰۰
Si_3N_4	۵۰
AlN	۱۲۰-۲۲۰
BN	۱۰۰ـ۲۵۰
BeO	۲۷۰

سرامیک‌های دی الکتریک و خازن‌ها

خازن‌های سرامیکی قطعات الکتریکی هستند که تقریباً در تمام دستگاه‌های الکتریکی به کار می‌روند. خازن یک نوع نارسانای خاص به نام دی الکتریک است. اگرچه دی‌الکتریک جریان را از خود عبور نمی‌دهد اما تحت تأثیر الکتریسیته قرار می‌گیرد. در اثر جریان الکتریسیته، دی الکتریک سرامیکی دارای بار مثبت و منفی می‌شود که سبب ایجاد قطبیت در آن می‌گردد و در این حالت ذخیره الکتریسیته در سرامیک اتفاق می‌افتد.

برخی از سرامیک‌ها بهتر قطبی می‌شوند؛ آلومینا قطبی‌بودن کمی از خود نشان می‌دهد به همین دلیل نارسانای بسیار خوبی است. یک سرامیک ویژه به نام تیتانات باریم هزار مرتبه بیشتر از آلومینا قطبی می‌شود و برای ساخت خازن‌ها بسیار مفید است. میزان قطبی‌بودن مواد مختلف با ثابت دی‌الکتریک بیان می‌شود. در جدول ۳ ثابت دی‌الکتریک مواد مختلف بیان شده است.

جدول ۳- حمایت دی الکتریک مواد مختلف

نوع ماده	ثابت دی‌الکتریک
هوا	۱/۰۰
شیشه	۷/۷۵
میکا	۵/۴۰
کاغذ	۳/۰۰
پرسلان	۵/۵۷
پیرکس	۴/۸۰
کوارتز	۳/۸۰
تفلون	۲/۱۰

کاربرد مهم سرامیک‌های دی الکتریک در تلفن همراه است که در آن دی الکتریک به عنوان فیلتر عمل می‌کند. گوشی تلفن همراه دائماً در معرض امواج ناخواسته رادیویی، تلویزیونی و امواج خواسته تلفنی قرار دارد. هر یک از این سیگنال‌ها طول موج و فرکانس مخصوص به خود را دارند. سرامیک دی‌الکتریک در یک تلفن همراه به نحوی طراحی شده است که فقط از آن فرکانس تلفن عبور کرده و بقیه فرکانس‌ها را جدا می‌کند.

ابررساناهای سرامیکی

ابررساناهای سرامیکی برای اولین بار در سال ۱۹۸۷ کشف شدند. این ابر رساناهای سرامیکی قادر بودند با هزینه کمتری از ابررساناهای فلزی کار کنند و با کاهش اتلاف الکتریکی در حین انتقال، ذخیره‌سازی را درپی داشتند.

چرا ابر رساناها تا این حد مهم هستند؟

ابر رساناها هیچ مقاومتی در برابر عبور جریان از خود نشان نمی‌دهند. بیشتر مواد حتی بهترین رساناهای فلزی یعنی مس و نقره نیز مقداری مقاومت الکتریکی دارند و الکتریسیته برای عبور از آنها باید کار انجام دهد. این امر

باعث اتلاف بخشی از انرژی الکتریکی و ایجاد گرما می‌شود. ابر رساناهای سرامیکی کم هزینه‌تر از ابر رساناهای فلزی هستند زیرا ابر رساناهای فلزی در دماهای بسیار پایین ابررسانا می‌شوند.
اولین ابررسانا یعنی جیوه که در سال ۱۹۱۱ کشف شد باید تا حدود $-۲۶۹^{\circ}C$ سرد می‌شد تا ابررسانا شود. تنها روش برای رسیدن به‌این دمای بسیار پایین غوطه‌ورکردن جیوه در هلیم مایع بود که روشی پرهزینه و بسیار گران بود. ابررسانای سرامیکی کشف شده در سال ۱۹۸۷ نیاز داشت که تا دمای $-۱۸۱^{\circ}C$ سرد شود که با استفاده از نیتروژن مایع این دما ایجاد می‌شد. نیتروژن نسبت به هلیوم بسیار ارزان‌تر است و بنابراین کاهش هزینه‌ها را در پی خواهد داشت.

سرامیک‌های مغناطیسی

سرامیک‌ها می‌توانند خاصیت مغناطیسی داشته باشند و در دستگاه‌های ضبط، نوار ضبط، بلندگوها و در تمام موتورهای لوازم جانبی خودروها که حرکت دارند (مانند موتور برف‌پاک‌کن، صندلی‌های برقی، پنجره‌های برقی و غیره) به‌کار روند.

سؤال

با جستجو در منابع مختلف، چند ماده سرامیکی دارای خاصیت مغناطیسی را نام ببرید.

اعجازهای پزشکی

اولین کاربرد سرامیک‌های پزشکی مربوط به عدسی عینک است که به قرن دوازدهم باز می‌گردد. پس از آن در سال ۱۷۷۴ پرسلان‌های سرامیکی به‌عنوان جایگزین برای دندان‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

سرامیک‌های دندانی

اولین تلاش ثبت شده برای استفاده از سرامیک‌ها به عنوان جایگزین دندان در سال ۱۷۷۴ توسط یک دندان‌پزشک فرانسوی انجام شد. هنگامی‌که‌این دندان‌پزشک پرسلان سرامیکی را برای اولین بار دید متوجه شباهت زیاد آن با دندان طبیعی شد. قبل از آن، مواد دیگری مانند عاج، استخوان، چوب و دندان حیوانات نیز برای این کار مورد استفاده قرار گرفته بود. اما این مواد چندان مؤثر نبودند، زیرا به سرعت لکه‌دار می‌شدند.
از سال ۱۷۷۴ و به ویژه در ۴۰ سال گذشته سرامیک‌های دندانی به گونه‌ای اصلاح شدند تا رنگ و شفافیت دندان طبیعی را بازسازی کنند و استحکام بیشتری داشته باشند. علاوه بر استفاده از سرامیک‌ها به عنوان دندان مصنوعی آنها به عنوان روکش، پر کردنی و تاج دندان نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. روکش از یک لایه نازک سرامیکی تشکیل شده است که معمولاً بر سطح قابل رؤیت دندان‌های جلویی چسبانده می‌شود. ماده پرکردنی سرامیکی جایگزین مناسبی با رنگ طبیعی می باشد که برای ترمیم حفرات دندانی به جای پرکردنی‌های ساخته شده از آلیاژ نقره، قلع، جیوه مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین از یک پوسته سرامیکی توخالی جهت پوشش سطح خارجی دندان به عنوان

شکل ۹- روکش‌های پرسلانی

سرامیک‌ها در ارتودنسی (ردیف کردن دندان‌های نامنظم) نیز کاربرد دارند برای منظم کردن دندان، یک گیره توسط چسب به دندان متصل می‌کنند و یک سیم فلزی را از بین گیره‌های نصب شده بر روی دندان‌ها عبور داده می‌شود تا یک فشار یکنواخت به دندان‌ها وارد شود و آنها را به تدریج منظم کند. در گذشته‌این گیره‌ها را از فلزات می‌ساختند اما به دلیل براقیت فلزات این گیره‌ها بر روی دندان‌ها مشخص بودند و ظاهر جالبی نداشتند.

الف) فلزی

ب) سرامیکی

شکل ۱۰- گیره ارتودنسی فلزی و سرامیکی

پیوند گوش میانی

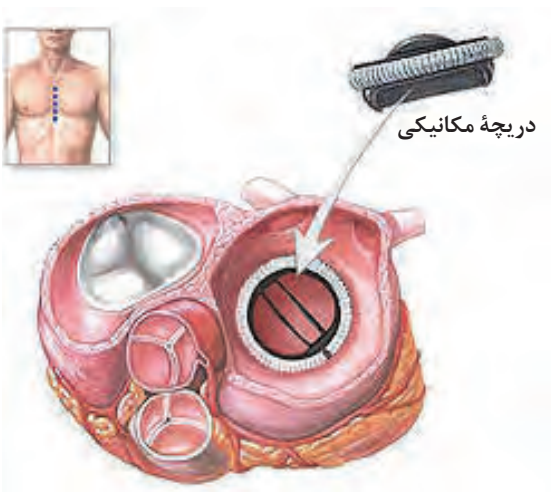
بسیاری از مردم به دلیل بیماری یا آسیب به استخوان‌های کوچک گوش که لرزش‌های صدا را از پرده صماخ به گوش داخل منتقل می‌کنند، دچار مشکل ناشنوایی می‌شوند. جایگزین‌های پلیمری و فلزی زیادی برای گوش میانی مورد استفاده قرار گرفته است، اما به دلیل عدم پیوند این جایگزین با پرده صماخ کارایی مناسبی نداشته است. دانشمندان موفق به ساخت شیشه‌ای شده‌اند که با بدن سازگاری دارد و با بافت‌های نرم و سخت پیوند برقرار می‌کنند و توسط بدن پس زده نمی‌شوند. جراحان می‌توانند این کاشتنی‌ها را در حین جراحی به طور دقیق به شکل گوش درآورند.

الف) کاشتنی گوش　　ب) برش حفره‌ای از گوش

شکل ۱۱- تصویر گوش و محل قرارگیری کاشتنی گوش

پیوند دریچه قلب

یکی از نارسایی‌های قلبی مربوط به دریچه‌های آئورتی است که نمی‌توانند با هر بار تپش قلب به درستی بسته شوند. هنگامی‌که دریچه‌های قلب به خوبی عمل نمی‌کنند، خونی که باید از قلب خارج شود مجدداً به قلب باز می‌گردد که باعث کاهش میزان خون جریان یافته با هر ضربان قلب می‌شود. دانشمندان علم سرامیک یک دریچه مکانیکی مصنوعی سرامیکی ساخته‌اند که استفاده از آن موفقیت‌آمیز بوده است. این دریچه از یک ماده کربنی ویژه به نام کربن پیرولیتیک ساخته شده است و مانند دری که فنر به آن وصل شده است عمل می‌کند. این دریچه با هر بار ضربان قلب باز و سپس بسته می‌شود. کربن پیرولیتیک برای جایگزین شدن به جای استخوان نیز مناسب است.



شکل ۱۲- دریچه قلب مصنوعی

پروتز

محققان در ساخت بازوی دست و دیگر پروتزهای مصنوعی به پیشرفت‌های قابل توجهی دست یافته‌اند. سرامیک‌ها نقش روز افزون و مهمی‌در این زمینه به‌عنوان الیاف مستحکم برای تقویت پلیمرها بازی می‌کنند. کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف نسبت استحکام به وزن بالایی دارند و در نتیجه پروتزهای بسیار سبک و مستحکمی را می‌توان با این مواد طراحی کرد. موضوع مورد توجه در این زمینه، حسگرهای سرامیکی است که در پروتزها کار گذاشته می‌شوند تا حس لامسه را ایجاد کند و بر هم کنش ناخواسته با اجسام را محدود کنند. این فناوری هنوز در گام‌های اولیه توسعه قرار دارد اما حسگرهای پیزو الکترویک و حسگرهای سرامیکی دیگر در این زمینه کاربردهای بیشتری خواهند داشت.

شکل ۱۳- بخش بالایی یک پروتز مفصل ران

سرامیک‌های مورد استفاده در دستگاه‌های تنظیم ضربان قلب

قلب عضوی است که با سرعت ثابتی می‌تپد. گاهی به ویژه در پیری ضربان قلب به نحو خطرناکی افزایش می‌یابد. پزشکان متوجه شده‌اند که شوک‌های الکتریکی ملایم می‌تواند ضربان قلب را به سرعت معمولی بازگرداند.
دستگاه تنظیم ضربان قلب، دستگاهی است که با عمل جراحی در قفسه سینه کار گذاشته می‌شود تا برای کنترل سرعت ضربان قلب به طور پیوسته پالس‌های الکتریکی رها کند. نارساناهای الکتریکی خازن‌های سرامیکی و واشرهای شیشه‌ای که مانع از ورود مایعات بدن به داخل دستگاه می‌شوند از اجزای مهم این دستگاه محسوب می‌شوند. امروزه حتی محفظه بیرونی برخی از این دستگاه‌ها از سرامیک‌هایی مانند آلومینا ساخته می‌شود زیرا سرامیک‌ها بیش از سایر مواد با بدن سازگار هستند.

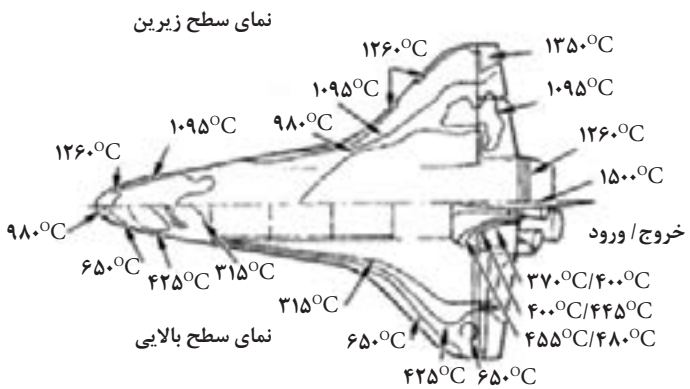
کاربردهای دما بالای سرامیک‌ها در هوا ـ فضا

کاشی‌های سرامیکی که سطح فضاپیما را می‌پوشانند به عنوان محافظ حرارتی عمل می‌کنند. در موتورهای توربین گازی سرامیک‌هایی با ضخامت بسیار کمتر به‌عنوان پوشش‌های محافظت حرارتی به‌کار می‌روند تا از فلز زیرین در برابر دمای بالای موتور محافظت کنند. متداول ترین این مواد زیرکونیا است. لایه‌ای به ضخامت حدود ۰/۰۶ سانتی‌متر از این ماده می‌تواند دمای فلز زیرین را تا حدود ۲۰۰ درجه سلسیوس کاهش دهد،

به همین دلیل موتور را می‌توان در دمای بالاتر به کار برد. استفاده از موتور در دمای بالاتر قدرت آن را افزایش و سوخت مصرفی را کاهش می‌دهد.
یک کاربرد دما بالای دیگر سرامیک‌ها در موتور هواپیما است. موتور هواپیما نیز مانند خودرو به شمع یا جرقه زن برای احتراق سوخت نیاز دارد، اما دمای موتور هواپیما بسیار بیشتر است. نارسانای شمع خودرو باید این دمای بالا و شوک را تحمل کند. نیتریدسیلیسیم گزینه مناسبی برای این کاربرد است.
سرامیک‌ها در قسمت‌هایی از هواپیما که در معرض دمای بالا هستند، کاربرد دارد. قطعات سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی نیز در مشعل و بسیاری از قطعات موتورهای توربین گازی در حال توسعه به‌کار می‌روند.

سرامیک در صنایع فضایی

سرامیک‌ها به دلیل ویژگی پایداری حرارتی بالا کاربرد گسترده‌ای‌دارند. آشناترین کاربرد سرامیک‌ها در فناوری هوا- فضا شاتل هوایی یا فضاپیما است. سطح خارجی فضاپیما با حدود ۳۳۰۰۰ کاشی سرامیکی پوشانده می‌شود که بدنه آلومینیمی و نیز فضانوردان را از دمای بالا در حین خروج و نیز بازگشت به اتمسفر زمین محافظت می‌کند. اصطکاک ایجاد شده بین شاتل و هوای اطراف در سرعت بالا به قدری است که دمایی حدود ۱۴۵۰ °C ایجاد می‌کند که این دما تقریباً دو برابر نقطه ذوب آلیاژهای آلومینیمی است که بدنه شاتل از آنها ساخته شده است.
دماغه و لبه بال‌ها در معرض بیشترین اصطکاک هستند و بالاترین دما را در شاتل دارند، بنابراین در این قسمت‌ها کامپوزیت سرامیکی به کار می‌رود. این کامپوزیت از الیاف کربن در زمینه کربنی تشکیل می‌شود که مقاومت دمایی بسیار بالایی دارد، اما اگر در دمای بالا در تماس با اکسیژن قرار گیرد، می‌سوزد. برای ممانعت از تماس با اکسیژن، این کامپوزیت ابتدا با لایه‌ای از کاربید سیلیسیم و سپس با لایه‌ای از دی‌اکسیدسیلیسیم پوشانده می‌شود. سایر قسمت‌های شاتل دماهای پایین‌تری دارند و معمولاً به بیشتر از ۱۲۰۰ °C نمی‌رسد و بنابراین بدنه آلومینیمی با کاشی‌هایی از جنس سیلیس محافظت می‌شود. نقطه ذوب سیلیس ۱۷۰۰ °C است، بنابراین مقاومت بالایی برای کاربرد در شاتل‌ها دارد.

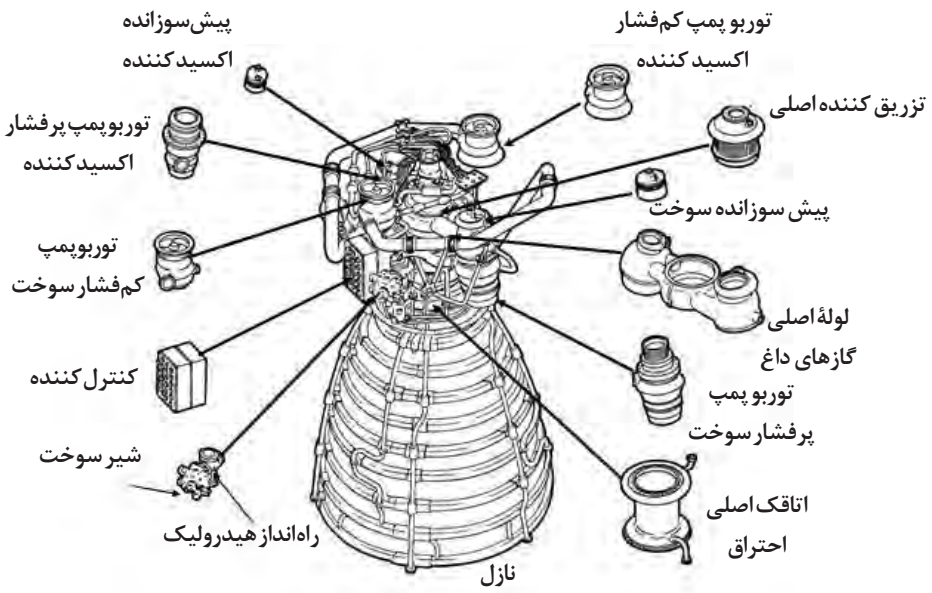


شکل ۱۴- نقشه دمایی شاتل (از نمای زیرین و بالایی)

سؤال

به نظر شما برای کاشی شاتل اکسید سیلیسیم متخلخل مناسب است؟ چرا؟

سرامیک‌ها کاربردهای دیگری نیز در شاتل‌ها دارند، از جمله آنها آسترکاری نازل هدایت موشک است تا در برابر دمای بالا محافظت شوند. همچنین سرامیک‌ها در قطعات پیشرفته، حسگرهای دما و فشار و در تقویت قطعات فلزی نیز کاربرد دارند.



شکل۱۵- نازل موشک و اجزای آن