
مروری بر نانوتکنولوژی

پزشکی

گردآورندگان:

دکتر مهدی محمدزاده

عضو هیات علمی دانشگاه ارومیه

دکتر عباس بهادر

عضو هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی تهران

سیدمهدی نوراشرفالدین

دانشجوی دکتری تخصصی دانشگاه علوم پزشکی تبریز

محمدزاده،

مهدی..

مروری بر نانو تکنولوژی پزشکی / تألیف مهدی

محمدزاده، ارومیه : دانشگاه ارومیه ، 1393

362ص. : مصور، جدول، نمودار -. (انتشارات دانشگاه

ارومیه: 166)

شابک : 978-600-6648-55-2

1- نانو پزشکی .. الف- بهادر، عباس، گردآورنده

همکار. ب. نور اشرف الدین، مهدی، گردآورنده

همکار. ج. عنوان. د- فروست.

کتابخانه ملی 3688905م

1393، 857، 2م/ن، R



عنوان: مروری بر نانو تکنولوژی پزشکی

گردآورندگان: مهدی محمدزاده و عباس بهادر و مهدی

نور اشرف الدین

ناشر: دانشگاه ارومیه

سال نشر: 1393

سری انتشارات: 166

شمارگان: 1000

شابک: 978-964-6544-55-2

پیشگفتار

مجموعه‌ای که در حال حاضر پیش روی شماست حاصل مطالعه و جمع‌بندی مطالب مطرح در جدیدترین کتاب‌ها در زمینه نانو تکنولوژی پزشکی می‌باشد. امروزه، کتاب‌های تألیفی، ترجمه‌ای و تدوین شده در این زمینه خیلی

کم است و کمبود در این زمینه خیلی احساس می شود. کتاب حاضر با عنوان مروری بر نانوتکنولوژی پزشکی در چهارده فصل تدوین شده است که به ترتیب شامل فصل اول کلیات نانوتکنولوژی، فصل دوم زیست مواد، فصل سوم ابزار و تکنیک های نانوتکنولوژی، فصل چهارم نانوبیوتکنولوژی، فصل های بعدی در زمینه کاربردهای نانوتکنولوژی و در نهایت در فصل پایانی تست های آزمون های دوره های کارشناسی ارشد و دکترای تخصصی همراه با جواب ها می باشد. این اثر گردآوری شده منطبق بر سرفصل های ارائه شده توسط وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی بوده و حاوی کلیه مطالب اساسی و ضروری نانوتکنولوژی پزشکی می باشد، لذا این مجموعه علاوه بر دانشجویان دوره های تحصیلات تکمیلی و داوطلبان آزمون کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی (*Ph.D*) رشته نانوتکنولوژی پزشکی، جهت تمامی دانش پژوهان و دانشجویان محترم رشته های پزشکی، دندانپزشکی، داروسازی، علوم آزمایشگاهی، زیست شناسی، پرستاری و مامایی، علوم تغذیه، توانبخشی، فن آوری های نوین پزشکی و سایر رشته های مرتبط بسیار مناسب است و توصیه می شود.

خداوند را سپاسگزاریم که بعد از مدت ها تلاش توفیق تقدیم این کتاب به علاقمندان حاصل شد و امید است خوانندگان محترم ضمن مطالعه کتاب، ما را از نظرات و پیشنهاد های ارزنده بهره مند سازند تا در ویرایش های بعدی، اصلاحات لازم صورت گیرد. در ضمن لازم می دانیم از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه، ریاست محترم و معاونت پژوهشی دانشکده علوم، داوران علمی،

ویراستاران علمی، ادبی این اثر که امکان نشر این اثر را فراهم نموده‌اند، تشکر
نماییم.

با آرزوی موفقیت همه دانش‌پژوهان در تمامی عرصه‌های علم و زندگی.

گردآورندگان

دی ماه

سال 93

فهرست مطالب

14	فصل اول: کلیات نانو تکنولوژی
14	مقدمه و تاریخچه
18	فولرینها (Fullerenes)

22	نانولوله‌ها (Nanotubes).....
26	نانوذرات نقره.....
28	نانوپوسته‌های طلا.....
28	نقاط کوانتومی (Quantum dots).....
30	نانوسیم‌ها (Nanowires).....
32	درخت‌سان‌ها (Dendrimers).....
33	فصل دوم: زیست مواد.....
35	نسل اول زیست مواد.....
36	زیست‌مواد طبیعی.....
36	فلزات و آلیاژها.....
37	فلزات خالص.....
37	آلیاژها.....
39	آلیاژهای با حافظه شکلی (SAMS).....
39	سرامیک‌ها.....
41	پلیمرها.....
43	کامپوزیت‌ها.....
44	نسل دوم زیست‌مواد.....
45	پلیمرهای زیستی تجزیه‌پذیر.....
46	هیدروژل‌ها.....
49	سرامیک‌های زیست فعال و تجزیه‌پذیر.....
49	نسل سوم زیست‌مواد.....
50	کاربرد زیست‌مواد در مهندسی بافت.....
52	میکرو/نانوتکنولوژی.....
52	رابطه میکروساخت با میکروتکنولوژی.....
53	رابطه نانو ساخت با نانوتکنولوژی.....
55	فصل سوم: ابزارها و تکنیک‌های نانوتکنولوژی.....
55	روش‌های اندازه‌گیری و تعیین مشخصات مواد.....
55	الف: روش‌های تعیین مشخصات مواد براساس عملکرد.....
57	ب: روش‌های تعیین مشخصات مواد براساس خواص فیزیکی.....
57	ج: روش‌های تعیین مشخصات مواد براساس ماهیت شناسایی.....

58	 میکروسکوپ الکترونی
60	 میکروسکوپ الکترونی گذاره (T.E.M)
61	 تهیه نمونه برای مطالعه و بررسی با T.E.M
63	 کاربردهای ویژه T.E.M
64	 میکروسکوپ الکترونی نگاره (S.E.M)
65	 اساس کار S.E.M
66	 میکروسکوپ الکترونی با ولتاژ زیاد (H.V.E.M)
66	 میکروسکوپ پروپ پیمایشگر SPM
66	 میکروسکوپ نیروی اتمی (Atomic Force Microscopy)
67	 اصول کار AFM
70	 انواع مدهای AFM
72	 کاربردهای AFM
73	 میکروسکوپ تونل زنی نگاره (Scanning Tunneling Microscopy)
74	 روش کار STM
75	 مد جریان ثابت
75	 مد ارتفاع ثابت
77	 فصل چهارم: نانو بیوتکنولوژی
77	 مقدمه
80	 درسی از طبیعت
80	 موتورهای مولکولی خطی و چرخان
81	 F1Fo ATPase
82	 موتورهای مولکولی خطی
82	 پوسته های صدف
83	 نانوتکنولوژی DNA
83	 تجمع ساختاری DNA
84	 تعیین توالی DNA از طریق منافذ نانومقیاس
85	 نانوتیوب های کربنی همراه با DNA
85	 سطوح اصلاح شده با DNA
86	 نانوذرات
86	 نانوذرات جهت اندازه گیری های بیولوژیکی

88	نانوذرات به عنوان حامل‌های دارویی
90	نانوذرات به عنوان معرف‌های کنتراست
90	نگاهی به آینده و ملاحظات اقتصادی
94	فصل پنجم: کاربرد سیستم‌های میکرو و نانوالکترومکانیکی در پزشکی و جراحی
94	مقدمه
94	علم مواد
96	میکروتکنولوژی‌های خاص بیماری‌ها
96	دیابت
102	بیماری‌های قلبی عروقی
106	حس کردن از راه دور
107	دستگاه گوارش
108	انکولوژی
109	MEDDS خوراکی
110	کاربرد در صرع، هیدروسفالی و آسیب مغزی (نورو تروما)
112	تکنولوژی جراحی
115	فصل ششم: کاربرد نانوتکنولوژی در کاردیولوژی و جراحی قلب
115	مقدمه
116	قسمت اول: کاربردهای تشخیصی نانوتکنولوژی در کاردیولوژی
116	تصویربرداری مولکولی از آنژیوژنز
117	تصویربرداری سلولی
118	پذیرنده‌های مولکولی مصنوعی
118	حسگرهای شتاب سیالی
119	کاربردهای درمانی دارورسانی هدفمند ضدتکثیر /جلوگیری از تنگی مجدد پس از بازگشایی عروق از طریق پوست
119	داروهای هوشمند
120	نانوروبات‌ها
121	نانوبازارهای مبتنی بر DNA
121	ابزارهای کمکی در آنژیوژنز
122	رسمپروسیست
123	کلاتوسیت

قسمت دوم: کاربردهای درمانی نانوتکنولوژی در کاردیولوژی و جراحی قلب	124
کاربرد در درمان ایسکمی قلبی	124
گردش خون خارج از بدن / ذخیره سازی مجدد جریان کرونری / پرفیوژن مجدد، رادیکال‌های آزاد، گونه‌های اکسیژن سمی و کاربردهای آینده نانوتکنولوژیکی	126
کاربردهای نانوتکنولوژیکی در تروما / خونریزی / التیام زخم در جراحی قلب	128
نانوتکنولوژی و جراحی آئورت	129
مهندسی و طراحی بافت برای عضله قلب مصنوعی / انتقال سلول بنیادی برای بازسازی میوکارد و نانوبیولوژی	131
فصل هفتم: کاربرد نانوتکنولوژی در پیوند اعضا	134
مقدمه	134
میکروآرایه (Microarray) در پیوند	135
آرایه‌های DNA	135
کاربردهای میکروآرایه‌ها در پیوند اعضا سخت	137
محدودیت‌های آنالیز میکروآرایه	139
سخنان پایانی	141
اعضای مصنوعی	142
کلیه	142
کبد	145
پانکراس	147
سخنان پایانی	152
فصل هشتم: کاربرد نانوتکنولوژی در تشخیص بیماری‌ها	153
مقدمه	153
کاربرد نانوتکنولوژی در تصویربرداری پزشکی	153
استفاده از فولرین‌ها در MRI	155
استفاده از نانوتکنولوژی در تصویربرداری مافوق صوت	155
استفاده از نقاط کوانتومی در تصویر برداری	155
استفاده از درخت‌سان‌ها (Dendrimers) در تصویر برداری	156
استفاده از ویروس جهت تصویر برداری از داخل سلول‌ها	157
استفاده از نقاط کوانتومی برای تشخیص ویروس RSV	157
استفاده از کاتالیست‌های هوشمند جهت شناسایی میکروب‌ها	158

استفاده از تراشه‌های زیستی (زیست‌تراشه‌ها) برای تشخیص ویروس‌ها.....	159
استفاده از نقاط کوانتومی جهت ساخت نانوسنسور برای آشکارسازی DNA.....	160
استفاده از نانوتکنولوژی جهت ساخت تست قند خون برای افراد دیابتی.....	162
استفاده از نانوذرات تشخیص پروتئین‌های آلزایمری.....	162
فصل نهم: کاربرد نانوتکنولوژی در درمان بیماری‌ها.....	164
کاربرد نانوتکنولوژی در ساخت اعضاء و بافت‌های جدید.....	164
استفاده از نانوتکنولوژی در ساخت نانو استخوان‌ها.....	164
استفاده از نانوتکنولوژی جهت ساخت بافت‌های جدید.....	165
استفاده از نانولوله‌های خودسامان جهت ساخت مفاصل مصنوعی.....	166
استفاده از نانوتکنولوژی در دندان پزشکی.....	167
استفاده از نانو ذرات اکسید تیتانیوم جهت تمیز کردن دندان‌ها.....	168
استفاده از نانو ذرات جهت درمان پوسیدگی‌های دندان.....	169
استفاده از نانو کره‌ها جهت کاهش درد دندان.....	169
استفاده از نانو تکنولوژی جهت درمان کلسترول خون.....	170
استفاده از نانو تکنولوژی جهت درمان زخم و بیماری‌های پوستی.....	170
استفاده از نانو تکنولوژی جهت درمان ایدز.....	170
استفاده از نانوذرات نقره جهت مقابله با ویروس HIV.....	171
استفاده از نانوتکنولوژی و بهبود فعالیت‌های مغزی.....	171
استفاده از نانو ذرات مغناطیسی جهت درمان فلج عصبی.....	171
استفاده از نانولوله‌های کربنی جهت درمان آسیب دیدگی مغزی.....	172
استفاده از نانو لوله‌های کربنی جهت ساخت کاوشگرهای مغزی.....	173
استفاده از نانو ذرات جهت مطالعه فعالیت‌های مغزی.....	173
استفاده از نانوسوزن جهت جراحی داخل سلولی.....	174
استفاده از نانوتکنولوژی جهت زن درمانی.....	174
استفاده از نانوتکنولوژی جهت دارورسانی.....	176
استفاده از نانوپوسته‌های پلیمری جهت دارورسانی.....	176
استفاده از درخت‌سان‌ها جهت دارورسانی.....	177
استفاده از نانوشاتل‌ها (Nanoshuttles) جهت دارورسانی.....	177
استفاده از نانوذرات ویروسی جهت دارورسانی از طریق دهان.....	178
استفاده از نانو مواد خام و ساختاری در پزشکی.....	178

180	مواد کامپوزیتی و نانوالیاف‌های آلی
180	پوشش دهی نانومواد در کاشت بافت‌ها
182	داربست‌های تولید مجدد بافت
182	استفاده از نانومواد جهت مواد کاشتنی ساختاری
182	استفاده از نانو مواد قابل جذب در بدن
183	مواد هوشمند
184	فصل دهم: کاربرد نانوتکنولوژی در تشخیص سرطان
184	مقدمه
189	تحقیق سلولی
192	تصویربرداری
193	تومورهای مغزی
194	سرطان پروستات
195	نقاط کوانتومی
197	نانوسیم‌ها (Nanowires)
197	تیرک‌ها یا سگدست‌ها (Cantilevers)
198	نانوحفره‌ها
198	نانولوله‌ها
199	نانولیزر
199	نانوذرات
200	کامپیوتر DNA
200	استفاده از نقاط کوانتومی برای تصویربرداری تومورها
201	استفاده از عوامل کنتراست‌زا برای تصویربرداری
203	فصل یازدهم: کاربرد نانوتکنولوژی در درمان سرطان
203	مقدمه
211	نانو داروها
211	استفاده از درخت‌سان‌ها (دندریمرها) در درمان سرطان
213	استفاده از نانوذرات در درمان سرطان
213	استفاده از نانوپیوسته‌ها در درمان سرطان
214	استفاده از نانوگلوله‌ها در درمان سرطان
214	استفاده از نانوقفس‌های طلا در درمان سرطان

215	استفاده از نانوذرات مغناطیسی در درمان سرطان
216	استفاده از نانولوله‌های تحریک شده با لیزر در درمان سرطان
216	استفاده از نانوذرات پلیمری در درمان فوتودینامیکی
217	استفاده از نانوذرات DNA در ژن‌رسانی در سیاهرگ
218	استفاده از نانوسلول‌ها در درمان سرطان
218	استفاده از نانوتکنولوژی در درمان تومورهای مغزی
219	استفاده از براکسیسل (Brachysil) در درمان سرطان
219	استفاده از نانوساختارها در محافظت از سلول‌های سالم در برابر اشعه
فصل دوازدهم: نانوذرات دارای قابلیت فعال شدن برای درمان سرطان: نانوبیوتیکس	
221	مقدمه
224	نانوداروها
228	خانواده‌های مختلف نانوذرات
229	مکانیسم عمل نانودارو
229	نانومگ
230	نانو PDT
232	نانو اشعه‌ی ایکس
232	نانو (U) سونیک
233	سنتز ذرات نانومگ
235	ایجاد پوشش بر روی ذرات Fe_2O_3 با استفاده از SiO_2
236	افزودن فاصله‌انداز
236	افزودن لیگاند
237	مزایای خانواده‌های نانودارویی
237	نانومگ
239	نانو PDT
241	نانو اشعه‌ی ایکس
241	نانو (U) سونیک
242	نتایج (نانومگ)
242	آزمایش‌های در محیط آزمایشگاهی
249	آزمایش‌های در بدن موجود زنده (in Vivo)

نتیجه‌گیری.....	253
فصل سیزدهم: نانوتکنولوژی و محیط زیست.....	254
قسمت اول: کاربرد نانوتکنولوژی جهت کاهش آلودگی محیط زیست.....	254
مقدمه.....	254
الف) نانوسنسورها.....	255
استفاده از نانولوله‌های کربنی در شناسایی بخارهای شیمیایی.....	256
استفاده از نانولوله‌های کربنی در شناسایی گازها.....	257
ب) نانو فیلترها.....	258
نانو فیلتراسیون.....	259
غشاهای و فیلترها.....	260
حذف آفت‌کش‌ها.....	261
حذف ویروس‌ها و باکتری‌ها.....	261
حذف آرسنیک موجود در آب.....	262
جداسازی فلزات سمی از پساب‌های صنعتی.....	262
ج) کاتالیست‌های زیست محیطی.....	263
استفاده از نانوتکنولوژی جهت کاهش آلودگی هوا.....	264
استفاده از نانوتکنولوژی برای حفاظت از لایه اوزن.....	264
استفاده از پوشش‌های فوتوکاتالیستی با خاصیت خود پاک‌کنندگی در تجارت.....	265
استفاده از عوامل خود تمیز شونده جهت پاکسازی غبارهای آلاینده هوا.....	265
استفاده از نانوتکنولوژی برای تصفیه هوای داخل خانه.....	266
استفاده از نانوتکنولوژی برای تصفیه هوای خودروها.....	267
انرژی و محیط‌زیست.....	268
استفاده از نانوتکنولوژی در افزودنی‌های سوخت.....	268
استفاده از نانوتکنولوژی جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی.....	270
روش بهتر تولید برق از منابع گرمایی.....	270
استفاده از نانوتکنولوژی جهت ساخت پیل خورشیدی انعطاف‌پذیر.....	271
استفاده از نانولوله‌های تیتانیا جهت تقویت پیل‌های خورشیدی.....	272
قسمت دوم: اثرات مخرب نانوتکنولوژی بر محیط زیست.....	273
دانش عصر حاضر در مورد اثرات سمی نانوذرات.....	275
نحوه استفاده از اطلاعات حاصل از سم‌شناسی جهت نانوذرات.....	278

279	 مشخصات فیزیکی و شیمیایی
280	 مکانیزم‌های توکسیکولوژی
281	 فعالیت‌های سمی نانوذرات
281	 روش‌های ارزیابی اثرات نانوذرات بر محیط زیست
281	 روش‌های عمومی
282	 روش‌های ویژه
283	 توصیه‌های مهم جهت تعیین سمیت نانوذرات
284	 تماس انسان با نانوذرات
285	 مکانیسم تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS) توسط نانوذرات
285	 راه‌های ورود نانوذرات به بدن
287	 استنشاق ذرات ریز درمانی
287	 اندازه ذرات درمانی
287	 عوامل مؤثر در نشت ذرات درمانی
287	 اثرات نامطلوب نانوذرات درمانی
289	 فصل چهاردهم: تست ها
346	 منابع

فصل اول

کلیات نانو تکنولوژی

مقدمه و تاریخچه

دموکریتوس، فیلسوف یونانی، حدود چهارصد سال قبل از میلاد مسیح لغت اتم را برای توصیف ذرات سازنده مواد به کار برد. با پیشرفت علم محققین دریافتند که اتم ها از ذرات کوچک تری مانند کوارک ها و لپتون ها تشکیل شده اند.

شاید شیشه گران قرون و سطی اولین نانو تکنولوژیست ها بوده اند که از قالب های قدیمی برای شکل دادن شیشه هایشان استفاده می کردند اما آنها نمی دانستند که چرا با افزودن طلا به شیشه رنگ آن تغییر می کند. رنگ

ایجاد شده در این شیشه‌ها بدین علت است که مواد در مقیاس نانو دارای همان خواص با مقیاس میکرو نیستند به عنوان مثال نانو ذرات طلا قرمز رنگ هستند.

برای اولین بار ریچارد فاینمن در سال 1959 در سخنرانی خود با عنوان "فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد" ایده کار با تکنولوژی نانو را اعلام کرد. او در این سخنرانی گفت که دایره المعارف بریتانیا را روی یک سنجاق می‌توان نوشت و احتمال داد که ابعاد کامپیوترها را خیلی کوچک‌تر می‌توان نمود و همچنین توسعه بیشتر نانوتکنولوژی را پیش‌بینی کرد. او بعدها جایزه نوبل فیزیک را دریافت نمود.

مایکل فارادی در سال 1857 محلول کلئیدی طلا را کشف کرد.

آلبرت اینشتین در سال 1905 رفتار محلول‌های کلئیدی را تشریح کرد.

لنگمویر در سال 1932 لایه‌های اتمی را به ضخامت یک مولکول ایجاد کرد.

نوریو تانیگوچی در سال 1974 عبارت نانوتکنولوژی را اعلان کرد.

شرکت IBM در سال 1981 دستگاه جابه‌جا کننده اتم‌ها را اختراع کرد.

ریچارد اسمالی و رابرت کرل در سال 1985 باکی‌بال را کشف کردند.

Binnig و Heinrich Rohner در سال 1985 میکروسکوپ تونل‌زنی (STM) (Scanning Tunneling Microscopy) را اختراع کردند.

اریک درکسلر در سال 1986 برای اولین بار عبارت نانوتکنولوژی را در کتابی با عنوان موتورهای آفرینش (Engines of Creation) گسترش داد.

سامیر ایجیما در سال 1991 نانولوله‌های کربنی را کشف کرد.

نقاط کوانتومی با کیفیت در سال 1993 تولید شد.

اولین نانوترانزیستور در سال 1997 تولید شد.

اولین موتور DNA در سال 2000 تولید شد.

مدل آزمایشگاهی سلول سوخت با استفاده از نانولوله‌ها در سال 2001 تولید شد.

نمونه‌های آزمایشگاهی نانوسلول‌های خورشیدی در سال 2003 تولید شد.

امروزه تجاری سازی نانوتکنولوژی در سراسر جهان در حال افزایش است. شرکت Lux در سال 2001، با انتشار گزارشی، به ارزیابی مباحث اقتصادی و سرمایه‌گذاری نانوتکنولوژی پرداخت که اهم این گزارش به شرح ذیل است:

- آخرین اطلاعات از سرمایه‌گذاری دولتی، تحقیق و توسعه شرکت‌ها، سرمایه‌گذاری خطرپذیر، ثبت اختراعات، علائم تجاری، مباحث زیست محیطی، پزشکی و ایمنی.

- اطلاعات جدید شرکت‌ها شامل بررسی‌های تفصیلی با آمار و ارقام.

- اطلاعات جدید تکنولوژی‌ها و کاربردها شامل بررسی‌های تفصیلی در زنجیره ارزشی نانوتکنولوژی.

- فایل PDF اطلاعات جهت بررسی و جستجوی راحت‌تر.

بعضی از اطلاعات کلیدی گزارش شرکت Lux عبارتند از:

- نانوتکنولوژی دولت‌ها را ترغیب می‌کند، به طوری که رئیس جمهور آمریکا، نانوتکنولوژی را یکی از اولویت‌های ایالات متحده عنوان کرد.
- تکنولوژی‌های پیشگام نانومقیاس، در سال 2005 مبلغ 32 میلیارد دلار محصول تولید کرده‌اند که این رقم دو برابر سال گذشته است. شرکت Lux احتمال می‌دهد که در سال 2014 نانوتکنولوژی در تولید 2600 میلیارد دلار از محصولات جهانی که معادل 15٪ تولید جهانی است نقش خواهد داشت.
- در سال 2005 مبلغ 9/6 میلیارد دلار صرف نانوتکنولوژی شده است که 10 درصد بیشتر از سال 2004 بود که سهم دولت‌ها، شرکت‌ها و سرمایه‌گذاران خطرپذیر در این سرمایه‌گذاری به ترتیب برابر 4/6 میلیارد دلار، 4/5 میلیارد دلار و 497 میلیون دلار رشد نشان می‌داد.
- از سال 1985 تاکنون تعداد 3966 اختراع در زمینه تکنولوژی نانو در آمریکا ثبت شده است.
- از سال 1965 تاکنون 1408 علامت تجاری با عبارت نانو در آمریکا ثبت شده است.
- پرداختن به مباحث علوم نانو در رسانه‌ها به شدت افزایش یافته است.
- محصولات بهبود یافته با تکنولوژی نانو در بازار به طور متوسط 11٪ گران‌تر از محصولات مشابه هستند.
- تأثیر نانوتکنولوژی بر محصولات، در بخش‌های مختلف متفاوت است به طوری که ابتدا موادی مانند کامپوزیت‌ها و پوشش‌های نانومتری تولید شده و بعداً کاربردهای الکترونیک و تکنولوژی اطلاعات از جمله تراشه‌های حافظه و نمایش‌گرهای پیشرفته تولید می‌شوند. اما کاربردهای زیستی و بهداشتی مانند نانو ابزارهای پزشکی و نانوداروها به زمان بیشتری برای عرضه تجاری نیاز دارند.
- عناوین بخش‌های گزارش شرکت Lux عبارتند از:
- **شرکت‌ها:** شامل پروفایل تفصیلی شرکت‌های پیشرو در نانوتکنولوژی.
- **تکنولوژی و کاربردها:** شامل ارزیابی تفصیلی کاربردهای اساسی نانوتکنولوژی از لحاظ مختلفی مثل حجم بازار، سرعت رشد آینده، شرکت‌ها، افراد و اختراعات کلیدی، و زمان‌بندی حرکت تکنولوژی را تشریح می‌کنند.
- **سرمایه‌گذاری دولتی:** محاسبه سرمایه‌گذاری دولت‌ها با اولویت‌های ملی و منطقه‌ای.
- **سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه شرکت‌ها:** تخمین میزان سرمایه‌گذاری بر روی تحقیق و توسعه نانوتکنولوژی بر حسب شرکت‌ها و بخش‌های مختلف.
- **سرمایه‌گذاری خطرپذیر:** تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری خطرپذیر در نانوتکنولوژی بر حسب کشور، بخش، سال و سرمایه‌گذاران.
- **اختراعات:** تجزیه و تحلیل در مورد اختراعات نانوتکنولوژی.
- **علائم تجاری:** تجزیه و تحلیل و لیست تمام علائم تجاری نانوتکنولوژی در آمریکا.
- **محیط زیست، بهداشت و ایمنی:** اطلاعات سرمایه‌گذاری آمریکا در زمینه محیط زیست، بهداشت و ایمنی نانوتکنولوژی با اشاره‌ای به خطرات زیستی نانوتکنولوژی.
- تعریف نانوتکنولوژی:** نانوتکنولوژی کاربرد جدیدی از مواد با ساختارهای کوچک و در ابعاد حداقل بین 1 تا 100

نانومتر می‌باشد. نانوتکنولوژی عرصه‌های مختلفی از علوم از قبیل سنسورها، بیوتکنولوژی، اپتیک، مواد هوشمند، الکترونیک و... را با هم پیوند داده است. علم نانو تکنولوژی با دستکاری و تغییرات در اندازه ابعاد اتم‌ها و مولکول‌های عناصر، انقلاب نوینی را در علوم شیمی، فیزیک، بیولوژی و مهندسی به وجود آورده است. این تغییرات هم در ابعاد عناصر و هم در ایجاد ویژگی‌های جدید در آنها تأثیر داشته است.

هر نانومتر یک هزارم میکرون است به عبارت دیگر یک نانومتر برابر قطر ده اتم هیدروژن یا پنج اتم سیلیسیم می‌باشد. نانوتکنولوژی به معنای دستکاری چیدمان کوچک‌ترین اجزا ماده و یا اتم می‌باشد به طوری که در این تکنولوژی تولید و استفاده ابزارها و قطعاتی که اندازه آنها فقط چند نانومتر است محقق می‌شود. خاصیت این ابزارها به خواص الکترونیکی قطعات وابسته است و خواص الکترونیکی آنها نیز از حرکت بعضی از الکترون‌ها متأثر می‌باشد. این ابزارها از ابزارهای بزرگ‌تر سریع‌تر عمل می‌کنند. جالب این‌که چنین ساختارهایی در مقیاس مولکولی را به کمک انتخاب مناسب مراحل واکنش شیمیایی و یا از طریق دستکاری اتم‌ها بر روی سطح توسط میکروسکوپ نیروی اتمی می‌توان تولید کرد.

هدف این تکنولوژی کنترل تک تک اتم‌ها و مولکول‌ها است تا بتوان توسط آن تراشه‌های کامپیوتری و سایر ابزارها را تولید کرد که هزاران بار کوچک‌تر از ابزارهای فعلی باشند. در این تکنولوژی مدارهای نیمه‌هادی را به روش لیتوگرافی می‌توان تولید کرد که برای ایجاد طرح مدار بر روی مواد نیمه‌هادی استفاده می‌شود. امروزه با استفاده از دستگاه‌های جدید لیتوگرافی، مدارهای کوچک‌تر از یک میکرون را می‌توان ساخت لذا برای کوچک‌تر کردن اندازه نیمه‌هادی‌ها باید از تکنولوژی‌های جدید استفاده کرد که قادرند تک تک اتم‌ها را سازماندهی کنند. عموماً واژه نانوتکنولوژی به فرایندهای کوچک‌تر از مقیاس میکرون اطلاق می‌شود که شامل فرایند لیتوگرافی نیز می‌شود. به این دلیل محققین از نانوتکنولوژی به عنوان نانوتکنولوژی مولکولی یاد می‌کنند که به معنی نانوتکنولوژی در مقیاس مولکولی است.

فولرین‌ها (Fullerenes)

رابرت کرل (Robert Curl)، ریچارد اسمالی (Richard Smalley) و کروتو (Harold Kroto)، ترکیب جدید 60 کربنی کشف کردند و آن را باکی مینستر فولرین نامیدند که اصطلاحاً به آن باکی‌بال (Buckyball) می‌گویند. برخلاف سایر ترکیبات کربنی که از تعداد نامحدودی اتم‌های کربن ساخته شده‌اند، اتم‌های کربن سازنده باکی‌بال‌ها به 60 عدد محدود است که این تعداد اتم به صورت کروی و به شکل یک توپ فوتبال آرایش یافته‌اند. فولرین یا C60 از 60 اتم کربن تشکیل شده است (شکل 1-1) که با تشکیل 5 و 6 ضلعی‌ها به صورت کروی شبیه توپ فوتبال درمی‌آیند. باکی‌بال اولین فولرین کشف شده بود که چون به گنبد طراحی شده توسط باکمینستر فولر شباهت داشت به باکمینستر فولرین نیز معروف است.

بعدها فولرین‌های دیگری تولید شدند که 28 تا صدها اتم کربن داشتند. واژه فولرین به تمامی مولکول‌های توخالی کربنی اطلاق می‌گردد که دارای ساختار پنج‌ضلعی و شش‌ضلعی می‌باشند. اولین بار فولرین‌ها در دوده ایجاد شده از تبخیر لیزری گرافیت کشف شدند. فولرین‌ها در طبیعت به مقدار

اندک، موقع آتش‌سوزی و صاعقه تولید می‌شوند.

اولین روش تولید انبوه فولرین‌ها روش تخلیه قوس الکتریکی یا کراچر- هافمن بود، که در سال 1990 با استفاده از الکترودهای گرافیتی انجام شد. در این روش اغلب C60 و C70 تولید می‌شود که با استفاده از الکترودهای متخلخل‌تر، فولرین‌های بالاتر را نیز می‌توان تولید کرد. با استفاده از حلال‌هایی مثل تولوئن می‌توان C60 با خلوص بالا تولید کرد. برخی محققین در شعله بنزن C60 تولید کردند و همچنین از پیرولیز بسیاری از ترکیبات آروماتیک برای تولید فولرین‌ها استفاده شد.

روش‌های اسپاترینگ (Sputtering method) و تبخیر با پرتو الکترونی بر روی گرافیت باعث افزایش تولید فولرین‌های بالاتری مانند C70, C76, C78 و C84 می‌شود.



شکل 1-1 ساختار فولرین

خواص و کاربرد فولرین‌ها: مولکول‌های فولرین از لحاظ فیزیکی قوی هستند و فشارهای زیاد را تحمل می‌کنند. فولرین‌ها با نیروهای ضعیف واندروالس به هم می‌چسبند که باعث می‌شود مثل گرافیت دارای قابلیت روان‌کنندگی باشند.

فولرین‌های چند پوسته به نانوپایاها (Nanion) معروف هستند که بزرگ‌تر از فولرین‌ها هستند و قابلیت روان‌کنندگی بیشتری دارند. تولید آنها برای اولین بار از طریق قوس الکتریکی تحت آبی انجام شد. وارد کردن مقادیر کمی از فولرین‌ها به بافت پلیمری، باعث ایجاد استحکام بالا و دانستیه پایین در آنها می‌شود. فولرین‌ها در قطعات فوتونیک و مصارف مخابراتی هم کاربرد دارند. فولرین‌ها سبب تغییر خواص نوری در هنگام تابش نور می‌شوند. خواص نوری غیرخطی فولرین‌ها را با افزایش یک یا چند اتم فلزی در داخل یا خارج فولرین‌ها می‌توان افزایش داد.

فولرین‌ها همچنین سبب خنثی کردن رادیکال‌های آزاد می‌شوند لذا از آنها در مواد آرایشی یا درمان آسیب‌های عصبی ناشی از رادیکال‌های آزاد استفاده می‌شود.

برخی محققین مولکول‌های دیگری از C60 را طراحی کردند که واجد یک اتم داخلی گادولینیوم و یک دنباله شیمیایی جهت انحلال در آب می‌باشند. در عوامل کنتراست معمولی MRI، گادولینیوم به یک مولکول معمولی متصل و به سرعت از بدن دفع می‌شود ولی گادولینیوم موجود در فولرین زمان بیشتری در بدن می‌ماند.

در سال 2002 مشتق آلی متافولرین تولید شد که قدرت انحلال بیشتر و اغلب در مصارف زیستی کاربرد دارد. در نهایت بیشتر اتصال گروه‌های محلول در آب نظیر پپتیدها یا زنجیره‌های هیدروفیل به فولرین‌ها مدنظر است.

در سال 2005 نانوذراتی تولید شد که در کاهش شوک‌های حاصل از ضربات قوی توانایی دارند و جزو مقاوم‌ترین مواد تولید شده در برابر ضربه و برخورد می‌باشند. این نانو ذرات، کره‌های تودرتو از نوعی ترکیبات فلزی خاص هستند که به آنها نانو ساختارهای شبه فولرین معدنی می‌گویند. این نانو مواد از مواد ضد ضربه معمولی (مانند کاربید بور و کاربید سیلیکون که در زره‌های ضد ضربه به کار می‌روند) و از استیل بیشتر مقاومت دارند و به قدری استحکام دارند که بعد از برخورد بدون هیچ تغییری نسبت به حالت اول باقی می‌مانند.

قطر این نانو ذرات حدود صد نانومتر است. اندازه کوچک و ساختار پیاز مانند آن‌ها باعث ایجاد خواص منحصر به فرد در آنها می‌گردد که در ترکیبات با همین ساختار و با اندازه معمولی وجود ندارد.

یکی از کاربردهای این مواد، استفاده آنها به عنوان روان کننده‌های جامد برای بهبود عملکرد اجزای متحرک می‌باشد. این مواد تحت عنوان تجاری نانولوب عرضه می‌شوند. نانولوب به عنوان مواد افزودنی برای افزایش کارایی روغن‌ها و گریس‌ها و همچنین به عنوان روکش ضد اصطکاک کاربرد دارد.

نانولیپوزوم‌ها در رها سازی داروهای ضد سرطان در بدن کاربرد دارند اما اثر لیپوزوم‌ها به جهت حذف سریع آنها از بدن محدود است. گروهی از محققین برای افزایش مدت ماند لیپوزوم‌ها در بدن، فولرین را به یک داروی ضد سرطان با نام پاکلی تاکسل (Paclitaxel) متصل کرده و بعد این ساختار را به نانو لیپوزوم ترکیب کردند.

قدرت پاکلی تاکسل در انهدام تومورها به مدت تماس تومور با سطوح سمی دارو بستگی دارد. این محققین استدلال کردند که فولرین‌های متصل به آنزیم در مایعات بیولوژیکی به صورت توده در آمده و سبب حفظ و بقای دارو در بدن می‌توانند شوند. در این روش پاکلی تاکسل با استفاده از یک مولکول اتصالی به فولرین متصل شده و آنزیم‌های بافتی آن را جدا کرده است و سبب رهایی دارو درون بافت می‌شود. سپس ترکیب دارو- فولرین برای رها شدن در سلول‌های هدف داخل لیپوزوم قرار داده شده و فعالیت ضد توموری آنها در سلول‌های سرطانی مانند پاکلی تاکسل آزاد است.

برخی از محققین با استفاده از فولرین انواع جدیدی از دیودهای نور افشان آلی تولید نمودند که این نانو مواد بخش مجتمع شده نمایش گرهای OLED هستند که در صفحه نمایش گرهای بزرگ تبلیغاتی، ساعت‌های رنگی و چراغ‌های راهنمایی به کار می‌روند ولی جهت نمایش گرهای با قدرت کنتراست بالا مناسب نمی‌باشند. از نمایش گرهای بلور مایع یا LCD در مانیتورهای قابل حمل با کنتراست بالا نظیر لب‌تاپ و تلفن‌های همراه استفاده می‌شود.