

نقش نانوفناوری در پدافند جنگ‌های نوین

ابراهیم ایجایی

چکیده

در کنار پیشرفت‌های علمی بنیادین و مصارف تجاری علم و فناوری نانومقیاس، کاربردهای مهیجی نیز از آن در شناسایی و دفع عوامل جنگی شیمیایی، بیولوژیکی و هسته‌ای ظهور یافته است. در عین حال سازمان‌های دفاعی دنیا بودجه هنگفتی را به توسعه این مصارف اختصاص داده‌اند، که بیانگر اهمیت راهبردی آنها در مواقع اضطراری جنگی است. در این مقاله توانمندی‌های نانوفناوری در سه بخش: الف) کشف و شناسایی عوامل شیمیایی، بیولوژیکی و هسته‌ای، ب) پیشگیری و حفاظت و ج) راه‌های مقابله و دفع آلودگی بررسی شده و زمینه‌های کاربردی عملی آنها توضیح داده می‌شود. همچنین نحوه گرایش و تخصیص بودجه سازمان‌های تحقیقات دفاعی دنیا به نانوفناوری تشریح شده و دلایل لزوم ورود کشور به تحقیقات دفاعی مرتبط با نانوفناوری بیان می‌گردد.

۱- مقدمه

نانومقیاس، مقیاسی مابین اندازه‌های میکرونی صنعت رایانه و میکروالکترونیک تا اندازه‌های اتمی و آنگسترمی دانش شیمی است که تاکنون بشر، مواد و سامانه‌های چندانی را با ظرفت‌های در حد این مقیاس

نساخته و از خواص آن به خوبی دیگر مقیاس ها آگاه نبوده است. در واقع از

۵۰ سال پیش امکان بهره‌برداری از



این توان بالقوه عظیم پیش‌بینی شده بود، اما تازه در سال‌های اخیر با بسط علم مواد و میکروالکترونیک به مقیاس‌های زیر میکرونی، بسط شیمی به ساختارهای مولکولی پیچیده (و بزرگ) و توانایی زیست‌شناسان به دست‌کاری و

بهره‌گیری از نانو ساختارهای طبیعی این رؤیا به واقعیت نزدیک شده است.

به دلایل ویژگی‌های فی‌نفسه جدید مواد و سامانه‌های نانومقیاس، سرمایه‌گذاری‌های هنگفتی در سطح جهان روی آن انجام شده است. نانو فناوری کاربردهایی را به منصفه ظهور می‌رساند که بشر از انجام آنها به کلی عاجز بوده است و پیامدهایی را در جامعه برجا می‌گذارد که بشر تصور آنها را هم نمی‌کرده است. به عنوان مثال:

ساخت مواد بسیار سبک و محکم برای مصارف مرسوم نانو
ورشکستگی صنایع قدیمی همچون فولاد با ورود تجاری مواد نو
کاهش یافتن شدید تقاضا برای سوخت‌های فسیلی^۱
همه گیر شدن ابررایانه‌های بسیار قوی، کوچک و کم مصرف

۱- بر اثر کاهش مصرف انرژی و افزایش قابلیت و راندمان انرژی‌های نو.

سلاح‌های سبک‌تر، کوچک‌تر، هوشمندتر، دوربردتر، ارزان‌تر و نامریی‌تر
برای رادار

شناسایی فوری کلیه خصوصیات ژنتیکی و اخلاقی و استعداد‌های ابتلا به
بیماری ارسال دقیق دارو به آدرس‌های مورد نظر در بدن و افزایش طول
عمر

از بین بردن کامل عوامل خطرناک جنگ شیمیایی و میکروبی

از بین بردن کامل ناچیزترین آلاینده‌های شهری و صنعتی

سطوح و لباس‌های همیشه تمیز و هوشمند

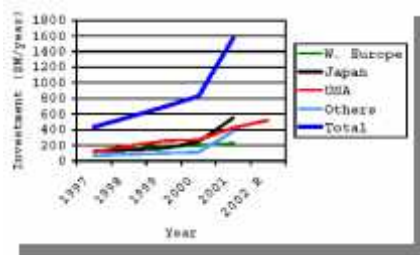
تولید انبوه مواد و ابزارهایی که تا قبل از این عملی یا اقتصادی نبوده‌اند

و بسیاری از موارد غیر قابل پیش‌بینی دیگر!

به فاصله اندکی از اوج‌گیری همه‌مه نانو فناوری در سطح دنیا،
شاهد حرکت‌هایی نیز در بدنه تحقیقاتی و اجرایی کشورمان در جهت ورود
به موقع کشور به این عرصه بوده‌ایم. از این رو این مسأله که نانو فناوری تنها
موجی از فناوری است که کشور ما به موقع نسبت به اهمیت آن هشیار شده
است، لزوم برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری متقن‌تر را بیشتر آشکار می‌کند.

۲- وضعیت جهانی

از نانو فناوری به عنوان «رنسانس فناوری» و «روان‌کننده جریان
سرمایه‌گذاری» یاد می‌شود. ورود محصولات متکی بر این فناوری جهشی
بس عظیم در رفاه و کیفیت زندگی و توانایی‌های دفاعی و زیست‌محیطی به
همراه خواهد داشت و موجب بروز تحولات بزرگ اقتصادی خواهد شد.



هم اکنون بخش‌های دولتی و

خصوصی کشورهای مختلف جهان از جمله ژاپن، آمریکا، اتحادیه اروپا، چین، هند، تایوان، کره جنوبی، استرالیا، رژیم اشغال‌گر قدس و روسیه بر سر کسب پیشتازی جهانی در لاقفل یک حوزه از این فناوری در رقابتی تنگاتنگ به سر می‌برند. روی هم رفته حدود ۳۰ کشور دنیا در زمینه نانوفناوری دارای «برنامه ملی» یا در حال تدوین آن هستند، و طی ۵ سال گذشته بودجه تحقیق و توسعه در امر فناوری نانو را به ۳/۵ برابر افزایش داده‌اند. کشورهایی نظیر ژاپن و آمریکا نیز فناوری نانو را اولین اولویت کشور خود در زمینه فناوری اعلام کرده‌اند.

۳- کاربردهای نانوفناوری در پدافندهای نوین

۳-۱ حسگری

با مرگ بارتر شدن جنگ افزارها، فناوری پدافند، نیاز روزافزونی به تشخیص آلوده‌کننده‌های بسیار ریز دارد، تا قبل از بروز هرگونه مخاطره‌ای اقدامات پیشگیرانه صورت پذیرد. به عنوان مثال چند میکروگرم از باسیل سیاه‌زخم یا چند میلی‌گرم از عوامل اعصاب (در مقایسه با مقادیر گرمی مواد منفجره) برای کشتن یک انسان کافی است.

گذشته از پایین بودن دز^۱ کشنده، توانایی شناسایی مقادیر نانوگرمی مواد مختلف موجب تدارک زود هنگام اقدامات پیشگیرانه در صحنه جنگ و شناسایی خراب کاران و حتی قاچاقچیان مواد مخدر می‌شود. چرا که هر قدر هم بسته‌بندی مواد نفوذ ناپذیرتر باشد، مقادیر نانوگرمی از آنها در محیط پخش خواهد شد و از این رو به سرعت و راحتی می‌توان محیط در

2- Dose

معرض جنگ افزار، دست‌های آلوده به مواد منفجره یا کاروان‌های حمل
مواد مخدر را شناسایی کرد.

در این راستا تجهیزات تولید شده برای کار با مقیاس نانومتری و حتی اتمی
به راحتی می‌توانند اهداف فوق را عملی سازند.

۳-۱-۱ فناوری MEMS و NEMS

سامانه‌های میکرو (و نانو) الکترونیکی (MEMS و NEMS) تحولی نوین هستند، که با قیمتی کم و سرعتی بالا، با کمک فناوری ساخت مدارات مجتمع (IC) ساخته می‌شوند و به تراشه حساب‌گر مدارات مجتمع، «چشم» و «بازو» را می‌افزایند. به این شکل که پدیده‌های مختلفی چون گشتاور، سرعت، فشار، دما و ... را «حس» کرده و پس از «تصمیم‌گیری»، موارد کنترلی لازم را «اعمال» کرده، یا «مخبره» می‌کنند. از مهم‌ترین خصیصه‌های MEMS و NEMS، سادگی و کوچکی آن‌ها است، که باعث می‌شود ارزان باشند، در همه جا به راحتی استفاده شوند، به راحتی تعمیر و جایگزین شوند، انرژی فوق‌العاده کمی مصرف کنند و به محیط زیست آسیبی نرسانند.

نوع ساده‌ای از این فناوری شامل لرزانک^۱های کوچکی است که با فرکانس امواج رادیویی نوسان می‌کنند. حساسیت فوق‌العاده آنها به تغییرات تنش حاصل از وزن باعث حساسیت بالای آنها شده است. بدین منظور کافی است سطح فوقانی این لرزانک‌ها با فیلم‌های نازک اکسیدی (برای جذب گازهای فعال شیمیایی) یا پادتن‌های تثبیت شده (برای جذب

3- cantilever

آنتی ژن های بیماری زا) پوشانده شود. از این فناوری تاکنون در تشخیص رایسین، عوامل اعصاب، ذرات آلفا و بخار مواد منفجره TNT، RDX و PETN استفاده شده است با یکپارچه سازی آرایه ای از این میکرولرزانک ها در یک تراشه واحد، می توان چندین هدف را در آن واحد شناسایی کرد. فناوری MEMS همچنین باعث خلق ذرات خبرچینی موسوم به «غبار هوشمند» شده است، که پس از انتشار بر روی محیط دشمن می تواند اطلاعات مورد نظر را حس کرده و سپس مخابره کنند.

۳-۱-۲ حسگرهای هسته ای

میزان تشعشع هسته ای تعیین کننده میزان خطر حضور افراد در محیط است. علاوه بر این تعیین سریع آن از قاچاق مواد هسته ای جلوگیری می کند.

تشعشعات یونیزه کننده موجب تحریک آسان نانوساختارهای مختلف می شوند. به عنوان مثال در اوایل سال ۲۰۰۰ محققین، خبر از برگه پلاستیکی سبک وزنی دادند که با کمک یک کاتالیزور نانوبلوری می توانست در حضور ۱۵ میلی رم تشعشع، تغییر رنگ دهد.

۳-۱-۳ تست DNA



گذشته از تحولاتی که با نانوفناوری در عرصه توالی سنجی سریع DNA رخ نموده و خواهد نمود، روش های سریع و رهگشایی نیز در عرصه مقابله با عوامل جنگ بیولوژیک ابداع شده، که برخی از آنها به مرحله انبوه سازی وارد

شده است.

یکی از آنها حسگر کالری متری است که می‌تواند برای آشکارسازی DNA عوامل زیستی به کار رود. این حسگر در سطح توسعه تجاری می‌باشد و تست‌های موفق‌تری علیه بیماری سل و سیاه‌زخم داشته است. در مقایسه با فناوری کنونی، این حسگر ساده‌تر و ارزان‌تر (حدود ۱۰ برابر) و انتخابی‌تر است. حسگر می‌تواند ناهم‌خوانی یک نوکلئوتید را در یک توالی ۲۴ تایی که ۱۷ تا از آنها مشخصه آماری یکسانی دارند، تشخیص دهد.

۳-۱-۴ پیش‌تغلیظ‌کننده‌ها

از آنجایی که توانایی تشخیص بسیاری از سامانه‌های شناسایی در حد بالایی نیست، پیش‌تغلیظ نمونه‌های محیطی کمک مهمی به این سامانه‌ها در جهت شناسایی عوامل خطرناک می‌نماید.

به‌عنوان مثال غشای نانوالیافی شرکت آرگونید - که در قسمت‌های بعدی به آن اشاره خواهد شد - علاوه بر فیلتراسیون سریع آب از میکروارگانیزم‌ها، می‌تواند به عنوان یک پیش‌تغلیظ‌کننده هم عمل کند. همچنین نانوالیاف مزبور در کشت و غربال سریع باکتری‌ها نیز می‌توانند مفید واقع شوند.

با بهره‌گیری از قابلیت میکروسیالات، در آزمایشگاه ملی "سندیا" در آمریکا سامانه‌ای از پیش‌تغلیظ‌گرها، جداسازها و حسگرها در یک تراشه واحد (با ابعاد حدود یک صدم نمونه مرسوم) یکپارچه شده‌اند.

۳-۱-۵ موارد پیشرفته

با توجه به تاثیر رو به رشد نانوفناوری در حسگری، بی شک در سال های آتی موارد دیگری به لیست فوق افزوده خواهد شد. به عنوان مثال پیشنهاد شده است، که اگر مولکول های پیچیده موسوم به درخت سان^۱ در گلبول های سفید خون قرار داده شوند، سطح عفونت بدن را بتوان از روی مشاهده وضعیت مویرگ های زیر زبان یا شبکیه (با بهره گیری از خصوصیات فلورسانس آنها) زیر نظر گرفت.

همچنین با تلفیق نانو ساختارها با زیست فناوری و تقلید از سامانه های طبیعی می توان بدون به خطر افتادن جان افراد، تاثیر عوامل جنگی را بر بدن انسان مورد بررسی قرار داد.

۲-۳ پیشگیری و محافظت

۱-۲-۳ ماسک های ضد گاز



فیلترهای ماسک های ضد گاز عمدتاً بر جذب سطحی آلاینده ها در کربن فعال مبتنی هستند. از آنجایی که کربن فعال توانایی جذب بسیاری از گازها منجمله گازهای اسیدی را ندارند، با اکسیدهای فلزی تری اتیلن دی آمین تلقیح می شود. این مسأله سبب می شود فیلتر ماسک در محیط آلوده پس از

مدتی اشباع شده، دیگر قادر به جذب مواد سمی نباشد. از سوی دیگر تراکم

4- Dendrimer

شدید بستر جذب و افت فشار حاصل سبب می شود طول بستر و زمان مفید استفاده محدود شود.

این مشکلات حاصل از این واقعیت است که کربن فعال یک نانوساختار نامنظم و غیر مهندسی شده است، در حالی که با نانوساختارهای منظمی همچون زئولیت های میان حفره ای یا آئروژل های به شدت متخلخل می توان در عین مدیریت افت فشار به طور انتخابی مواد مورد نظر را جذب و حتی غربال کرد. مورد اخیر نویدبخش ساخت ماسک های ضد گاز بی نیاز از تعویض است.

همچنین غشاء های نانوحفره ای منظم بسیار متفاوت از غشاء های متداول عمل می کنند. به عنوان مثال شبیه سازی ها نشان داده اند، که در صورتی که غشایی از نانولوله ها برای اسمز معکوس ساخته شود، دبی آب خالص گذرنده از آن ۲۰۰ لیتر بر متر بر ثانیه خواهد بود.

از سوی دیگر توانایی نانوفناوری در طراحی و ساخت کاتالیزورهای بسیار کارا، راهکار تجزیه آلاینده ها را به جای جذب سطحی آنها پیشنهاد می کند. به عنوان مثال محققین با به دام انداختن نانو ساختارهای جاذب و کاتالیستی در لابه لای میکروالیاف، فیلترهای ضدگازی ساخته اند که با یک هشتم افت فشار نمونه های مرسوم، ۲ تا ۴ برابر آنها کارایی جذب دارند.

۳-۲-۲ تصفیه آب

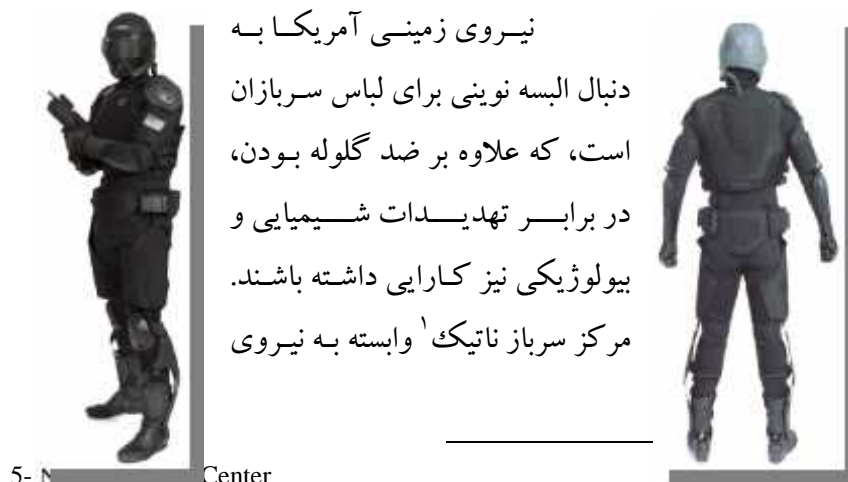
شرکت آرگونید با یک فرآیند ساده سل ژل و حرارت دهی، نانوالیافی به قطر ۲ نانومتر از آلومینا ساخته است، که بشدت الکتروپوزیتیو

بوده، به راحتی باکتری‌ها، ویروس‌ها و مولکول‌های بزرگ زیستی را جذب می‌کنند. فیلترهای عمقی ساخته شده با این نانوالیاف حدود ۱/۴ میلی‌لیتر ضخامت دارند و می‌توانند با حدود ۲۰۰ برابر سرعت نمونه‌های متداول، باکتری‌ها را تا ۹۹/۹۹۹٪ و ویروس‌ها را تا ۹۹/۹۹۹۹۹٪ از آب آشامیدنی عاری سازند.

۳-۲-۳ واکسن‌رسانی

نانوذرات و نانوکپسول‌ها نویدبخش امکان استعمال و جذب سریع بسیاری از داروها به شکل جلدی، مخاطی، استنشاقی و خوراکی هستند. در عرصه خاص جنگ افزارهای بیولوژیکی شرکت NanoBio در حال کار بر روی یک نانوامولسیون جهت واکسن‌رسانی مخاطی سریع برای مقابله با سیاه‌زخم است و تاکنون نتایج خوبی در رابطه با آنفولانزا و ایدز گرفته است.

۳-۲-۴ یونیفورم‌های محافظ



نیروی زمینی آمریکا به دنبال البسه نوینی برای لباس سربازان است، که علاوه بر ضد گلوله بودن، در برابر تهدیدات شیمیایی و بیولوژیکی نیز کارایی داشته باشند. مرکز سرباز نایتیک^۱ وابسته به نیروی

5- N Center

زمینی آمریکا پیگیر راه کاری برای یافتن نانوالیاف است، که نسبت به عبور جنگ افزارهای شیمیایی و بیولوژیکی نفوذناپذیر می باشند. این مرکز معتقد است تا دو سال آینده می تواند لباسی محافظ در برابر عوامل شیمیایی را بسازد.

۳-۳ خنثی سازی و علاج آلودگی ها

۳-۳-۱ علاج آلودگی های شیمیایی

در حال حاضر برای از بین بردن و خنثی سازی عوامل جنگی شیمیایی از مواد اکسیده قوی (همچون اسید هیپوکلرو) یا مواد قلیایی قوی (همچون سود سوزآور و دی اتیلن تری آمین) استفاده می شود، که اثر مخربی بر ابزار آلات و پوست انسان دارند.

در این راستا روکش های خودپاک کن تیتانیا گام بزرگی در جهت حذف آلاینده های شیمیایی و بیولوژیکی می باشند. به عنوان مثال کف پوش های دارای این روکش قادر به حذف کارآبی آلاینده های شهری به کمک نور خورشید می باشند.

در حال حاضر نانوذراتی به اندازه حدود ۲ نانومتر و با سطح ویژه $450-800 \text{ m}^2/\text{gr}$ از اکسید آلومینیوم و منیزیم ساخته شده اند، که بدون آسیب زدن به پوست می توانند حجم وسیعی از گازهای شیمیایی اسیدی همچون پاراکسون^۱ را جذب و یا تجزیه نمایند.

۳-۳-۲ علاج آلودگی های بیولوژیکی

6- Paraoxon



علاوه بر نانوروکش های اکسیدتیتانیوم که به صورت فتوکاتالیزوری می توانند آلاینده های شیمیایی و بیولوژیکی را تجزیه نمایند، راهکارهای فراوان دیگری از سوی محققان نانوفناوری ارائه شده است.

- پودرهای بسیار ریز اکسید منیزیم می تواند هاگ باکتری هایی همچون سیاه زخم را نابود کند.

- نانوذرات بلورین نقره به دلیل انحلال بیشتر به یک آنتی بیوتیک کم نظیر تبدیل شده است. شرکت Nucryst بانداژهای محتوی این نانوذرات را برای استفاده در محیط های عفونی (همچون صحنه های جنگی) عرضه کرده است.

- همزمان با نگرانی های مربوط به سیاه زخم در آمریکا، شرکت NanoBio محصول پیش نمونه خود را که از نانو قطرات روغن در آب تشکیل شده بود، عرضه کرد. این محصول جنجالی می تواند هاگ های باکتری ها، ویروس ها و حتی قارچ ها را بکشد.

- یکی از سلاح های بالقوه برای مقابله با باکتری های مقاوم شده جنگی، نانولوله های آلی هستند، که حتی می توان آنها را از طبیعت استخراج کرد. این نانولوله ها قادر به سوراخ نمودن دیواره سلولی باکتری های مختلف می باشند.

پروژه برای دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی، محققان منفرد، آزمایشگاه‌های وابسته و همچنین فراهم نمودن زیرساخت‌هایی چون تجهیزات با کارایی بالا به انجام می‌رساند.

کشور آمریکا به دلیل حساسیت‌های امنیتی، سرمایه‌گذاری زیادی روی راهکارهای پدافند نوین صورت داده است. در بودجه سالی مالی ۲۰۰۳ آمریکا، شناسایی و حفاظت شیمیایی، بیولوژیکی و هسته‌ای یکی از ۹ «چالش عمده»^۱ برنامه پیشگامی ملی نانوفناوری این کشور به شمار رفته است. با این حال برای سال مالی ۲۰۰۵ رقم ۱۰۰ میلیون دلار برای این منظور پیشنهاد شده است که معادل حدود ۱۵-۱۰٪ به حفاظت و ۲۰٪ به علاج و خنثی‌سازی اختصاص یابد.

۵- نتیجه‌گیری

نانوفناوری قابلیت‌های مهیجی را در عرصه الف) کشف و شناسایی عوامل شیمیایی، بیولوژیکی و هسته‌ای، ب) پیشگیری و محافظت و ج) دفع و خنثی‌سازی آلودگی‌های فوق‌بازی خواهد کرد. بنابر این ورود کشور به آن کمک فوق‌العاده‌ای به امنیت ملی ما خواهد نمود.

از آنجایی که نانوفناوری رویکردی تازه در سطح جهان، اما متکی بر مبانی علمی قدیم است، فاصله علمی ما با دنیا در این زمینه کم و دست‌یازیدن به آن آسان می‌باشد و به‌عنوان مثال بسیاری از نانو ساختارها در سال‌های اخیر در سطح آزمایشگاهی در کشورمان ساخته شده‌اند و بسیاری از تجهیزات تعیین‌مشخصه مربوطه در کشور وجود دارند. تنها در زمینه

7- Grand Challenges

ساخت قطعات MEMS کمبود امکانات اتاق تمیز در کشور حس می‌شود، که در این زمینه نیز می‌توان با توجه به دانش فنی موجود در کشور، سامانه‌های مزبور را در داخل کشور طراحی و ساخت آن را به یکی از مراکز موجود در کشور خارج (منجمله برخی از کشورهای همسایه) سفارش داد. از طرفی به دلایل اتکای فراوان نانو فناوری بر نانو علم، باید قسمت اعظمی از سرمایه‌گذاری‌ها در جهت توسعه دانش پایه در دانشگاه‌ها هزینه شود.

همچنین صرف نظر از توانمندی داخلی و صرفه اقتصادی تولید این مواد و سامانه‌ها، حساسیت مقوله دفاع، خود کفایی در این عرصه را گریزناپذیر و الزامی می‌نماید. لذا حرکت کشور به سمت کسب توانمندی علمی و فنی در این زمینه راهبردی پیشنهاد می‌شود.

۶- منابع

1. Feynman, R., "There is plenty of room at the bottom", Caltech Institute, 1959, URL: <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>
2. M.C. Roco, "International Strategy for Nanotechnology Research and Development", J. of Nanoparticle Research, Kluwer Academic Publ, Vol.3, No.5-6, P353-360, 2001
۳. خیرگزاری ایسنا، "نانوتکنولوژی رنسانس فناوری است"، تاریخ ۱۳۸۰/۷/۲، کد خبر: ۰۰۲۶۷-۸۰۰۷
۴. علی محمد سلطانی، مرتضی مغربی، "نانوتکنولوژی، انقلابی در سامانه‌های دفاعی هوشمند"، همایش مهمات هوشمند، تهران، اردیبهشت ۱۳۸۱؛ مجله اطلاعات علمی، خرداد ۱۳۸۲
5. R.Raiteri, M. Grattarola, R. Berger, "Micromechanics Senses Biomolecules" Materials Today, January 2002