

24. NANOTECHNOLOGIA

Cel wykładu



24. 1. Pojęcie nanotechnologii

Nanotechnologia to procesy wytwarzania mikro- i makroelementów „atom po atomie” lub „cząsteczka po cząsteczce”.

Komputery wielkości kilku milimetrów, inteligentne maszyny rzędu kilkudziesięciu mikrometrów mogące współdziałać ze sobą, miniaturowe roboty wprowadzane do organizmu człowieka w celu dokonania operacji chirurgicznej – to nie jest wizja świata proponowana przez Stanisława Lema, ale konkretne projekty badawcze, które mają poważne szanse na realizację w XXI wieku.

Perspektywy radykalnej zmiany technologii

Gdy przyjrzeć się sposobom wytwarzania narzędzi, a później maszyn i urządzeń, jakie ludzie stosowali, począwszy od naszych przodków z epoki kamienia łupanego, a kończąc na dzisiejszych inżynierach pracujących w najnowocześniejszych przedsiębiorstwach przemysłu elektronicznego, to łatwo można zauważyć jedną dominującą linię rozwoju technologii. Polegała ona na wydobyciu (najpierw może raczej znalezieniu) surowca, oczyszczeniu go, wytworzeniu materiału o danych właściwościach i ukształtowaniu go w końcowy produkt – narzędzie, część mechanizmu, itp.

Jedną z charakterystycznych tendencji było tu przechodzenie od większej skali do mniejszej, odrzucanie nadmiaru – olbrzymiej materiałochłonności, której towarzyszyła równie wielka produkcja przemysłowych odpadów. Drugą tendencją wyraźnie zauważalną od ponad stu lat, odkąd ludzie zaczęli poznawać strukturę materiałów i prawa rządzące jej zmianami, było coraz dokładniejsze sterowanie przebiegiem procesów, w których olbrzymia liczba atomów w procesach metalurgicznych czy też jonów lub cząsteczek w procesach syntez chemicznych, oddziałujących ze sobą i podlegających statystycznym prawom termodynamiki, tworzyła pożądaną materiał.

Możemy sobie wyobrazić sytuację odwrotną: wyjście od małej skali, od kontrolowanej syntezy fizycznej, w której steruje się położeniem pojedynczych atomów, budowanie coraz bardziej złożonych molekularnych mechanizmów aż do skali makro, czyli wytwarzania maszyn i urządzeń, jakimi się posługujemy. Takie działanie próbuje robić rosnąca grupa rozsianych po całym świecie ludzi, którzy stali się entuzjastami nowej technologii zwanej „**nanotechnologią**”.

Nanotechnologia jest określeniem, które zagościło w słownikach na początku minionej dekady. Ogólnie oznacza inżynierię w bardzo małej skali, co wie każdy, kto mniej lub bardziej interesuje się nauką. Bardziej konkretnie, nanotechnologia wiąże się z opanowaniem technologii manipulowania i przekształcania materii w skali pojedynczych atomów, czyli odległości rzędu nanometrów

Nanotechnologia to zespół technologii związanych z manipulowaniem pojedynczymi, indywidualnymi atomami i cząsteczkami (molekułami) w celu stworzenia nowych produktów i procesów technologicznych przy wykorzystaniu właściwości materii w nanoskali.

Główna teza, na której opiera się nanotechnologia, pojawiła się już w 1959 r., kiedy to późniejszy zdobywca nagrody Nobla (otrzymał ją w 1965 roku), znany fizyk **Richard Feynman** stwierdził: „z tego co widzę, zasady fizyki nie sprzeciwiają się możliwości zmieniania rzeczy atom po atomie”.



O nanotechnologii często mówi się „interdyscyplinarna”, ponieważ wiąże różne obszary nauki i wykorzystuje efekt „synergizmu”, łącząc osiągnięcia chemii, mechaniki, fizyki oraz informatyki.

Za twórcę nanotechnologii uważa się amerykańskiego naukowca **Erica Drexlera**. Stała się ona przedmiotem jego pracy doktorskiej, obronionej w 1992 r. w MIT.

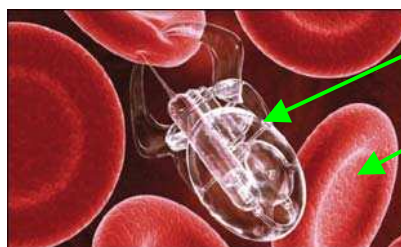
Nanotechnologia jest technologią nowych możliwości, w takim sensie, że tworzy podstawy dla rozwoju innych technologii.

24. 2. Kierunki rozwoju nanotechnologii

Wyobraźmy sobie, że potrafimy stworzyć z niczego dowolną rzecz: befsztyk, diamenty, soczystą gruszkę, rollsroyce'a, silnik rakiety... bez nakładu pracy i nie wydając na to żadnej energii. Science fiction? Czarna magia? Alchemia? Nie – to nanotechnologia!

Co przynieść może ludzkości taka radykalna zmiana technologicznego paradygmatu, zamiana sposobu „od dużego do małego” na „od małego do dużego”? Część obserwatorów postrzega ją jako nową rewolucję materiałową, podobną do pojawienia się tworzyw sztucznych. Inni zmianę rewolucyjną jak zamiana narzędzi kamiennych na metalowe. W skali globalnej można by się spodziewać pokonania problemów ograniczeń surowcowych (nanotechnologia bazuje na węglu, krzemie, azocie, borze i kilku jeszcze innych, raczej lekkich i łatwo dostępnych pierwiastkach), zahamowania tendencji do zanieczyszczania środowiska (nanotechnologia nie wytwarza odpadów), a nawet przyspieszenia w odnawianiu zniszczonych środowisk, zwiększenia wykorzystania odnawialnych źródeł energii (wykorzystanie energii słonecznej w przestrzeni pozaziemskiej, nanotechnologiczne wytwórnie w przestrzeni kosmicznej itp.

Aby manipulować atomami trzeba je najpierw „zobaczyć”. Wynalazek skaningowego mikroskopu tunelowego (STM), za który Gerd Binnig i Heinrich Röhler dostali Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki, w 1986 r., umożliwił takie obserwacje. Mało tego, możliwe stało się celowe manipulowanie atomami. Technologia ta tak się dziś rozwinęła, że możemy tworzyć zapisy zawartości całych bibliotek. Np. pod koniec bieżącego dziesięciolecia nowe rodzaje pamięci komputerowej pozwolą np. zmieścić całą zawartość Biblioteki Kongresu USA na miniaturowych krążkach krzemu o wymiarach piłeczki pingpongowej. Ale zapis informacji za pomocą strumieni atomów to zaledwie pierwszy krok. Kolejnym ma być (..?), aż do budowy **roboty** (patrz rysunek), zdolnego budować zadaną z góry strukturę molekularną. Urządzenie ma mieć długość około 100 nm. Będzie wyposażone w pamięć, specjalne manipulatory pozwalające manipulować atomami.



nanorobot

czerwona krwinka

Zdolność do samoreplikacji jest jednocześnie największym zagrożeniem, ale i największą potencjalną korzyścią nanotechnologii. **Robot sam zbuduje swoją kopię.** Ponieważ, w przyszłości nanomaszyny będą w stanie manipulować pojedynczymi atomami w celu tworzenia nowych struktur oraz budowania swoich współziomków, technologia ta wyposaży człowieka w tanie narzędzie do przetwarzania materii w pożądane struktury, np. tryliony nanorobotów będą w stanie dosłownie „z niczego” „wyprodukować” potrzebne ilości ropy naftowej, atom po atomie(!) Koszt przedsięwzięcia będzie dotyczył wyłącznie etapu projektowania nanomaszyn, gdyż na etapie produkcji nanofabryki będą całkowicie samowystarczalne (następne urządzenie zostanie już wyprodukowane za darmo). Choć w tej chwili jest to co najwyżej futurystyka, być może kiedyś nanomaszyny będą potrafiły przerobić kupkę śmieci w chleb lub pożywienie(?)

Ogólnie biorąc, można wyróżnić następujące kierunki rozwoju nanotechnologii:

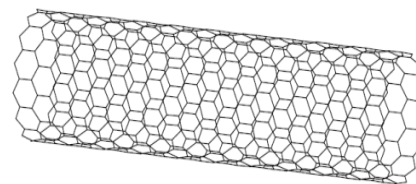
- **tworzywa sztuczne**, których struktura jest kontrolowana na poziomie pojedynczych cząsteczek; można w ten sposób uzyskiwać materiały o niespotykanych własnościach mechanicznych i innych,
- **sztuczne włókna**, które również posiadają niespotykane własności mechaniczne,
- **nanorurki**, czyli bardzo długie i puste w środku cząsteczki, które mogą służyć jako kierunkowe przewodniki prądu lub mikroskopijne filtry,
- **mikrosfery**, czyli mikroskopijne kuleczki, wewnątrz których można umieszczać np. leki,
- **molekularne układy elektroniczne**, czyli układy składające się z pojedynczych cząsteczek, które zachowują się jak np. tranzystory, połączone polimerami przewodzącymi,
- **mikromaszyny**, czyli maszyny zbudowane z kilku, czy kilkuset cząsteczek.

Pytania o nanotechnologię nie dotyczą już tego, czy nadchodzi lub czy jest realna, lecz jak duża będzie skala spowodowanych przez nią zmian?!

24. 3. Nanorurki węglowe

Nanotechnologia opuszcza laboratoria i wkracza na rynek w pierwszej kolejności jako nanorurki .

„Nanorurki węglowe to czarne diamenty XXI wieku” – tak je określa Andrzej Huczko w książce pod tym tytułem (Wyd. BEL 2004). Tematyka nanorurek ma interdyscyplinarny charakter; unikatowe ich właściwości wskazują na realne możliwości intrygujących aplikacji, które zaczynają się już, prototypowo, pojawiać. Stąd niezwykle szerokie spectrum ich badań i wielka liczba publikacji.



- **Nanorurki węglowe** (w skrócie CNT – od *Carbon NanoTubes*) są strukturami złożonymi z atomów węgla, w kształcie rurek o średnicy poniżej nanometra. Ich średnica jest rzędu 1-2 nanometrów (a więc są dziesiątki tysięcy razy cieńsze od ludzkiego włosa), ale ich długość może być miliony razy większa (przeciętnie 1 mm).
- **Nanorurki** są malutkie, niewyobrażalnie cienkie, a jednocześnie bardzo mocne. Mogą świecić, przewodzić prąd i wytrzymują duże naprężenia. Ich struktura jest kompletna, bez dziur, brzegów i szpar, w całości utkana z silnych wiązań węglowych. Dlatego są najwytrzymalszymi dotychczas uzyskanymi włóknami i być może nie znajdzie się już nic mocniejszego od nich. Ich wytrzymałość na zerwanie i rozciąganie jest co najmniej 100x większa od stali i dziesięciokrotnie od tradycyjnych włókien węglowych. Wytwarzanie włókien do dużej wytrzymałości jest jednym z obecnie rozwijanych zastosowań nanorurek
- **Przepis na nanorurkę** jest pozornie prosty. Weź płatek grafitu. Zwiń w rurkę. A potem zrób z tego linę, tranzystor albo telewizor – **jeśli ci się to uda, to masz klucz do zarobienia ogromnych pieniędzy!!!**
- **Nanorurka jednościenna** zachowuje unikatowe właściwości fizyczne płaszczyzn grafitowych: znakomitą wytrzymałość mechaniczną i sztywność, duże przewodnictwo elektryczne i cieplne, odporność na działanie chemikaliów. W zależności od orientacji nanorurki tego typu mogą przejawiać własności metaliczne lub półprzewodnikowe.
- Ważnym polem zastosowań nanorurek jest **elektronika**. Znane jest już kilka technik wytwarzania tranzystorów z nanorurek. W fazie prototypów są nieulotne pamięci (NRAM), mające zastąpić w przyszłości dyski twarde komputerów.
- W zakresie systemu trójwymiarowych **nanorurkowych sieci** badania prowadzi NASA. Mogłyby one funkcjonować podobnie do biologicznego systemu nerwowego. Powstała struktura będzie miała możliwości (zmysłowe i poznawcze) zbliżone do ludzkiego systemu sensorycznego – jest to więc prosta droga do powstania „sztucznych mózgów”.
- Rozważa się również zastosowanie nanorurek węglowych w **ogniwach paliwowych** (nanorurki mogą rozkładać wodę na wodór i tlen pod wpływem światła).
- Wypełniając nanorurki metalami bądź ich związkami uzyskuje się najcieńsze przewody metaliczne (przewiduje się 100 x minimalizację urządzeń elektronicznych).
- **Postęp w badaniach nanorurek** węglowych pozwoli na wytwarzanie wielkoformatowych ekranów LCD, np. do telewizorów o przekątnej większej niż 50” i grubości zaledwie 1”.
- Z nanorurek można zrobić niezwykle **wytrzymałe liny**. Taką superwytrzymałą taśmę zademonstrowali niedawno naukowcy z USA. Ich sukcesem nie jest jednak sama taśma, ale opracowanie procesu produkcji, który pozwala tkać nanorurkowe taśmy w tempie do 7 m.b./min, czyli prawie tak szybko, jak w trakcie przemysłowej produkcji wełny.
- IBM pracuje nad **użyciem nanorurek w pojazdach o napędzie wodorowym**. Możliwe, że nanorurki będą przechowywać wodór w swoim wnętrzu i uwalniać go stopniowo jako wydajne i tanie paliwo napędzające pojazdy. (już są prototypy pojazdów na to paliwo).

NAJWIĘKSZY SKOK TECHNOLOGICZNY W HISTORII LUDZKOŚCI NADCHODZI WIELKIMI KROKAMI !!!