

NANOTECHNOLOGIA – MODELOWANIE URZĄDZEŃ

Ewa Wręczycka

**Instytut Informatyki i Nauki o Materiałach, Uniwersytet Śląski
41-200 Sosnowiec, ul. Będzińska 39**

ewa_wreczycka@o2.pl

STRESZCZENIE

Marzeniem alchemików przed wiekami była zamiana żelaza w złoto. Dziś stajemy przed wizją świata, w którym mikrokomputery są mniejsze od główki szpilki, choć ich prędkość ogranicza szybkość poruszania się elektronów. Wizja, gdzie w ciałach ludzi są mechanizmy mniejsze od bakterii, niszczące wszelkie wirusy oraz zmutowane i starzejące się komórki. Świat, w którym są urządzenia oczyszczające nawet najmniejsze zanieczyszczenia. Świat, w którym w każdym domu stoi maszyna, zdolna stworzyć jedzenie, sprzęty domowego użytku i wszystko, czego tylko mieszkańcy sobie zapragną. To nie są wizje fantastyczne - już niedługo tak może wyglądać nasz świat, gdy tylko człowiek będzie w stanie niedrogo kontrolować strukturę materii.

Słowa kluczowe: nanotechnologia, assembler, modelowanie struktur

1. CZYM JEST NANOTECHNOLOGIA?

Nanotechnologia jest uznawana za hipotetyczną, powstająca technologię, w której przedmioty są planowane i powstają dzięki wybieraniu i umieszczaniu w odpowiednich miejscach pojedynczych atomów i molekuł [1]. Powszechne jest traktowanie nanotechnologii w kategoriach fantastyki naukowej; przecież atomami nie można manipulować tak jakby to były cegły. Atomy i cząsteczki podlegają innym prawom: prawom mechaniki kwantowej, która traktuje atomy jak obiekty niewyraźne i rozmyte, małe mgliste kulki energii. Nie można ich zatrzymać w miejscu, nie wspominając o manewrowaniu nimi.

Pionierem teoretykiem w dziedzinie nanotechnologii był Feynman, który już w 1959 roku stwierdził w swojej kontrowersyjnej mowie, że sterowanie pojedynczymi atomami jest całkowicie wykonalne: „Prawa fizyki, przynajmniej z mojego punktu widzenia nie odbierają możliwości tworzenia rzeczy atom po atomie. Nie jest to próba zamachu na jakiegokolwiek zasady: to coś, co w zasadzie można zrobić”

Pierwszy eksperyment z dziedziny nanotechnologii miał miejsce w 1989 roku, dokładnie w 30 lat po wystąpieniu Feynmana. Wtedy pojedyncze atomy były rzeczywiście chwywane,

przesuwane, ustawiane – pomimo wszelkich trudności związanych z temperaturą, promieniowaniem pojedynczych atomów. Wtedy to korzystając z tej techniki wyrysowano 35 atomami ksenonu logo znanej firmy komputerowej. W skrócie można powiedzieć, że nanotechnologia to pełna kontrola nad strukturą materii. Jeśli zostanie wprowadzona w życie, całkowicie odmieni nasz świat [3].

2. ASEMBLER – NANOTECHNOLOGICZNA MASZYNA

Kolejnym krokiem było zdecydowanie się na Asembler, czyli urządzenie, zdolne budować zadaną z góry strukturę molekularną. Ma posiadać pełną, trójwymiarową kontrolę nad umiejscowieniem atomów oraz zdolność kreowania wielu wiązań chemicznych. Dzisiejsze kalkulacje pozwalają stwierdzić, że assembler będzie niezwykle małym urządzeniem - 100 nanometrów długości i 30 nanometrów szerokości. Dokładność, z jaką będzie umieszczał atomy w strukturze molekularnej, zdaje się być niewyobrażalna - 0,1 lub 0,2 nanometra. Assembler będzie posiadał najpewniej kilobajt RAMu wysokiej prędkości i 100 kilobajtów wolniejszej, ale gęstszej pamięci. Poza ramionami służącymi do umiejscawiania atomów w strukturze, w skład assemblera wejdzie komputer oraz zdalne sterowanie, a wszystko to nie będzie ważyło więcej niż 109 jednostek masy atomowej - bakteria koli waży jakiegoś 1012. Trudno jest oszacować koszty assemblera - w pierwszy może trzeba będzie włożyć miliardy dolarów. Ponieważ jednak każde z tych urządzeń będzie w stanie zbudować wszystko, więc także i siebie. Innymi słowy, po stworzeniu pierwszego assemblera, koszty będą żadne [1].

3. PRZYSZŁOŚĆ NANOTECHNOLOGII

Badacze nanotechnologii nie dając za wygraną bezustannie wprowadzają w nasze życie udoskonalenia. W 1991 roku odkryto fullereny niezwykle cząsteczki zbudowane z atomów węgla o przeróżnych kształtach, od "piłkopodobnych" sfer po konstrukcje, którym nadano nazwę nanorurek. Teoretycy zajmujący się badaniem fullerenów przewidzieli, że nanorurki, zależnie od ich geometrii, mogą charakteryzować się różnymi właściwościami elektrycznymi: mogą zachowywać się jak metale, jak półprzewodniki i wreszcie jak izolatory. Teoretyczne przewidywania zostały potwierdzone dwa lata temu przez dwa niezależne zespoły: chemików z Uniwersytetu Harvarda w Stanach Zjednoczonych i przez fizyków z Politechniki w Delft w Holandii. Holendrzy pracujący pod kierownictwem Ceesa Dekkera i skonstruowali tranzystor, któremu nadali nazwę TUBEFET. Zbudowany jest on z węglowej nanorurki o właściwościach półprzewodnikowych, podłączonej do dwóch elektrod platynowych zaczeponych w podstawie krzemowej, pokrytej warstwą dwutlenku krzemu o grubości 300 nm. W tej chwili ani parametry elektryczne, ani rozmiary tranzystora z Delft nie wyróżniają się na tle klasycznych rozwiązań. Naukowcy są jednak zgodni, że otwarta została epoka

poszukiwania nowych układów elektronicznych, w których krzem będzie zastąpiony układami węglowymi. Zamiana ta umożliwi dalszą miniaturyzację tych układów.

Innym wielkim osiągnięciem nanotechnologii jest dzieło międzynarodowego zespołu badaczy europejskich, którym udało się zamknąć makroskopowy obwód elektryczny za pośrednictwem pojedynczego atomu (1998 r.). To spektakularne osiągnięcie pozwoli naukowcom i inżynierom lepiej zrozumieć zależności między właściwościami makroskopowymi układów elektrycznych a właściwościami kwantowymi wchodzących w skład tych układów atomów i cząsteczek. Wiedza ta umożliwi dalszą miniaturyzację układów elektronicznych.

W ostatnich latach dwudziestego wieku ludzkość stanęła przed wieloma trudnymi do rozwiązania problemami: przeludnienie, choroby cywilizacyjne, zanieczyszczenia, rozpad warstwy ozonowej, ocieplenie globu. Każdy z nich sam w sobie jest trudny do pokonania. Nic, więc dziwnego, że naukowcy na całym świecie próbują rozwiązać te problemy, myśląc o przyszłości nas, naszych dzieci i naszej planety. Wielu z nich widzi rozwiązanie właśnie w nanotechnologii - pomysły może futurystycznym, ale jakże ciekawym i gorącym ostatnimi laty.

Nanotechnologia oferuje niezwykle możliwości: szansę odtworzenia środowiska naturalnego, wyplenienie wszelkich chorób, dostęp do taniej energii oraz darmowe pożywienie. Jednak z drugiej strony każdy, kto zdoła opanować tę technologię, zdobędzie niesamowitą potęgą. Możliwości broni, jaką można będzie dzięki niej stworzyć, przekraczałyby najśmielsze wyobrażenia pisarzy fantastyki. Ale to jeszcze nie wszystko. Firma, która jako pierwsza wprowadzi na rynek nanotechnologiczne rozwiązania, zyska niezwykłą przewagę, co w efekcie może doprowadzić do krachu ekonomicznego.

Prowadzone dziś badania nad nanotechnologią pozwalają stwierdzić, że stworzenie tą metodą pierwszego urządzenia może mieć miejsce już w 2020 roku! Będzie to mechanizm (zwany z angielskiego: assembler). A jakie będą jego możliwości? Po prostu będzie w stanie produkować wszystko, korzystając jedynie z atomów węgla i surowców naturalnych. Efekty jego działania będą idealne - żadnych niedokładności, zadrapań - i niezwykle wytrzymałe. Co wtedy stanie się z naszym światem, jego wartościami, wszystkimi firmami i producentami? Jeśli zaś nanotechnologia rozwinie się jeszcze bardziej, to może za sto lat ludzkość będzie w stanie przekształcić jedną planetę nienadającą się do zamieszkania w inną, która będzie prawie dokładną repliką Ziemi? Człowiek będzie wędrował od jednego ciała niebieskiego do drugiego i korzystając z niego jako materiału oraz niewielkich urządzeń przemieniał je tak, by nadawały się do zamieszkania.

Badania nad nanotechnologią prowadzone są póki, co w tajemnicy - mało, kto zdaje sobie sprawę, że w ogóle ktoś się tym zajmuje. Rząd Stanów Zjednoczonych zainwestował ponoć

miliony dolarów, ale rekordzistą w tym względzie jest Japonia, która włożyła ponad 200 milionów dolarów w coś, co jeszcze nie tak dawno było jedynie fantastyką [1].

4. MODELOWANIE STRUKTUR W NANOTECHNOLOGII

Nanotechnologia to w nieco innym aspekcie, niż świat fantastyki, to nazwa zestawu technik i sposobów tworzenia rozmaitych struktur o rozmiarach nanometrycznych (od 10 do 1000 nanometra), czyli na poziomie pojedynczych atomów i cząsteczek. Wśród tych struktur są:

- sztuczne tworzywa (struktura jest kontrolowana na poziomie pojedynczych cząsteczek),



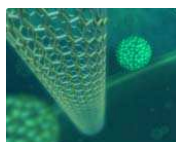
Rys. 1. Sztuczne tworzywa. (Źródła: www.wotum.pl)

- sztuczne włókna - o bardzo precyzyjnej budowie molekularnej,



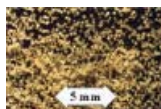
Rys. 2. Sztuczne włókna. (Źródła: www.reoamos.cz)

- nanorurki - czyli bardzo długie i puste w środku cząsteczki,



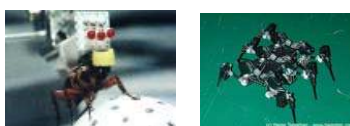
Rys. 3. Nanorurki. (Źródło: *Illustration for a University of Texas online tech journal*)

- mikrosfery - czyli mikroskopijne, puste w środku kuleczki, wewnątrz których można umieszczać np. leki.



Rys. 4. Mikrosfery. (Źródło: www.eop.cz)

- molekularne układy elektroniczne - czyli układy składające się z pojedynczych cząsteczek, które zachowują się jak np. tranzystory, połączone polimerami przewodzącymi, które spełniają rolę drutów molekularnych,
- mikromaszyny - czyli maszyny zbudowane z tłoków, kół zębatych, itp. które same są zbudowane z kilku-kilkuset cząsteczek (jak nie powstała jeszcze mikromaszyna zbudowana ręką człowieka)



Rys. 5,6. Mikromaszyny. (Źródło: ufo.nano.pl, www.tappotec.com)

Warto zwrócić też uwagę że nanotechnologię „uprawiają” już od dawna wszystkie organizmy żywe. Wiele struktur występujących wewnątrz komórek to rodzaje mikromaszyn, struktura takich naturalnych materiałów jak drewno, łodygi roślin, kości czy skóra to tworzywa, których struktura jest kontrolowana na poziomie pojedynczych cząsteczek.

4.1. Produkty nanotechnologiczne

Nanotechnologia to sterowane tworzenie i stosowanie materiałów i struktur, urządzeń i systemów o nanometrowych wymiarach. W mniej rygorystycznym podejściu zakłada się, że do produktów nanotechnologicznych zalicza się takie:

- gdzie przynajmniej jeden wymiar nie jest większy od 100 nanometrów,
- gdzie w procesie ich wytwarzania można kontrolować właściwości fizyczne i chemiczne,
- z których można budować większe obiekty.

5. OD MIKROMONTERA DO NANOMONTERA

Skoro osiągnęliśmy ogromną koncentrację sztucznej inteligencji w małych objętościach, należy sobie postawić pytanie: W jaki lepszy sposób wykorzystać ten mózg dla dobra człowieka, jak nas chronić, jak nas leczyć i jak nas wyżywić?

W drodze do nanoświata zabraliśmy się do konstruowania mikromontera - mikroroboty. W główce mózg, wyposażymy go w receptory - quasizmysły: oczy, uszy, nos, zmysł dotyku i poczucie smaku. Szkielecik wypełniamy mięśniami, dodajemy ręce, nogi, a także system nerwowy. Pożywieniem robocika będą elektrony. Ażeby mógł działać, wyposażymy go w narzędzia z mikroświata i wyślemy do nanoświata, aby konstruował pomniejszone własne kopie.

W swojej drodze zauważy - być może - nanorurki węglowe o średnicach mniejszych od 0,7 nanometra. Amerykański Urząd do spraw Lotniczych i Kosmicznych (NASA) twierdzi, że powinien z nich zbudować system kółek zębatych; zęby zrobi np. z cząstek benzenu. Te systemy - pobudzone kwantami światła - mogą, jak wyliczono, obracać się z prędkością 50-100 miliardów razy na minutę i nie rozpadną się. Jeśli zbuduje pierwszego nanorobota, który nie będzie już zjadał elektronów, ale molekuly czerpane przez niego z otoczenia, może go wysłać w nanoświat Drexlera.

Obecnie mikroroboty nazywa się mikrosystemami. Dzisiaj już dysponujemy szeroką gamą mikroczujników, z których buduje się zmysły. Mamy mózg. Ale nie mamy rąk i nóg. Do stworzenia mięśni na wzór tych, którymi obdarzyła nas natura, droga jest bardzo daleka. Wobec tego miniaturyzujemy wymiary znanych maszyn, zapraszamy do współpracy mechaników z ich wiedzą.

W tym miejscu kolejny raz krzem okazał się cudownym darem natury: sterując mikroelektroniczną techniką zabezpieczania powierzchni i dyfuzją, można wytworzyć - drogą mokrego trawienia chemicznego i plazmowego - praktycznie wszystkie elementy klasycznej mechaniki, do której zaliczymy również hydraulikę.

Niektórzy mówią, że jest to trzecia rewolucja krzemowa. Wytwarza się elementy i konstrukcje o mikrometrowych wymiarach: koła zębate, przekładnie, zawory, pompy, mikrorurociągi gazowe i cieczowe oraz silniki. Stworzono też mikronarzędzia dla medycyny, biologii molekularnej, przemysłu farmaceutycznego, chemii, motoryzacji i telekomunikacji. Przemysł mikrosystemowy wytwarza już produkty o wartości ponad 100 miliardów dolarów rocznie. Rodzi się nowa idea przemysłu XXI w.

Mikrofabryki mechaniczne są specjalnością Japonii, mikrofabryki chemiczne powstały w Europie, głównie w Niemczech.

Dziś dysponujemy wszystkimi mikrokomponentami potrzebnymi do ich budowy. Redukując wymiary makroskopowych laboratoriów chemicznych i biologicznych, integrujemy różne procesy - podobnie jak w elektronicznych układach scalonych. Mikroreaktory - to nie nowa chemia, ale chemia szybsza i lepsza. Technika mikrosystemów oferuje mikrofluidykę, gdzie przez kanaliki o mikrometrowych rozmiarach umieszczone - wraz z elektronicznymi układami sterującymi i analizującymi na jednej płytce - tzw. *lab-on-a-chip* lub *bio-chip* - można przepuszczać mikrolitry lub nanolitry różnych roztworów. W ten sposób badano, jak żywe komórki reagują na różne leki, jak komunikują się neurony, jak rosną zdrowe dendryty i aksony.

Jednym z największych osiągnięć naszej cywilizacji są samochody, ale - mówiąc w przenośni - należą do najcięższych jej chorób. Giną ludzie, często młodzi i zdrowi. Dlatego przemysł motoryzacyjny stał się największym odbiorcą rozwiązań mikrosystemowych.

Marzeniem lekarzy i pacjentów są narzędzia do minimalnie inwazyjnej chirurgii narządów wewnętrznych. Na przykład takich, jak opracowywany w Niemczech endoskop.

Mikrosystemy zmieniają świat już teraz. Większość z nas nie jest świadoma tej rewolucji.

A gdzie jest nanotechnologia? Nanotechnologia, która się pojawi na pewno będzie koszmarem dla rządów wielkich mocarstw. Bo nie wiadomo, u kogo najpierw się zjawi, a właśnie ten będzie najważniejszy w tym wieku. Powstaje problem: ile miliardów dolarów będzie kosztować, aby nie dać się wyprzedzić? [2]

6. PODSUMOWANIE

Niestety nanotechnologia ma także swoje ciemne strony. Krytycy tej koncepcji wizji świata uważają, że nikt nie zastanawia się, w jaki sposób nanomaszyny mają być programowane i napędzane. Nawet twórca współczesnej nanotechnologii Eric Drexler zwrócił uwagę na to, że nanomaszyny zamiast tworzyć raj na ziemi mogą zwrócić się przeciwko ludzkości [1].

LITERATURA

- [1] T. Kreczmar: *Nanotechnologia - przyszłość czy teraźniejszość*, Cyber 1/98
- [2] B. Licznerski: *Nanotechnologia*, wykład 2003
- [3] E. Regis: *NANO – The Emerging Science of nanotechnology: Remaking the Word – Molekule by Molekule* 2002