

APLICAȚII ALE NANOTUBURILOR DE CARBON

Prof. Dana-Anișoara Punei,
Colegiul Tehnic de Electronică și Telecomunicații „Gheorghe Mârzescu”, Iași

1. Considerații introductive

Nanotehnologia este un termen aplicat dezvoltărilor de tehnologii la scară nanometrică, adică moleculară sau atomică. Conceptul a fost discutat pentru prima oară în anul 1959, de către renumitul fizician Richard Feynman, atunci când a descris posibilitatea sintezei prin manipularea directă a atomului.

Nanotehnologia este o tehnologie revoluționară, care deschide perspective uriașe, cel puțin în domeniul creării de noi materiale, iar o bună parte din cercetările nanotehnologice din toata lumea se concentrează pe nanotuburile de carbon.

Nanotuburile de carbon (fig. 1) sunt structuri microscopice asemănătoare grafitului – o peliculă de atomi aranjată într-un tipar gen fagure de miere. Ele au fost considerate un material minune, încă de la descoperirea lor, la începutul anilor 1990. Vârful unui creion conține stive întregi de asemenea pelicule microscopice. Nanotuburile de carbon se formează atunci când aceste pelicule de carbon sunt înfășurate sub formă de cilindri. Pentru a avea o imagine grafică a acestor nanotuburi, am putea releva faptul că ele au un diametru de 50.000 de ori mai mic decât firul de păr.

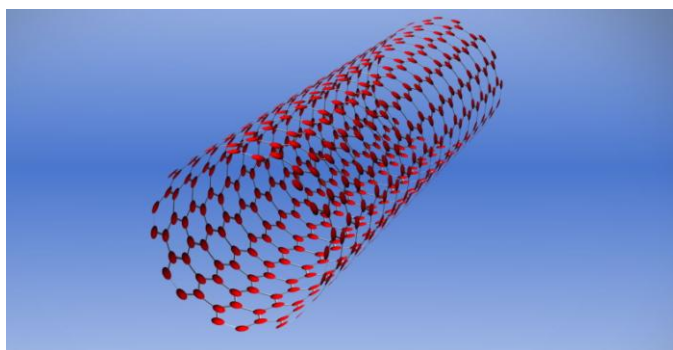


Fig. 1 Nanotub de carbon

Nanotuburile de carbon au proprietăți electrice, mecanice și termice deosebite: conductivitate electrică ridicată, care poate fi de 1000 ori mai mare decât cea a cuprului, duritate aproximativ egală cu cea a diamantului, cel mai dur material din natură, rezistență mecanică de întindere de aproximativ 14 ori superioară Kevlarului (Kevlarul este o poliamidă de cinci ori mai rezistentă decât oțelul, considerat la o greutate egală). Calculele arată că firul de nanotuburi din mai multe straturi, cu o grosime de un milimetru, ar putea menține o greutate de până la 15 tone. Totodată, într-o secțiune transversală, păstrează căldura la fel ca și cărămida sau betonul.

Nanotuburile de carbon sunt un material minune. De când au fost inventate, își găsesc tot mai multe aplicații, care mai de care mai imposibile și mai neașteptate. Datorită proprietăților pe care le posedă, nanotuburile de carbon pot fi utilizate în circuitele electrice, la fabricarea de diode, tranzistoare, porți logice, ca surse de emisie în câmp cu catod rece pentru fabricarea FED-urilor (field emission display - afișaje cu ecran plat), pentru stocarea de energie electrică, pentru ranforsarea materialelor composite etc.

2. Aplicații ale nanotuburilor de carbon

2.1. Cel mai mic radio din lume – din nanotuburi de carbon

Un grup de cercetători de la Universitatea din California, SUA, dorind să demonstreze versatilitatea și performanțele nanotuburilor de carbon, au realizat un radio dintr-un singur astfel de tub (fig. 2).

Ei au reușit să combine, într-un singur nanotub de carbon, toate componentele electrice majore prezente într-un radio. Mai precis, nu au realizat astfel de componente, ci le-au simulat, într-un același nanotub de carbon. O singură moleculă de nanotub este atât antenă, cât și tuner (AM și FM), filtru, amplificator și demodulator. Nanotubul este atașat unui electrod, ce încarcă negativ vârful acestuia, care vibrează sub acțiunea undelor radio. Și totul este înconjurat de vid.

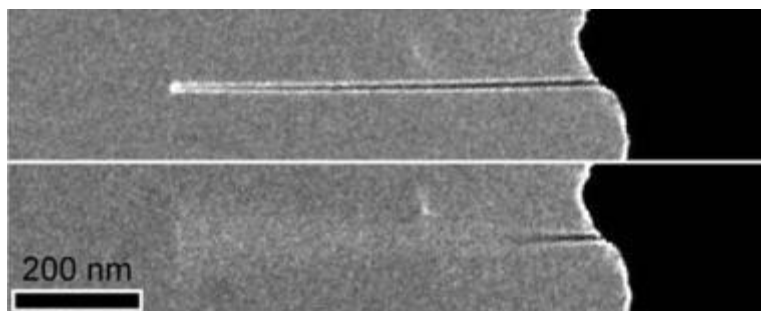


Fig. 2 Radio dintr-un nanotub de carbon

Radioul miniatural va putea fi folosit în viitor în mici device-uri controlate de la distanță, care ar putea fi injectate în sângele unui pacient pentru a servi pe post de diferiți senzori, spre exemplu pentru a măsura nivelul de zahăr sau colesterol din sânge sau pentru a urmări diverși indicatori ai unor boli precum cancerul.

2.2. Televizoare FED cu nanotuburi de carbon

O echipa de cercetători americani a pus la punct o tehnologie care permite realizarea în producția de masă de nanodevice-uri, ceea ce ar putea conduce la înlocuirea televizoarelor LCD cu cele de tip FED (Field Emission Display).

Televizoarele FED sunt similare cu CRT-urile ca și calitate a imaginii, dar în loc de un tub catodic folosesc o rețea de nanotuburi de carbon, care sunt cele mai eficiente emițătoare de electroni cunoscute deocamdată, permițând astfel ca televizorul să aibă doar câțiva milimetri grosime. Acest tip de televizoare au multiple avantaje asupra LCD-urilor și plasmei, consumând mai puțină putere, fiind mai ieftine de produs și putând ajunge la o rezoluție mai mare decât acestea.

Dacă nanotubul de carbon va fi adoptat pentru fabricarea ecranelor FED, ecranele astfel produse ar putea înlocui relativ repede LCD-urile actuale.

2.3. Circuite electronice cu nanotuburi de carbon

De-a lungul ultimelor decenii cercetătorii au tot căutat soluții alternative la circuitele semiconductoare ce au la bază substraturi de siliciu. În 2008, o echipă de cercetători din cadrul unei universități americane a realizat un circuit ce are la bază nanotuburile din carbon (fig. 3). Circuitul, realizat prin printarea unei rețele de nanotuburi de carbon pe o suprafață flexibilă din plastic, conținea nu mai puțin de 100 de tranzistori.

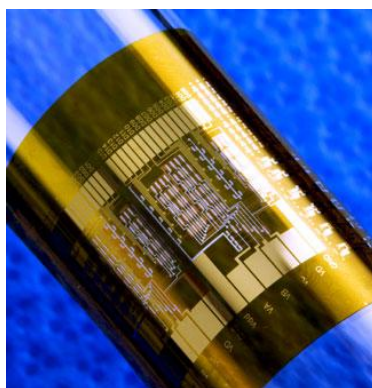


Fig. 3 Circuit electric din nanotuburi de carbon

După realizarea testelor legate de performanță, echipa a descoperit că nanotuburile de carbon au un potențial mult mai mare decât materialele clasice (polimeri ori Siliciu) utilizate în realizarea circuitelor electronice. Printre cele mai importante avantaje ale circuitelor realizate cu nanotuburi de carbon sunt o bună flexibilitate și tensiuni de operare de sub 5 Volți.

2.4. Tranzistoare de 9nm cu nanotuburi de carbon

Tranzistoarele cu canal de siliciu nu pot fi realizate la dimensiuni mai mici de 10 nm. Prin înlocuirea canalului de siliciu dintre „porțile” tranzistorului cu un nanotub de carbon, IBM a reușit, în 2012, să creeze primul tranzistor de 9 nm (fig. 4).

Mai mult de-atât, tranzistorul IBM este mult mai performant decât unul din siliciu, având un consum de energie mult mai mic și putând transporta mai mult curent decât dispozitivele de siliciu comparabile, ceea ce înseamnă un semnal mai bun. Totuși, pentru a putea avea o producție rentabilă de astfel de tranzistori, va trebui găsită o metodă ieftină de realizare a acestor nanotuburi de carbon, în prezent scumpe și greu de obținut.

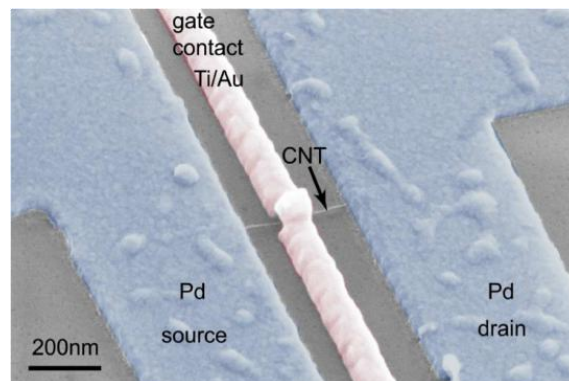


Fig. 4 Tranzistor de 9 nm cu nanotub de carbon

2.5. Microcipuri din nanotuburi de carbon

Viitorul microcip-urilor, după siliciu, aparține nanotuburilor de carbon. Nanotuburile de carbon sunt mai mici și mai rapide decât cele din siliciu, conduc electricitatea mai bine decât siliciul și au forma perfectă pentru a se comporta precum tranzistorii. Totul se întâmplă însă, la o scară mult mai mică.

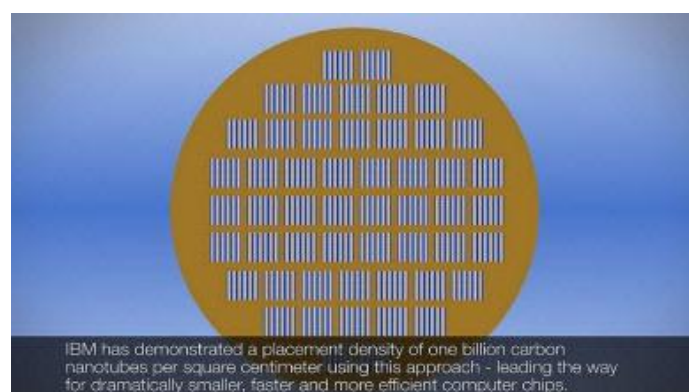


Fig. 5 Microcipuri din nanotuburi de carbon

Acest fapt a fost demonstrat de IBM, care la sfârșitul anului 2012 a anunțat că a găsit o metodă prin care să crească numărul nanotuburilor de carbon care să fie plasate pe un singur cip, reușind astfel să construiască un cip care să aibă mai mult de 10.000 de nanotuburi de carbon (fig. 5). Electronii se mișcă mai ușor prin tranzistorii de carbon decât prin dispozitivele bazate pe siliciu, acest lucru permițând un transport mai rapid al datelor.

Descoperirea IBM marchează începuturile producției de circuite cu un număr mare de tranzistori construiți din nanotuburi de carbon în poziții predeterminate. Până la acest moment, oamenii de știință nu reușiseră să plaseze decât cel mult câteva sute de nanotuburi de carbon dintr-o singură mișcare, deci insuficient pentru producerea circuitelor la scară largă.

2.6. Primul computer din nanotuburi de carbon

La fel ca formele de viață, computerele viitorului vor fi bazate pe carbon, nu pe siliciu, ca în prezent. În 2013, o echipă de cercetători de la Universitatea Stanford a construit cu succes, deși într-o formă simplă, un calculator funcțional, bazat pe nanotuburi de carbon (fig. 6). Computerul poate efectua în prezent operațiuni la o viteză comparabilă cu cea a unui calculator din anii '50.

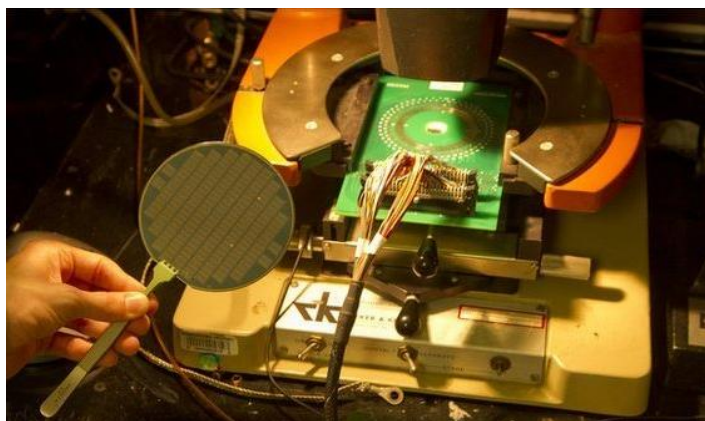


Fig. 6 Primul computer din nanotuburi de carbon

Calculatorul are doar câțiva milimetri pătrați și oferă posibilitatea de a efectua operațiile de bază, folosind 178 de tranzistori, fiecare folosind între 10 și 200 de nanotuburi de carbon. Are o capacitate de procesare de 1kHz, fiind din acest punct de vedere de milioane de ori mai slab decât computerele de astăzi (comparabilă cu cea a unui calculator din anii '50). Limita de 178 de tranzistori a fost determinată de echipa de cercetare care a folosit un cip universitar de mici dimensiuni, ceea ce înseamnă că, atât teoretic cât și practic, acest computer ar putea să fie construit mai mare și mai rapid.

2.7. Bateria viitorului – din hârtie și nanotuburi de carbon

La Universitatea Standford, un grup de cercetători a reușit să creeze o baterie din hârtie de xerox. Ea a fost îmbibată cu o cerneală neagră în care se găsesc nanotuburi de carbon și nanoconductori din argint. După ce a stat un timp într-un cuptor pentru ca apa din cerneală să se evapore, hârtia a căpătat conductivitate și a putut fi încărcată cu energie electrică. În imaginea de mai jos (fig. 7) se poate vedea cum o bucată mică de hârtie este folosită pentru aprinderea unui LED. Conform celor care au lucrat la proiect, o baterie construită astfel suportă 40.000 de cicluri încărcare/descărcare, depășind performanța uneia Li-ion.



Fig. 7 Baterie din hârtie și nanotuburi de carbon

Primul avantaj evident al bateriei din hârtie este flexibilitatea. Ea se poate modela în multe forme și dimensiuni. Mai mult, dacă hârtia tratată cu cerneala specială este îndoită sau mototolită, ea nu-și pierde proprietățile. Așteptăm primele aplicații ale tehnologiei, care ar putea fi implementată în producția de masă foarte rapid. Bateria din hârtie ar putea fi prima aplicație cu impact semnificativ a nanotehnologiei. Cât de subțiri ar deveni telefoanele mobile dacă bateria ar avea grosimea mai multor straturi de hârtie xerox?

2.8. Celule solare din nanotuburi de carbon

O nouă aplicație a nanotuburilor de carbon pare promițătoare ca abordare inovatoare a stocării energiei solare, spre a fi folosită în orice moment este necesar. Nanotuburile de carbon modificate pot păstra căldura soarelui pe termen nedeterminat, apoi pot fi reîncărcate prin expunere la soare. Păstrarea căldurii Soarelui într-o formă chimică – mai degrabă decât convertirea sa în electricitate sau păstrarea căldurii în sine într-un recipient bine izolat – are avantaje semnificative, din moment ce, în principiu, materialul chimic poate fi păstrat pentru perioade lungi de timp fără să se piardă vreun pic din energie.

Astfel, o echipă de cercetători români, din cadrul Centrului de Știința Suprafeței și Nanotehnologie al Universității Politehnice București, a realizat în premieră în România celule solare de generația a 3-a, pe bază de nanotuburi de carbon produse în laborator și cu echipamente proprii.



Fig. 8 Celule solare de generația a 3-a

2.9. Carcase indestructibile din nanofibre de carbon spiralate

În 2008, un grup de cercetători americani a creat un material care ar putea sta la baza carcaselor indestructibile pentru orice fel de device-uri, și anume nanofibrele de carbon spiralate (fig. 9). Acest material cu o foarte mare rezistență la șoc, este format din straturi de nanofibre de carbon spiralate și poate fi fabricat pe scară largă, pretându-se așadar la o producție industrială.

Noutatea adusă de cercetători nu este materialul propriu-zis, ci este forma de spirală a acestora. Se pare că, aceste arcuri nanometrice sunt capabile să absoarbă șocuri foarte mari. Într-un test efectuat de echipa de cercetători, un singur strat de astfel de mici arcuri din nanofibre de carbon a rezistat la căderea unei bile de oțel și și-a revenit complet la forma inițială după acest impact, în timp ce nanotuburile de carbon drepte au picat la acest test.

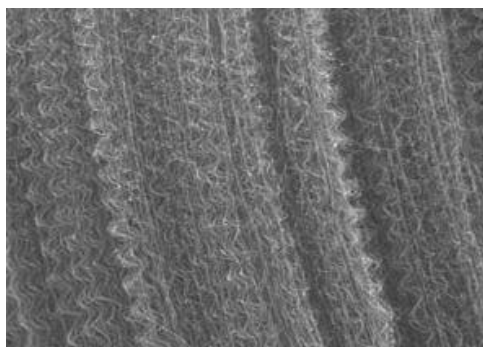


Fig. 9 Material din nanofibre de carbon spiralate

Nanotuburile de această formă pot fi așezate în straturi, printr-o metodă scalabilă la scară industrială, rezultatul fiind un fel de folie ce se poate plasa peste orice fel de suprafață pentru a o proteja, de la gadget-uri până la veste de protecție pentru militari, amortizoare de șoc pentru mașini sau tălpi de pantofi.

3. Concluzii

Datorită proprietăților deosebite pe care le posedă, materialele nanostructurate sunt folosite în diferite noi aplicații și se pot întrevădea utilizări fantastice într-un viitor nu foarte îndepărtat. Se sugerează că, într-o zi, cu ajutorul nanotuburilor va fi construit un ascensor în spațiul cosmic, ca să nu mai vorbim de cablurile banale, pentru nevoile terestre.

IBM a demonstrat recent cum un nanotub de carbon produce lumină infraroșie. Motorola și Samsung lucrează cu nanotuburi de carbon pentru producerea ecranelor plate. Nantero dezvoltă o memorie pe bază de nanotuburi. Cercetătorii de la Universitatea din Carolina de Nord au arătat că bateriile pe bază de nanotuburi rețin de două ori mai multă energie decât bateriile convenționale. Intel a lansat un program de cercetare în domeniul nanotuburilor de carbon, ceea ce arată că este încrezător în șansele de integrare a acestei tehnologii în procesoare, în ultimii ani.

În prezent, piața pentru produse obținute prin nanotehnologii este mai mare de 100 miliarde euro și se așteaptă o creștere până în 2015 la mai mult de 1000 de miliarde. Conform previziunilor Uniunii Europene, până în anul 2015, piața mondială a nanotehnologiilor ar putea reprezenta între 750 și 2.000 de miliarde de euro. În 2014 se preconizează că potențialul creator util ar putea atinge 10 milioane de întrebuițări legate de nanotehnologie (circa 10 % din totalul creațiilor întrebuițate în industriile manufacturiere din întreaga lume).

Bibliografie:

- [1] Pavel, A., *Tendențe moderne în știința și tehnologia noilor materiale. Nanotehnologiile, miracolul mileniului*. Știință și Inginerie, vol. 18, Editura AGIR, București, 2010, pag. 411-418.
- [2] Harris, P.J.F., *Carbon Nanotube Science*, Cambridge University Press, 2009.
- [3] <http://www.technologyreview.com/news/426711/smallest-ever-nanotube-transistors-outperform-silicon/>
- [4] <http://www.blitztech.ro/tehnologie>
- [5] <http://www.revistamagazin.ro/content/view/10280/20/>
- [6] <http://playtech.ro>
- [7] <http://www.pcadvisor.co.uk>