

**TRENČIANSKA UNIVERZITA ALEXANDRA DUBČEKA
FAKULTA PRIEMYSELNÝCH TECHNOLOGIÍ V
PÚCHOVENÁZOV FAKULTYNÁZOV VYSOKEJ ŠKOLY**

POUŽITIE UHLÍKOVÝCH NANORÚROK

Uhlíková nanorúrka je alotropická modifikácia uhlíka, ktorá má valcovitý tvar. Boli objavené v roku 1980. V tom čase sa začali uhlíkové nanorúrky používať v rôznych priemyselných odvetviach, najmä vďaka tomu, že sú silnejšie ako oceľ a ich hmotnosť predstavuje iba jednu šestinú hmotnosti ocele. Uhlíkové nanorúrky majú aj nezvyčajné tepelné a vodivé vlastnosti. Uhlíkové nanorúrky nie sú rozpustné vo vode a vodných roztokoch, rozpúšťajú sa v organických rozpúšťadlách. Sú takisto výbornými vodičmi, keďže elektróny sa v nich môžu pohybovať takmer voľne. Elektrický odpor nanorúrok je veľmi malý, takmer nezávislý na ich dĺžke. Dnes sa uhlíkové nanorúrky používajú v elektronike, optike a nanotechnológiách a nanomedicíne.

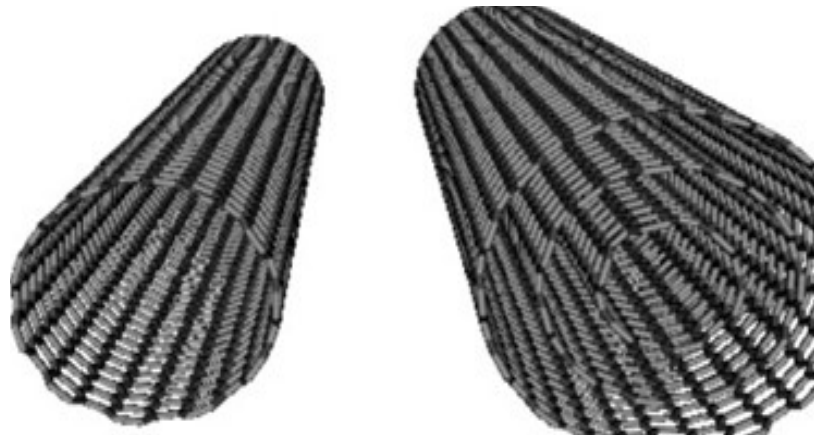
Typy nanorúrok:

a. Jednostenné nanorúrky:

Rozvíjajúcim sa odvetvím nanotechnológie je výskum mechanických, štruktúrnych, elektrických a optických vlastností jednostenných nanorúrok. Jednostenné nanorúrky majú priemer 1-3 nm a dĺžku 5-30 nm. Používajú sa napr. na transport liečiv. Vysoká optická absorpcia jednostenných nanorúrok v blízkosti infračerveného spektra spôsobuje zahrievanie pod laserovým žiarením, čo sa využíva na ničenie rakovinových buniek. Vyrábajú sa pomocou laserovej ablačnej techniky a rozsah priemerov takto pripravených nanorúrok bol odhadnutý na 1,3 až 1,6 nm. Surové jednostenné nanorúrky majú vysoký obsah nečistôt ako sú napríklad amorfné častice uhlíka alebo katalyzátory (Ni, Co). Pre ich použitie v medicíne je však nutný vysoký stupeň čistoty. Jedným z najpoužívanejších spôsobov čistenia je oxidácia pomocou koncentrovaných kyselín.

b. Mnohostenné nanorúrky:

Mnohostenné nanorúrky majú priemer od 10 nm a dĺžku od 200 nm až do niekoľkých mikrometrov. Mnohostenné nanorúrky sa používajú pri zobrazovaní nádorov



Obr1.: Jednostenná a mnohostenná uhlíková nanorúrka

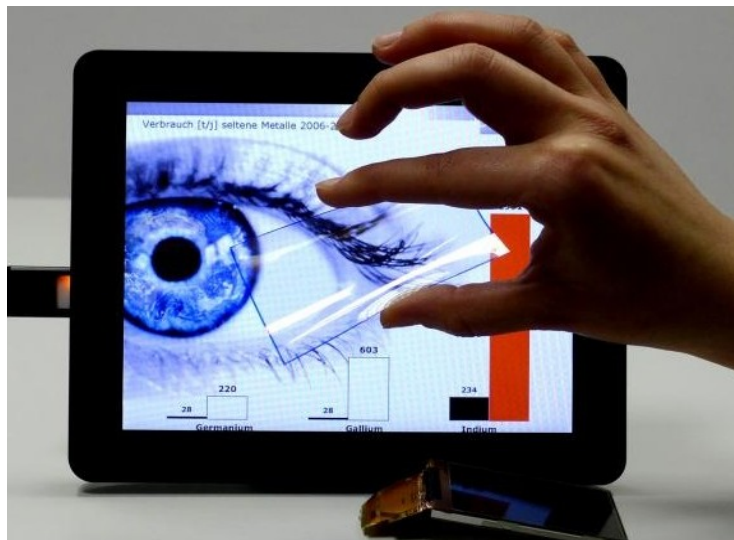
Použitie uhlíkových nanorúrok v priemysle:

- Elektronika – vodivé a polovodivé nanotrúbky majú veľký pomer medzi dĺžkou a priemerom a tým sú ideálnym konštrukčným materiálom pre vytváranie elektronických obvodov s vysokou hustotou integrácie (pamäť, procesory).
- Flat panel displays (tenké panelové displeje) – nízke prahové napätie a vysoká prúdová hustota stavia nanorúrky medzi jeden z najperspektívnejších materiálov v oblasti zobrazovania a emisie zdrojov (napr. v elektrónovom mikroskope)
- Mechanika – veľký Youngov modul a pevnosť predurčujú nanorúrky k aplikáciám v nových uhlíkových kompozitoch a ultra pevných vlákien (kozmický výťah)
- Energetika – veľký pomer povrch/objem ide dobre využiť pri skladovaní vodíku.
- Chémia – nanorúrky môžu slúžiť ako elektrochemické super kapacitory a anódy pre batérie a senzory.

Dotykový display z uhlíkových nanorúrok

Dotykové displeje sa stali obľúbenou súčasťou elektronických zariadení, využívajú sa najmä v mobilných telefónoch a tabletoch. Nevýhodné však je, že ich elektródy sa vyrábajú z oxidov india a cínu (ITO). Indium, ktoré sa nazýva aj strategickým prvkom, je vzácne a jeho zásoby sa celosvetovo míňajú. Výrobcovia displejov sa preto obávajú, že z dlhodobého hľadiska sa stanú závislými od jeho dodávateľov a tí si budú môcť diktovať vysoké ceny. Usilovne preto hľadajú nové výrobné postupy a technológie, ktoré by im umožnili zbaviť sa tejto závislosti. Vedci z Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation im prichádzajú na pomoc svojou novou technológiou, vďaka ktorej sa im podarilo elektródy displejov vyrobiť z nanorúrok a lacných polymérov. Elektródy vytvorili vo forme dvojvrstvových fólií. Prvá vrstva je zložená z lacného polyetyléntereftalátu (PET), používaného napríklad na výrobu plastových fliaš. Na túto vrstvu aplikovali roztok nanorúrok zmixovaných s vodivým polymérom, ktorý po svojom stuhnutí vytvára druhú vrstvu. Bez použitia nanorúrok by vytvorené elektródy neboli dostatočne trvanlivé, škodila by im vlhkosť, tlak a UV žiarenie. Výhodou použitia nanorúrok je, že sa dajú vyrobiť z uhlíka, ktorý je rozšírený po celom svete vo veľkom množstve a možno ho získavať dokonca aj z obnoviteľných zdrojov. Dá sa totiž extrahovať z organického materiálu, ako je napríklad drevo.

Výsledok tohto výskumu, displej zostavený z nanorúrok, vedci predstavili 16. až 18. februára 2012 na nanotechnologickej výstave v Tokiu.



Obr2.: Dotykový display z uhlíkových nanorúrok

Nový kompozit z uhlíkových nanorúrok

Firma Fujitsu Laboratories vytvorila nový uhlíkový nanokompozit, vyznačujúci sa štruktúrou s vlastným organizovaním, a to kombináciou uhlíkových nanorúrok a grafénu.

Novoobjavená kompozitná štruktúra sa syntetizuje pri teplote 510°C, ktorá je nižšia ako pre bežný grafén, vznikajúci pri teplotách, ktoré sú pre aplikácie v elektronických zariadeniach príliš vysoké. Takto je umožnené praktické využitie grafénu ako materiálu, v budúcnosti vhodného pre elektronické zariadenia, citlivé na teplo. Vlastnosti uhlíkových nanorúrok zahŕňajú vysokú tepelnú vodivosť a vysokú toleranciu voči hustote prúdu, zatiaľ čo grafén sa vyznačuje vysokou pohyblivosťou elektrónov. Uhlíkové nanoštruktúry, v ktorých sú skombinované tieto dva materiály, sú prísľubom vytvorenia nových možností pre materiálový výskum a aplikácie.

Podrobnosti o tejto technológii boli prezentované na sympóziu “34th Fullerene Nanotubes General Symposium”, ktoré sa konalo od 3. do 5. marca v japonskej Nagoyi.

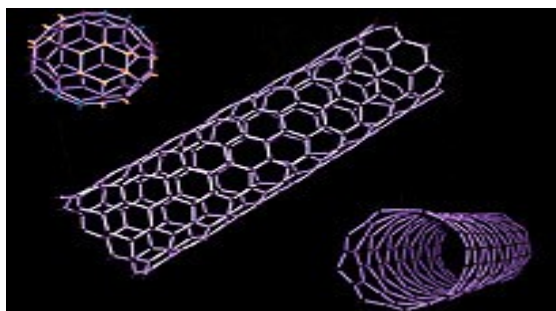
Uhlíkové nanorúrky aj grafén sú nanoštruktúrami, ktoré obsahujú atómy uhlíka. Grafén má atómy uhlíka v hexagonálnej mriežke plošného tvaru, zatiaľ čo nanorúrky možno popísať ako grafén zvinutý do valca s nanopriemerom.

Napriek skutočnosti, že oba materiály sú tvorené rovnakými atómami uhlíka, majú veľmi rozdielne vlastnosti. V porovnaní so všetkými prírodnými materiálmi majú uhlíkové nanorúrky najvyššiu tepelnú vodivosť a mechanické napätie, ako aj schopnosť odolávať najvyšším hustotám prúdu. Týmto sa stávajú atraktívnym materiálom pre elektroinštalácie, rozptyl tepla, emitory elektrónového poľa a iné aplikácie. Prebieha výskum a vývoj technológií na syntézu uhlíkových nanorúrok pri teplotách iba okolo 400°C, čo je teplota, umožňujúca ich využitie v elektronických prístrojoch, citlivých na teplo. Od objavenia jeho vysokej elektrónovej mobility v roku 2004 sa grafén stal atraktívnym materiálom pre tranzistory. Avšak bežné metódy syntézy grafénu fungujú iba pri teplote 700°C, ktorá je považovaná za príliš vysokú pre využitie v elektronických zariadeniach, alebo vyžadujú časovo náročný a nespoľahlivý postup odstraňovania kryštálov grafitu.

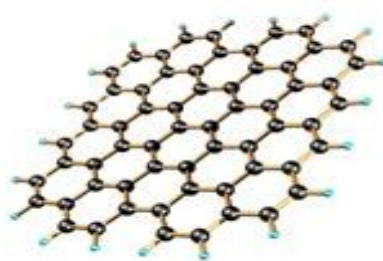
Firma Fujitsu Laboratories hľadá cesty vývoja elektronických zariadení, ktoré by mohli využiť vynikajúce vlastnosti uhlíkových nanorúrok. Kvôli lepšiemu porozumeniu rastového mechanizmu uhlíkových nanorúrok vykonali vo firme

Fujitsu Laboratories pokusy s využitím chemickej depozície pár, pri ktorej sa privádzaný plyn tepelne štiepi vo vákuovej komore a vytvára pritom povlak alebo štruktúru na substráte. Výsledkom toho bol vznik a objav uhlíkových nanorúrok so zoradenými viacerými vrstvami, v ktorých navrchu boli vrstvy grafénu (od niekoľkých po niekoľko desiatok), vytvorené s vlastným organizovaním, čím vznikol zložený kompozit. Materiály na báze uhlíka sú známe v mnohých formách, ktoré závisia na tom, ako sú v nich navzájom spojené atómy, ako sú nula-rozmerné fullerény, jednorozmerné nanorúrky, dvojrozmerný (2-D) grafén a trojrozmerné (3-D) diamanty. Boli už vytvorené zložité štruktúry, pozostávajúce z nula- a jednorozmerných prvkov, známe ako štruktúry "peapod". Nový zložitý kompozit, vyvinutý vo firme Fujitsu Laboratories, je na svete prvým kompozitom, ktorý spája jedno- a dvojrozmerné prvky na báze grafénu a nanorúrok, kolmo spojených. Kompozit bol syntetizovaný pri relatívne nízkej teplote 510°C.

Nakoľko uhlíkové nanorúrky sú lineárne jednorozmerné štruktúry, v dvojrozmerných smeroch, kolmých na os rúrok, nemajú takmer žiadnu tepelnú alebo elektrickú vodivosť medzi rúrkami. Oproti tomu grafén má elektrickú aj tepelnú vodivosť naprieč oboma smermi. Očakáva sa, že novoobjavená uhlíková nanoštruktúra bude mať elektrickú vodivosť a tepelný rozptyl vo všetkých smeroch. Bežné uhlíkové nanorúrky mali relatívne zlú rovnomernosť štruktúry po dĺžke, takže boli nestabilné, keď sa spájali vo vrchných oblastiach, čoho výsledkom bol zvýšený tepelný a elektrický odpor. Keďže nové uhlíkové nanoštruktúry firmy Fujitsu Laboratories obsahujú uhlíkové nanorúrky, ktoré sú takmer všetky spojené s grafénom s dobrou rovnomernosťou na koncoch, a povrch grafénu je rovinný, očakáva sa, že nové uhlíkové nanoštruktúry poskytnú vynikajúcu elektrickú a tepelnú vodivosť. Táto technológia posúva využitie grafénu v elektronických zariadeniach smerom k praktickým aplikáciám.



Obr3.: 2 nonorúrky a fullerén



Obr4.: Grafén

Spojenie biologického a umelého

Vedci z kalifornského inštitútu Lawrence Livermore National Laboratory oznámili, že zmiešaním biologického a umelého materiálu úspešne vytvorili novú hybridnú platformu. Tá im umožní vytvoriť prototyp toho, čo nazývajú bionanoelektronické zariadenia. Platforma je založená na nanovodičoch obalených vrstvou lipidu, ktorý je základnou zložkou štruktúry živých buniek. Skombinovaním nanovodičov s lipidmi sa výsledná platforma stáva komplexnejšou, čo umožňuje hybridnému materiálu prenášať signály oveľa rýchlejšie, ako je to teraz pri najvýkonnejších počítačoch.

Na spojení počítača a elektronických technológií s biologickým materiálom pracujú už dlhší čas aj ďalšie vedecké tímy. Napríklad výskumníci z Massachusettského technologického inštitútu (MIT) na jar tohto roka oznámili, že sa im podarilo skombinovať nanotechnológiu s geneticky upraveným vírusom. Vďaka tomu bude možné vyrábať vysokovýkonné batérie, ktoré budú schopné dodávať energiu tak pre hybridné vozidlá, ako aj pre obyčajné mobilné telefóny.

Vírusy, ktoré infikujú baktérie, ale pre človeka sú neškodné, v lítiovo-iónovej batérii vytvárajú pozitívne a negatívne nabité konce, tzv. anódu a katódu. Podľa MIT sú ich batérie schopné ponúknuť rovnakú kapacitu a výkonnosť ako najmodernejšie nabíjacie akumulátory. Na konci roku 2007 zase vedci z arizonskej univerzity v Tucsone úspešne prepojili molí mozog s elektronikou, vďaka čomu boli schopní ovládať robota na kolieskach, vysokého 12 palcov. Docent Charles Higgins vtedy predpovedal, že hybridné počítače pracujúce v kombinácii s organickými tkanivami budú k dispozícii v horizonte 10 až 15 rokov. V januári minulého roka potom na

úspech vedcov z Tucsonu nadviazali v spoločnom projekte výskumníci z USA a Japonska, ktorým sa podarilo využiť opičiu mozgovú činnosť na kontrolu humanoidného robota.

Nový typ umelých tepien

Nový druh umelých tepien umožňuje nahradit' poškodené vencové srdcové tepny a tepny v dolných končatinách, čím by sa výrazne znížil počet amputácií nôh a srdcových infarktov. Vedci z londýnskej Royal Free Hospital vyvinuli pomocou nanotechnológií z polymérov náhradnú artériu, pričom materiál má schopnosť napodobňovať prirodzené pulzovanie ľudských ciev a je odolný proti vytváraniu krvných zrazenín. Nová artéria je pevná, ohybná a pulzuje v rovnakom rytme ako srdce. V súčasnosti sa používajú buď plastové náhradné cievy, ktoré však nie sú príliš vhodné pri transplantovaní menších ciev, alebo priamo žily z nôh pacientov. Množstvo ľudí však nemá vhodné žily na transplantáciu, čím sa zvyšuje riziko amputácií alebo infarktu.

Zvýšenie kapacity lítiových batérií pomocou uhlíkových nanotrubic

Tým výskumníkov z MIT prišiel na to, že pokiaľ sa do batérií vhodne pridajú uhlíkové nanotrubicice, ide až desaťkrát zvýšiť ich výdrž. Vedci sa domnievajú, že tento objav môže nájsť uplatnenie v sfére malých, prenosných zariadeniach, avšak postupom času by mohol priniesť lepšie batérie aj pre väčšie zariadenia, ktoré vyžadujú väčší príkon.

Obvyklé li-ion batérie, bežne sa vyskytujúce v prenosných elektrospotrebičoch, získavajú energiu z kladne nabitých iónov lítia. Keď sa batérie dobijú, vnútorný prúd spôsobí, že sa tieto ióny pohybujú v opačnom smere a zachytia sa v prázdnych miestach porézneho materiálu anódy batérie.

Nová batérie vďaka za zvýšenú úložnú kapacitu a výkon uhlíkovým nanorúrkam – predstavme si ich ako stočenú šesťuholníkovú sieť – napr. plást včelieho vosku zatočeného do trúbky – do každého rohu šesťuholníka dajte atóm uhlíka a primerane zmiešajte tak, aby výsledok mal v priemere pár nanometrov a na dĺžku pár mikrometrov. Tieto nanotrubičky majú na svojom povrchu niekoľko skupín kyslíku, kde dokážu ukladať veľké množstvo iónov lítia. To umožňuje uhlíkovým nanotrubiciam fungovať v lítiových batériách po prvýkrát v roli kladnej elektródy.

S objavom prišiel tím, vedený profesorom materiálových vied a mechanického inžinierstva na MIT, Yang Shao-Hornem, v spolupráci s profesorkou chemického inžinierstva Paulou Hammondovou. Objav bol predstavený v štúdiu zverejnenej 20. júla 2011 v časopise Nature Nanotechnology. Hlavnými autormi sú Seung Woo Lee, PhD. výskumník Naoaki Yabuuchi.

Uhlíkové nanotrúbice obvykle inklinujú k zhlukovaniu do zväzku, takže exponovaného povrchu, na ktorom by mohli prebiehať reakcie, zostane menej. Hammond však v správe vysvetľuje, že po pridaní organických molekúl sa nanotrúbice zostavujú s „vysokým stupňom pórovosti pri zachovaní veľkého obsahu nanotrubic”.

Pri rovnakej váhe dokážu elektródy z tohto nového materiálu poskytnúť päťkrát väčší výkon, ako bežne kondenzátory. Celkové zvýšenie napájacej sily bolo desaťkrát väčšie, ako u štandardných li-ion batérií, čo je podľa tímu dosiahnuté predovšetkým dobrou vodivosťou iónov a elektrónov v elektróde, a tiež efektívnym ukladaním lítia na povrchu nanotrubic

Pri výrobe materiálu pre tento typ elektród bola použitá fabrikácia jednotlivých vrstiev, kde je základný materiál striedavo namáčaný v dvoch rôznych roztokoch, obsahujúcich uhlíkové nanotrúbice obohatené o jednoduché organické zlúčeniny. Zlúčeniny im potom dajú buď kladný, alebo záporný náboj. Ako sa tieto vrstvy na povrchu striedajú, sa pevne spoja dohromady, čím vytvoria stabilný, trvanlivý povlak.

Okrem vysokého výkonu majú elektródy s uhlíkovými nanotrubicami aj veľmi stabilnú životnosť. Pri testovaniach neboli zaznamenané žiadne preukázateľné zmeny vo vlastnostiach materiálu ani po tisícoch cykloch nabitia a vybitia. Elektródy, ktoré tým skonštruoval, prejavili zlepšený prísun energie iba pri vysokých výkonoch.

V súčasnej podobe môže byť materiál použiteľný v malých, prenosných elektronických zariadeniach. Keby sa však uvedený vysoký výkon demonštroval v hrubšej forme – o hrúbke stoviek mikrometrov – mohla by byť nakoniec vhodná aj pre iné využitia, napríklad hybridné automobily.

Na druhú stranu sa štúdiá zapodieva toxicitou nanotrubic. Zvlášť dlhodobé vystavenie ich vplyvu môže mať veľmi nepriaznivý dopad na ľudské zdravie. Pokusy na zvieratách napríklad dokázali, že nanotrúbice dokážu prenikať bunečnou stenou a spôsobovať radu

zdravotných problémov od pľúcneho zápalu až po patologické zmeny podobné otrave azbestom.

Použité zdroje:

- http://sk.wikipedia.org/wiki/Uhl%C3%ADkov%C3%A1_nanor%C3%BAkaň
- http://vakspol.cz/lsvt06/jasek_lsvt06.pdf
- <http://www.itnews.sk/spravy/technologie/2011-02-02/c138025-dotykovy-displej-vyrobili-z-uhlikovych-nanorurok>
- <http://www.sciencedaily.com/releases/2011/01/110127090156.htm>
- <http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=1052>
- <http://www.itnews.sk/tituly/bz/free-clanky/2010-06-18/c134299-bz-nanotechnologie-okolo-nas>
- <http://www.theepochtimes.com/n2/technology/discovery-gives-batteries-ten-fold-power-boost-38140.html>