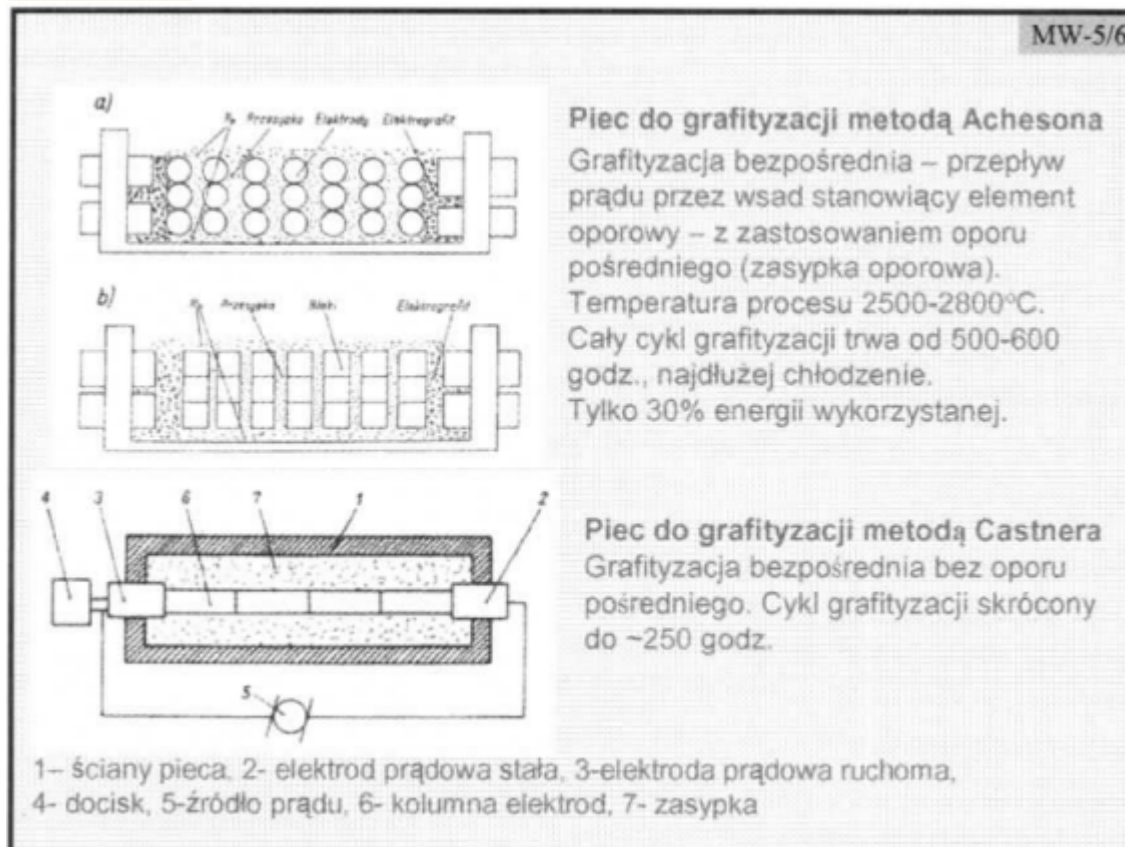


Etapy nasycania w aparaturze próżniowo-ciśnieniowej



/Aczesona/

Jest "zsypka", ma być "przesypka"

Opis rysunku (od lewej):

a)

- Rp - zasypka termoizolacyjna: koks naftowy + piasek kwarcowy
- Przesypka (Przesypka oporowa: mieszanka koksu i grafitu)
- Elektrody
- Elektrografit (grafit sztuczny/syntetyczny)

b)

- Rp
- Przesypka
- Bloki
- Elektrografit

Na nowym slajdzie nie ma drugiego pieca

Nowa prezka

Krótką historią nanostruktur węglowych

- 1985 odkrycie fulerenów
- 1989 opracowanie metody otrzymywania makroskopowych ilości fulerenu
- 1991 odkrycie nanorurek
- 1996 Nobel za fulereny
- 2004 wydzielenie monowarstwy grafenu
- 2010 Nobel za grafen

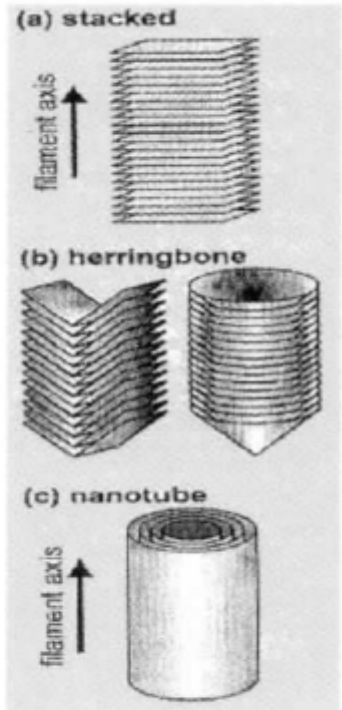
`p. 37 s.1

Nanowłókna węglowe

- w przeciwieństwie do nanorurek nie posiadają kanału centralnego
- średnice 100-500 nm, mezoporowate, $S_{\text{BET}} = 20\text{-}200 \text{ m}^2/\text{g}$, $V = 0.5\text{-}2 \text{ cm}^3/\text{g}$
- różne możliwości orientacji warstw grafenowych



CNFs o strukturze typu fishbone (HRTEM)

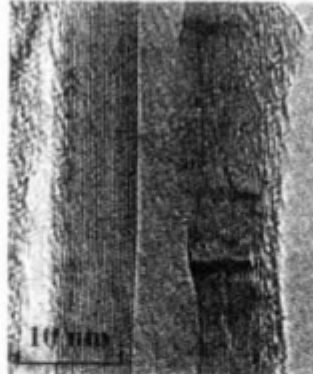
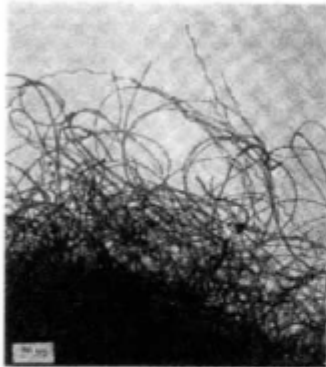


Nanowłókna węglowe - carbon nanofibers (CNF) - cylindryczne nanostruktury zbudowane z warstw grafenowych ułożonych w układ płytek, stoków lub kubków. $d_{\text{CNF}} = 10 - 200 \text{ nm}$
długość - kilka do kilkuset μm

Nanorurki węglowe (CNT) - szczególnych przypadek nanowłókien węglowych o warstwach grafenowych równoległych do głównej osi i zwiniętych w idealne walce

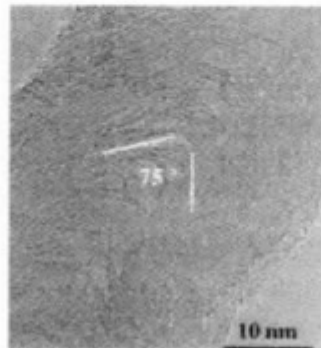
p. 34 s.5

Nanowłókna (CNT) i nanorurki (CNF) węglowe



Nanorurki

Warstwy grafenowe zorientowane równolegle do głównej osi włókna, zwinięte w idealne walce



Nanowłókna

Warstwy grafenowe ułożone są pod kątem w stosunku do głównej osi włókna w stożki lub płyty

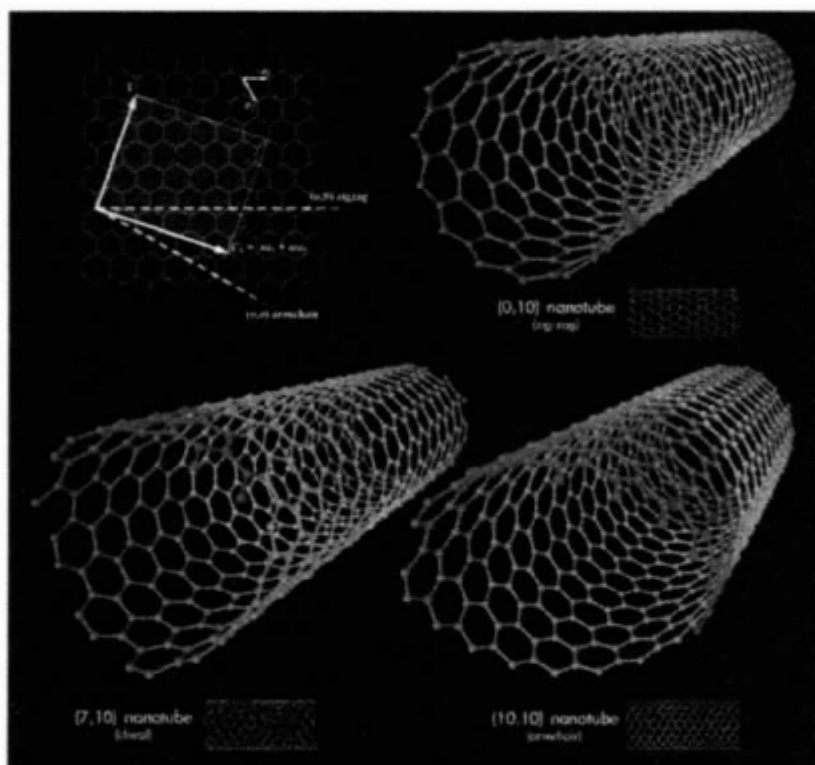
Jednościenne nanorurki węglowe – bardziej homogenne niż wielościenne, mniej defektów, zbliżone średnice. Minimalna średnica kanału centralnego $\sim 0,4$ nm. Długość ~ 1 μm . Mogą być zamknięte lub otwarte. Zazwyczaj kilkadziesiąt nanorurek w wiązce.

Różny stopień skręcenia warstw grafenowych - ma wpływ na przewodnictwo elektryczne.

„Arm-chair” –przewodzące, „zig-zag” i chiralne – na ogół właściwości półprzewodnikowe. Wpływ średnicy nanorurki.

Wielościenne nanorurki węglowe – od 2 do kilkadziesiąt koncentrycznych warstw grafenowych, odstęp między nimi $\sim 0,34$ nm. Średnica zazwyczaj od 2 do 25 nm, długość kilka μm .

Model jednościennej nanorurki węglowej



Zakończenia - otwarte niewysyczone, otwarte z grupami funkcyjnymi oraz zamknięte

Parametr	SWCNT	MWCNT	CNF
Moduł Younga, GPa	1000-1300	500-1200	300-700

Parametr	SWCNT	MWCNT	CNF
Wytrzymałość na rozciąganie, GPa	45-150	30-150	3-120
Opór właściwy Ωcm	6e-4	(0.6 - 2) e-4	1.5-3
Przewodność właściwa S/cm	550	80-1000	300
Powierzchnia właściwa m ² /g	400-900	150-450	10-250
Porowatość cm ³ /g	0.15-0.3 mikroporowate	0.5-2 mezoporowate	0.2-2 mezoporowate

p.37 s.6

Właściwości nanowłókien węglowych

- Wysoka wytrzymałość mechaniczna
- Inertny charakter
- Duża powierzchnia właściwa
- Wysokie przewodnictwo elektryczne
- Możliwość kontrolowania struktury i porowatości
- Czystość chemiczna
- Odporność na kwasy i zasady

Substrate-support interactions in metal-catalyzed carbon nanofiber growth, Randall L., Carbon 39 (2001) 2277-2289

Odporność na kwasy i zasady i inertny charakter w nowej prezentacji podsumowano jako: obojętność chemiczna

Coś jeszcze mówiła, że "świetne perkolatory" (czymkolwiek jest perkolator, coś do robienia elektrod)

Zastosowania nanowłókien/nanorurek węglowych:

- elektronika (przełączniki, emisja polowa, emitery termoelektronowe, optoelektronika, filtry optyczne itd.)
- inżynieria materiałowa (modyfikatory polimerów)
- sensory chemiczne
- selektywne adsorbenty
- nośniki leków
- magazynowanie energii (baterie litowo-jonowe, superkondensatory, ogniwa paliwowe, magazynowanie wodoru)
- katalizatory i nośniki katalizatorów

Otrzymywanie nanorurek i nanowłókien węglowych

Wymagania

- niski koszt syntezy
- wysoka wydajność produktu (metoda ciągła)
- jak najwyższa czystość produktu
- selektywność syntezy – możliwość kontrolowania parametrów, tak aby otrzymać produkt o pożądanej strukturze

Metody otrzymywania

- Wyładowania łukowe
- Ablacja laserowa
- Metoda plazmowo-łukowa
- Osadzanie elektrolityczne (electrospinning)
- Chemiczne osadzanie z fazy gazowej CVD
- Chemiczne katalityczne osadzanie z fazy gazowej CCVD

Jest "ablacja laserowa", ma być "odparowanie laserowe"

Osadzanie z fazy gazowej - CVD, carbon vapour deposition