

Magyar Tudományos Akadémia
Műszaki Fizikai és Anyagtudományi
Kutató Intézet
Nanotechnológiai Főosztály

Biró László Péter

**Szén nanocsövektől az elő fotonikus
kristályig**

<http://www.mfa.kfki.hu/int/nano/>



Köszönet a munkatársaknak

MTA-MFA, Budapest

Dr. Horváth Zs. E., Márk G. I., Koós A. A., Osváth Z.,
Kertész, K., Dr. Vértesy Z., Prof. Gyulai J.

FUNDP, Namur, Belgium

Prof. Ph. Lambin , Prof. J. B.Nagy, Prof. J.-P. Vigneron &
munkatársaik

Magyar Természettudományi Múzeum

Dr. Bálint Zsolt (entomológus)

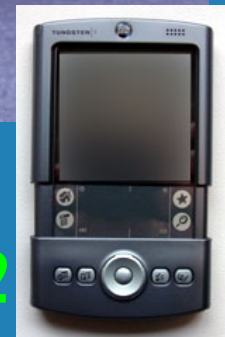
Nanotechnológia? **Mikor?**

A technológia váltás még csak elkezdődött ...

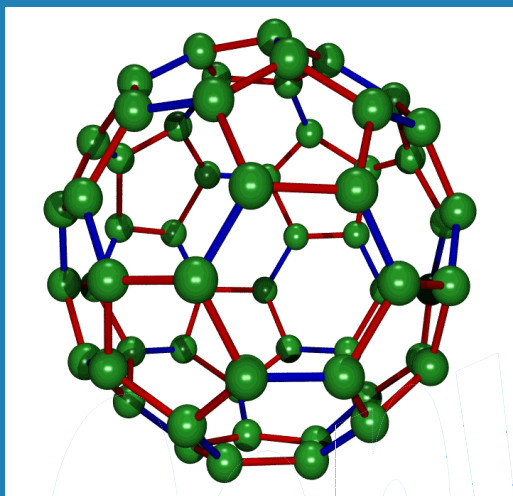
Az első autó is inkább hintó volt



ENIAC, 20000 elektroncső ...

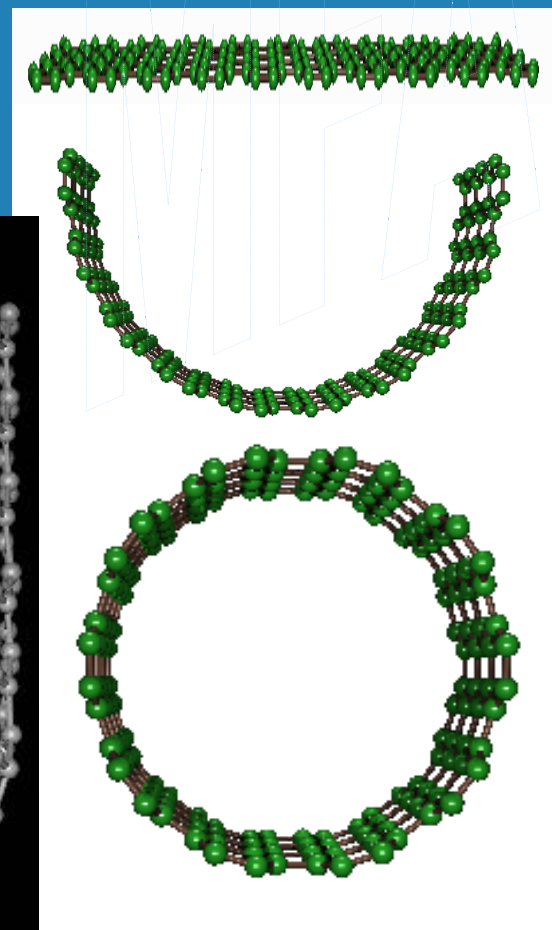
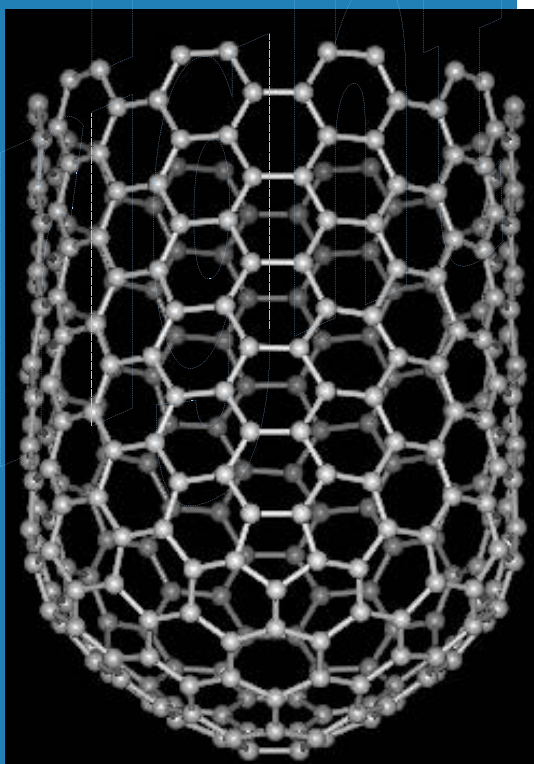


Új szén allotrópok: az egy nanométeres “foci” és rokonai, a nanocsövek

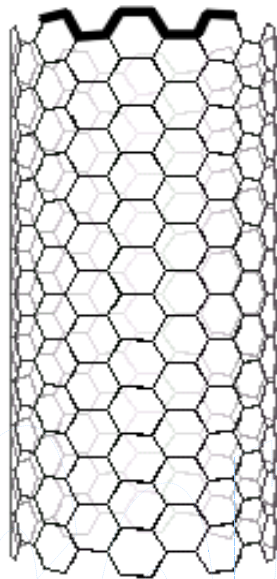


C_{60} molekula
(fullerén),
a nano-foci

Grafén sík
“feltekerése”

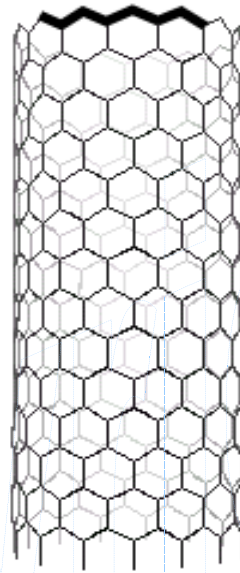


Különféle feltekerésű nanocsövek



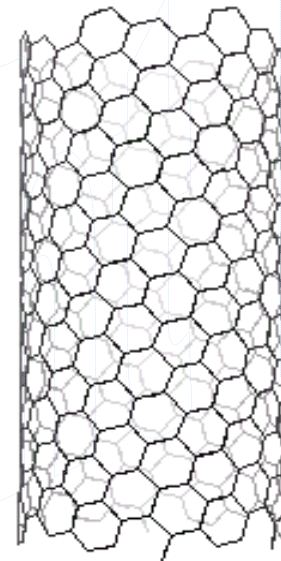
(10, 10)

karosszék



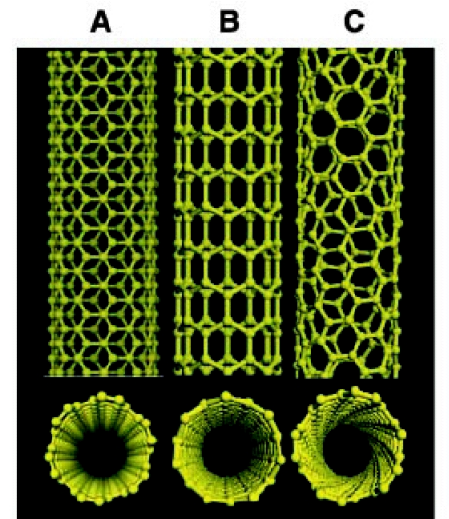
(15, 0)

cikk-cakk



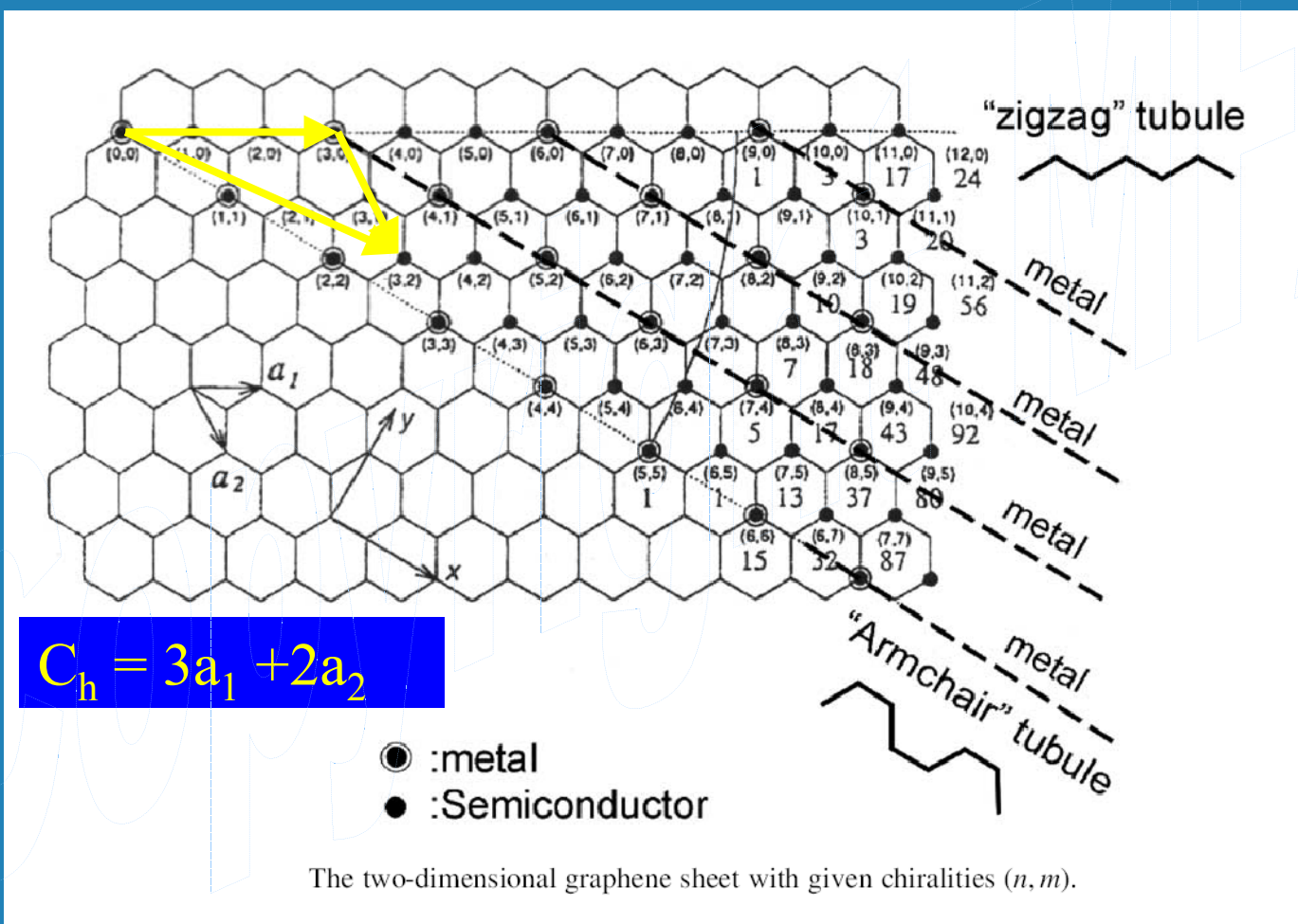
(14, 6)

királis

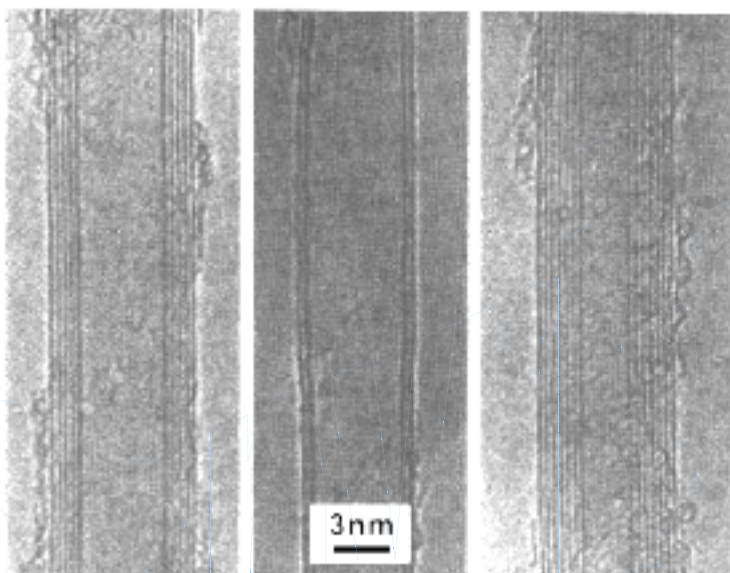


A feltekerési vektor

$$C_h = na_1 + ma_2$$

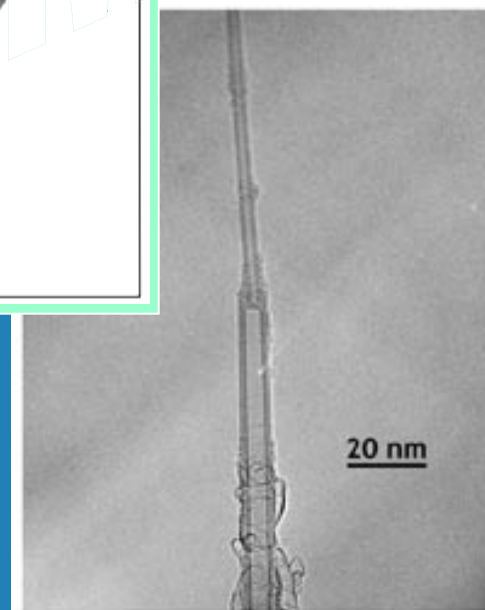
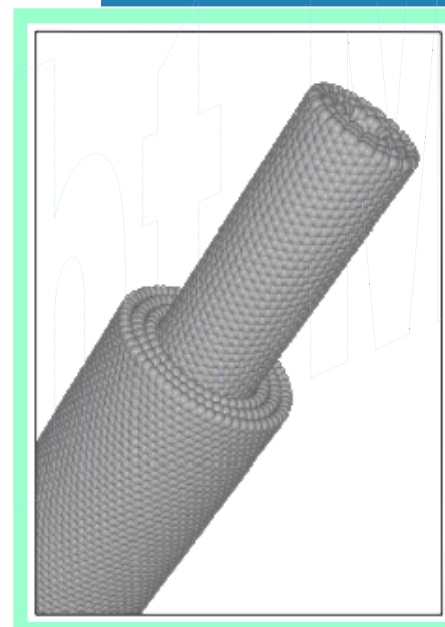


Többfalú nanocsövek



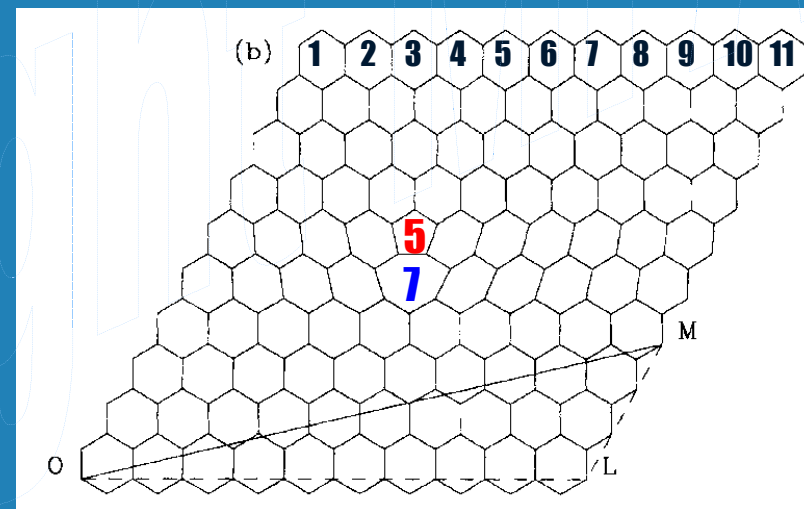
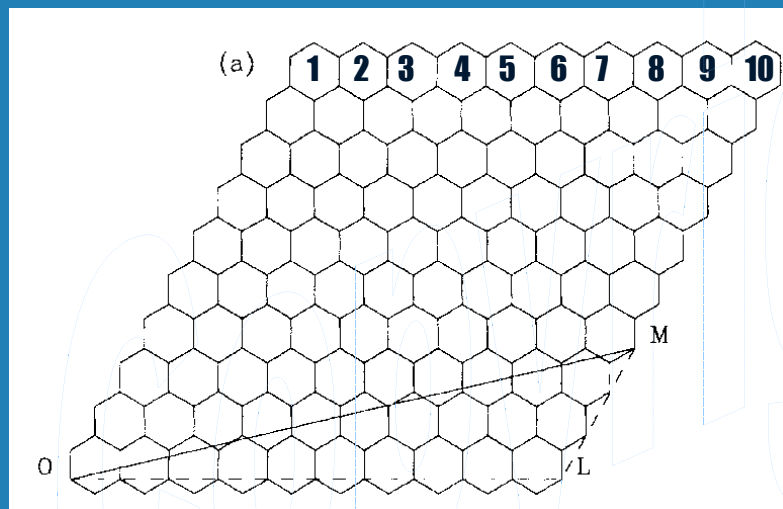
(b)

Fig. 1. (a) Different forms of carbon-based materials (Photo courtesy of Rice University) and (b) electron micrographs of nanotubes with different numbers of graphene layers. The out diameters of the nanotubes are 6.7 nm (left), 5.5 nm (middle) and 6.5 nm (right) [2].

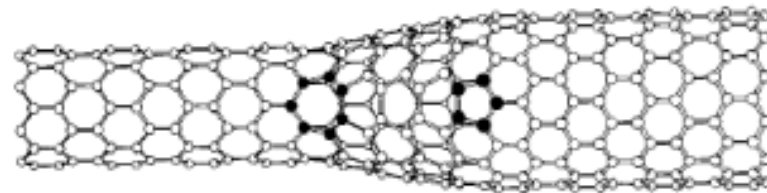


Újszerű szén nanoszerkezetek

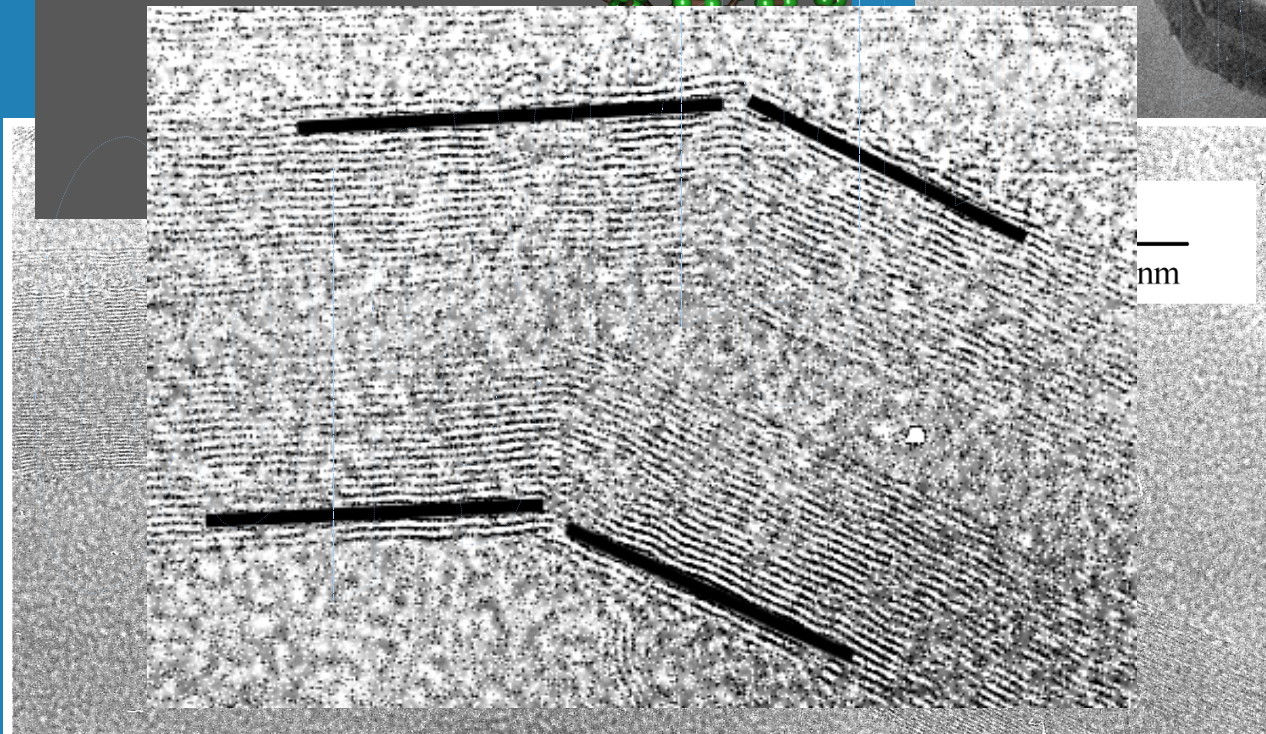
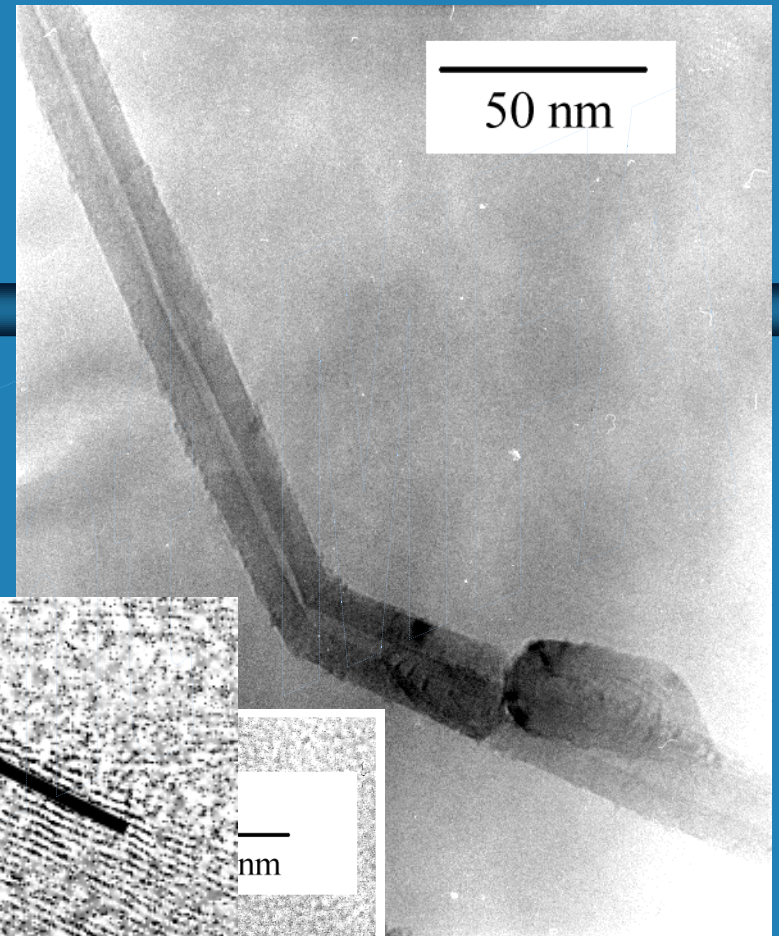
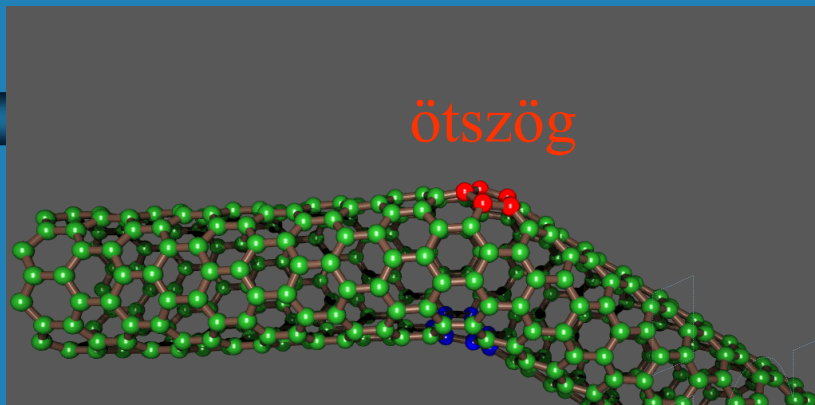
Hibák beépülése: ha ötszögek és hétszögek fordulnak elő a hatszöges szerkezetben, az a szabályos hengertől eltérő alakot idéz elő.



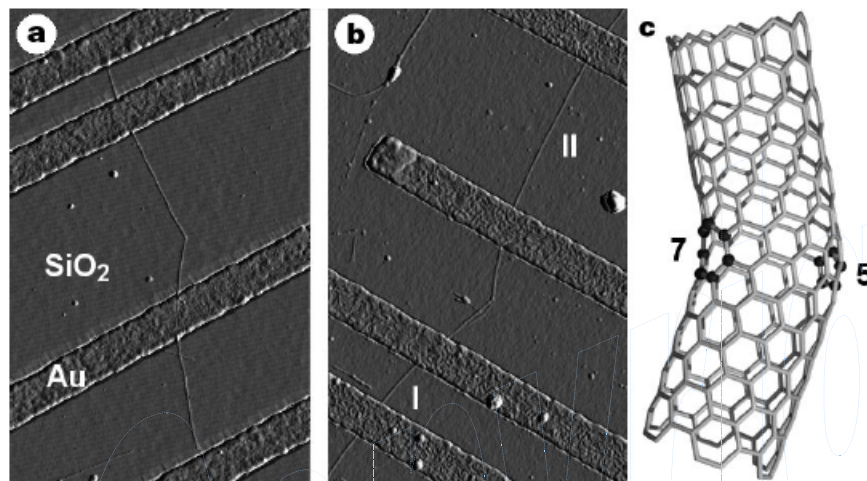
**B. I. Dunlap, Phys. Rev. B,
46 (1992) 1933**



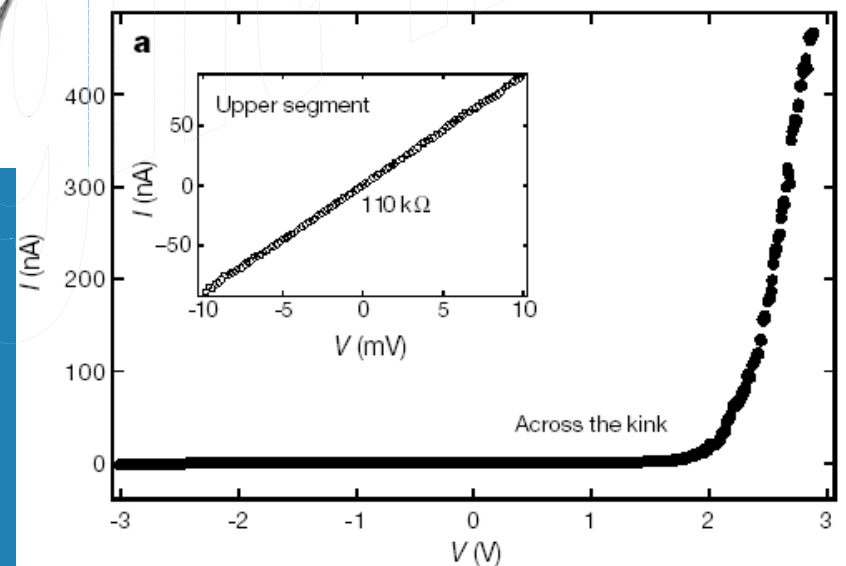
Nano-könyök



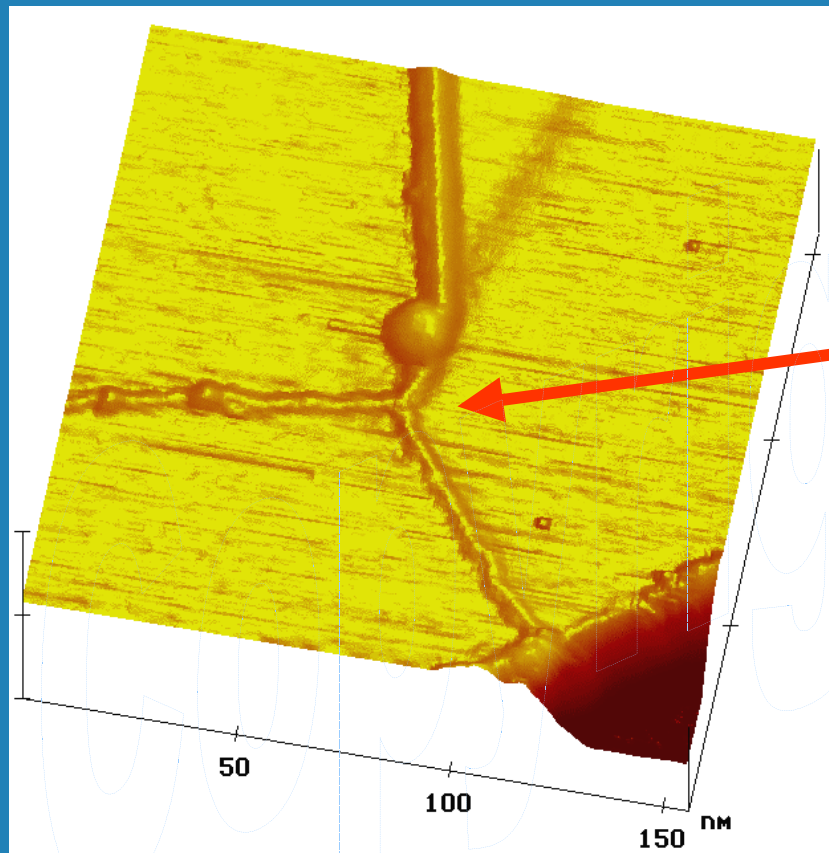
Transzport nanocső könyökön keresztül



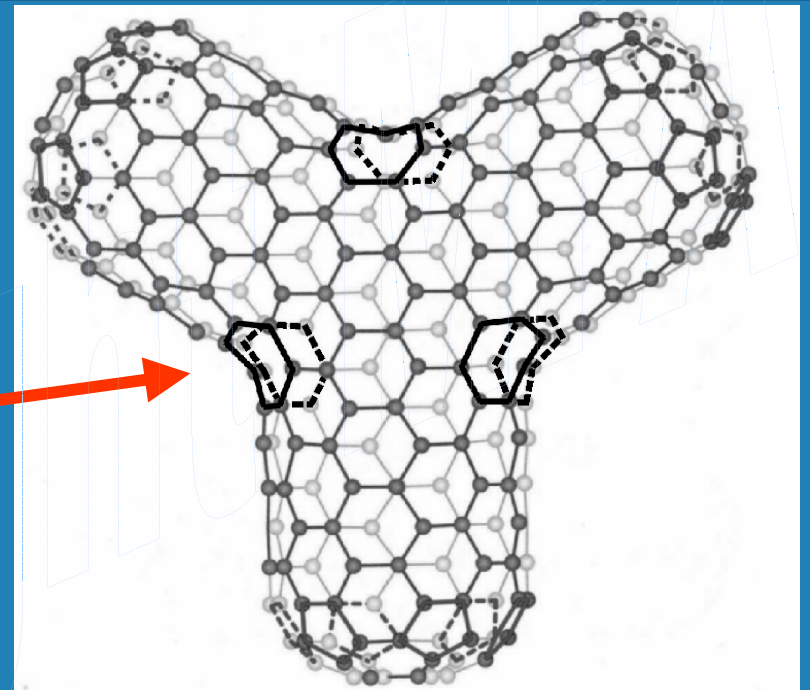
Z. Yao et al.,
Nature, **402** (1999) 273



Nanocsövek Y-szerű elágazása (C_{60} bomlástermékeiből növesztve)



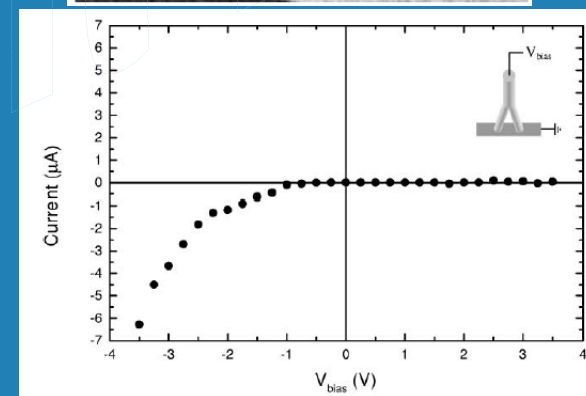
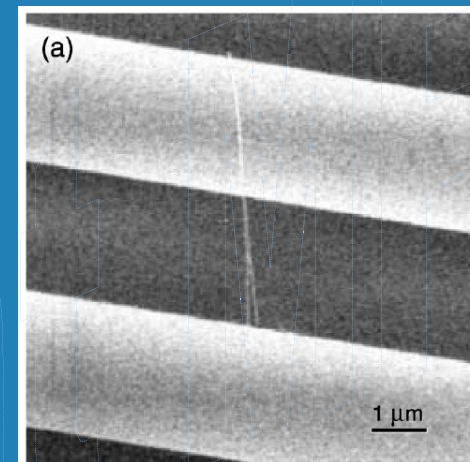
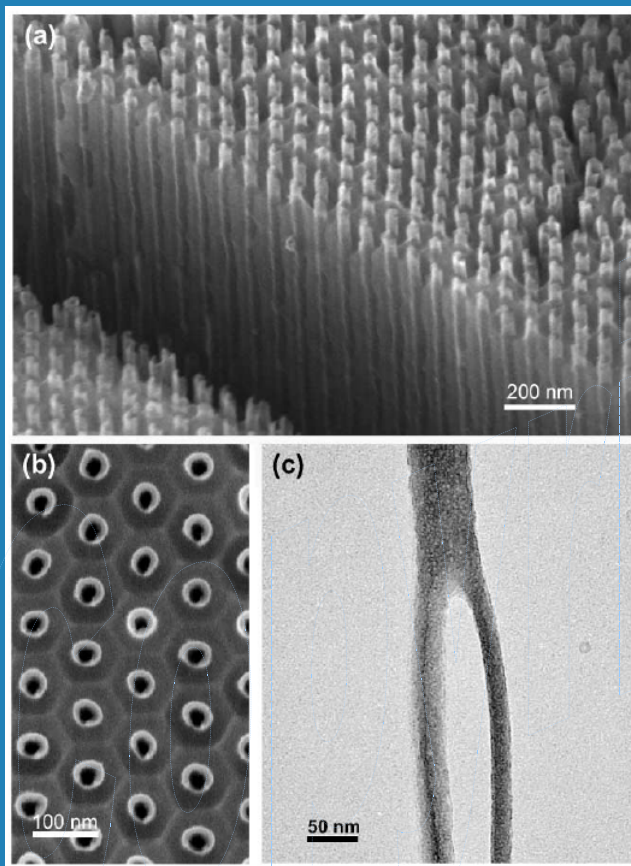
X 50.000 nm/div
Z 10.171 nm/div



Szerkezeti modell, a hétszögek
vastag vonallal kiemelve

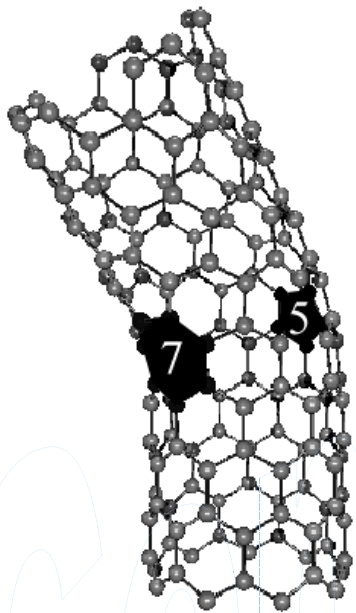
L. P. Biró et al. , Mat. Sci. Eng. C 19 (2002) 3

Transzport Y elágazáson keresztül

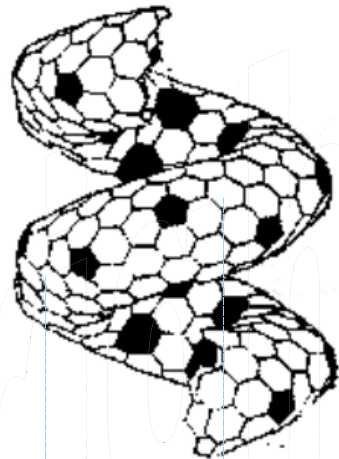


C. Papadopoulos et al., Phys. Rev. Lett. 85 (2000) 3476.

Nanocső könyökökből “tekercs”



a



b

Nem hatszöges
gyűrűk - hibák

- 10% körül

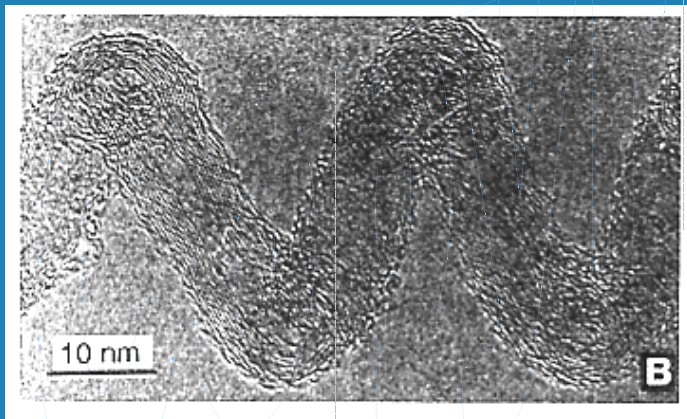
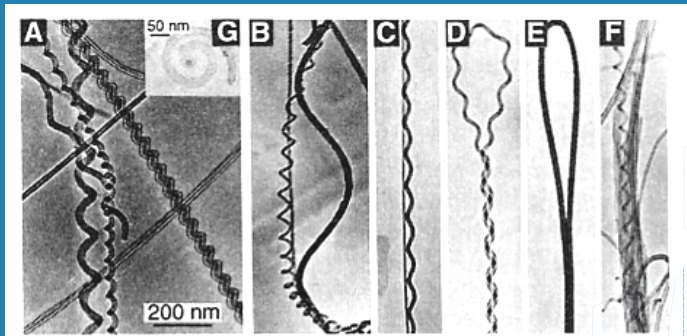
- ötszög => konvex

- hétszög => konkáv

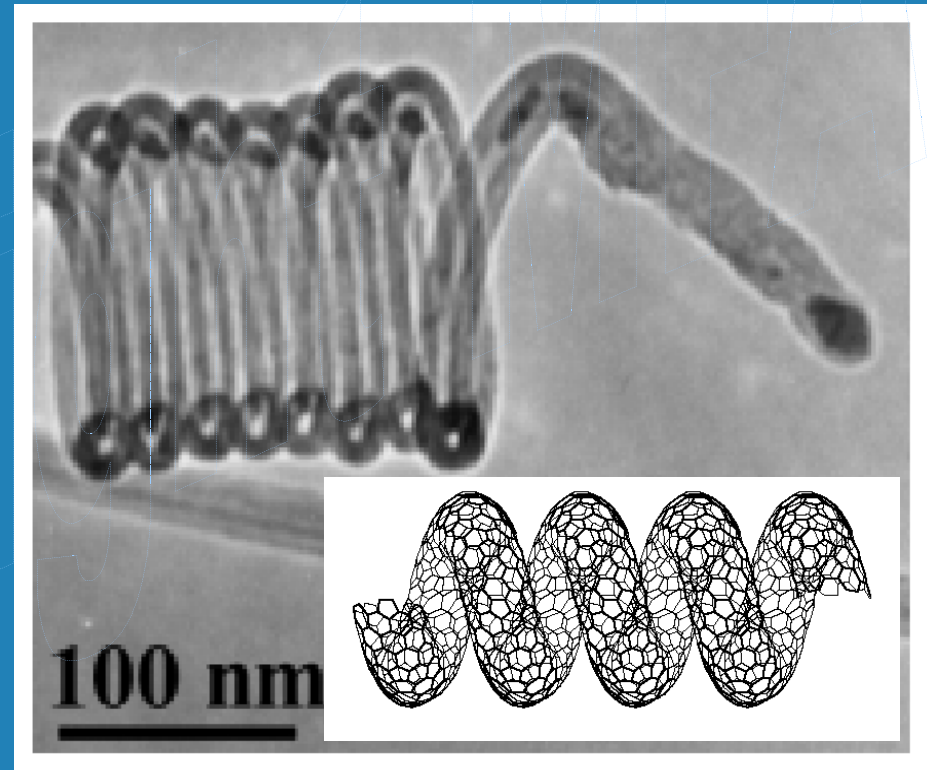
- szabályos ismétlődés
=> tekercs

S. Ihara et al., Phys. Rev. B, 48 (1993) 5463

Nanocső tekercs a TEM-ben

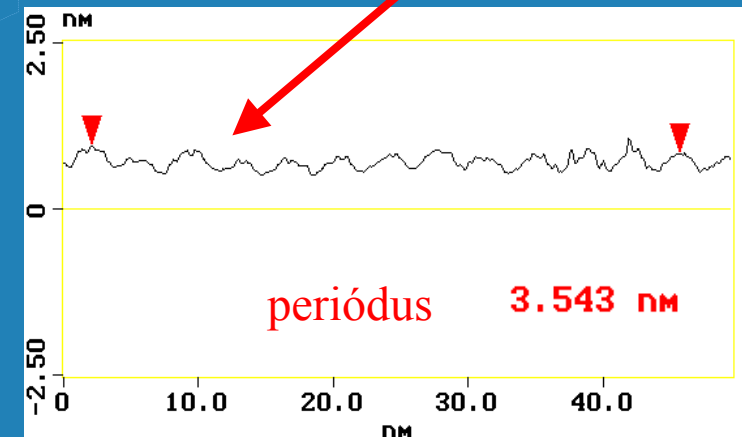
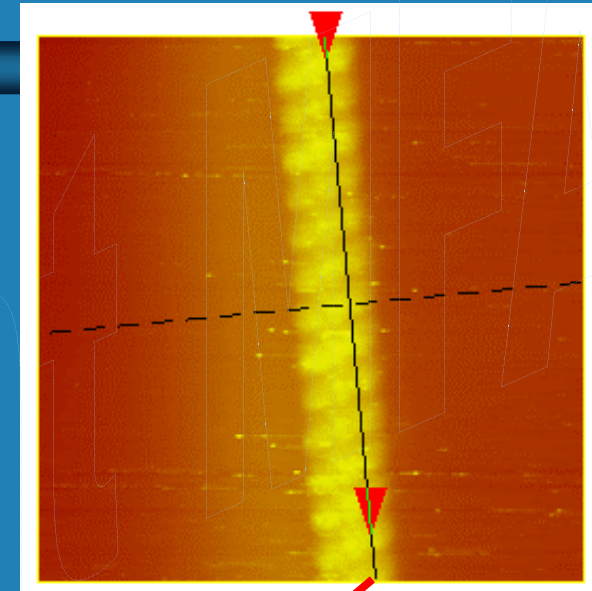
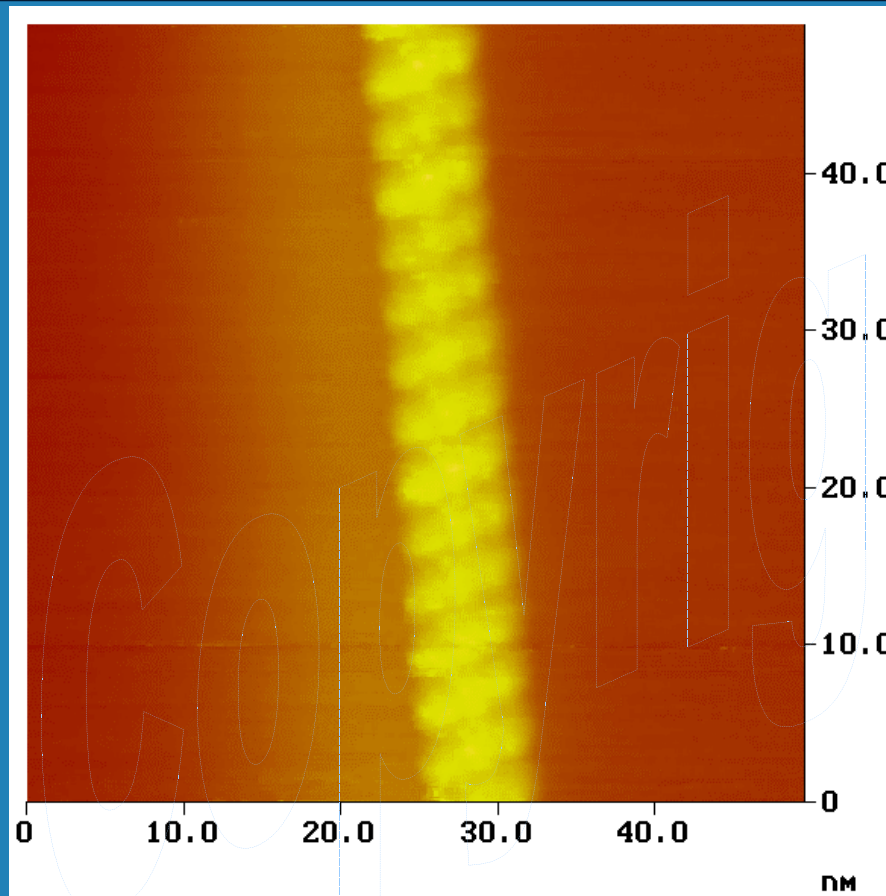


S. Amelinckx, et al.,
Science 265 (1994) 635



L. P. Biró et al., Europhys. Lett.
50 (2000) 494

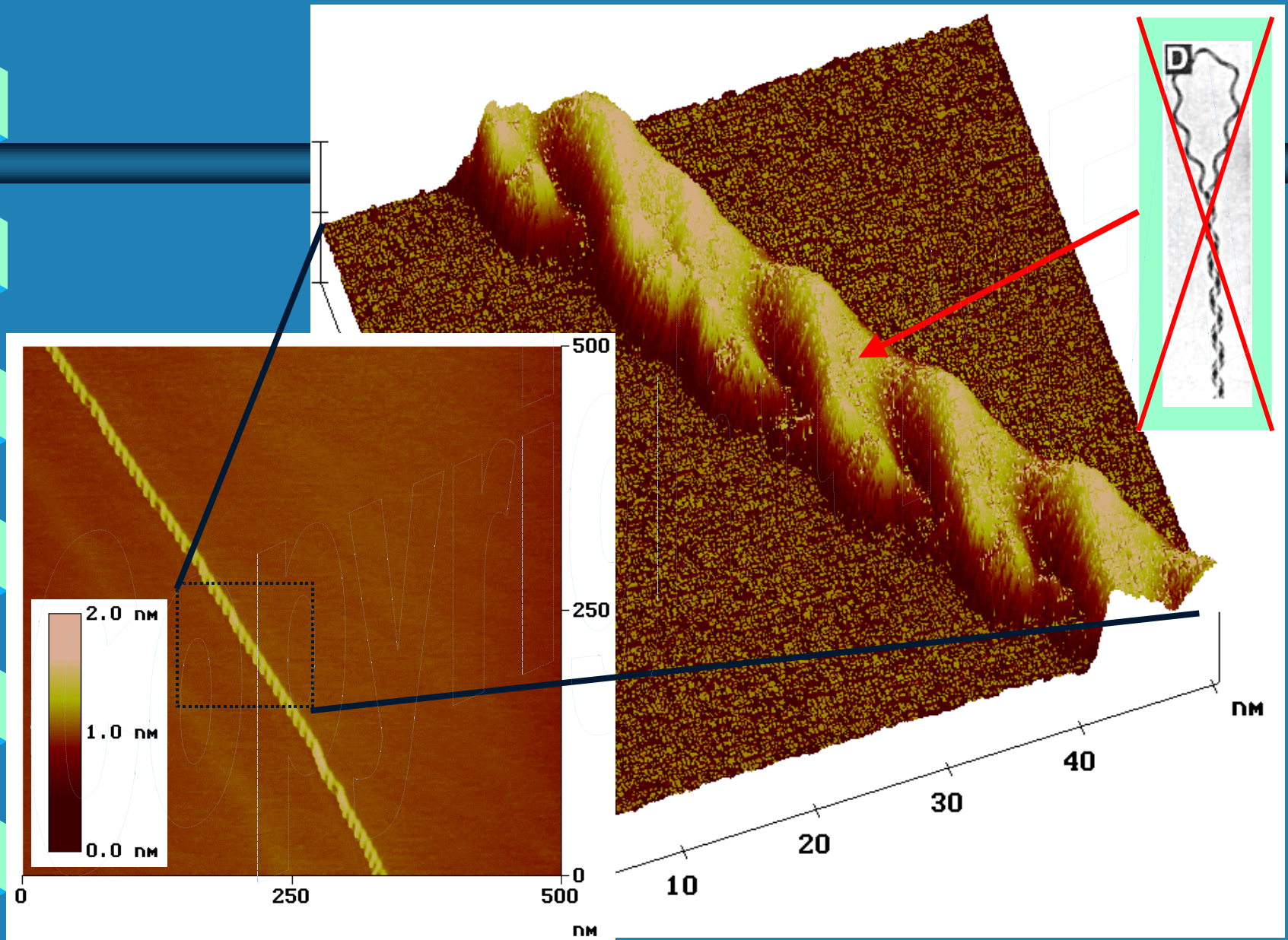
Egyfalú nanocső tekercsről készült STM felvétel



L. P. Biró et al. , Mat. Sci. Eng. C
19 (2002) 3

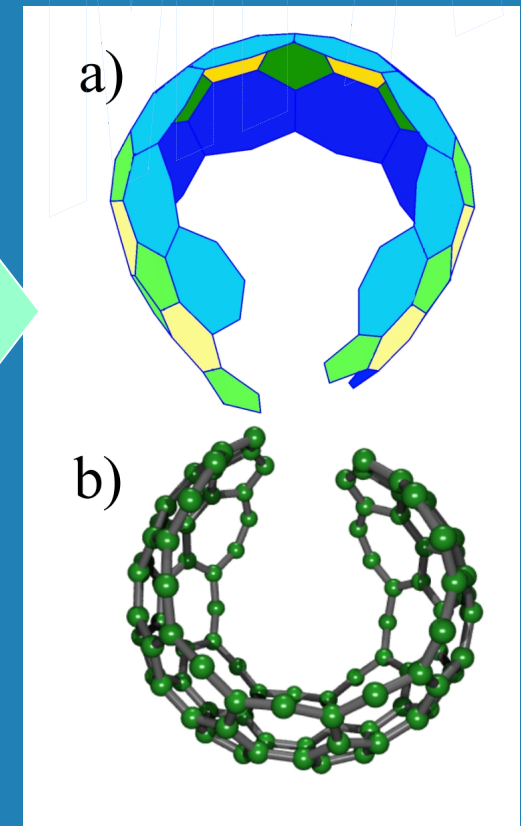
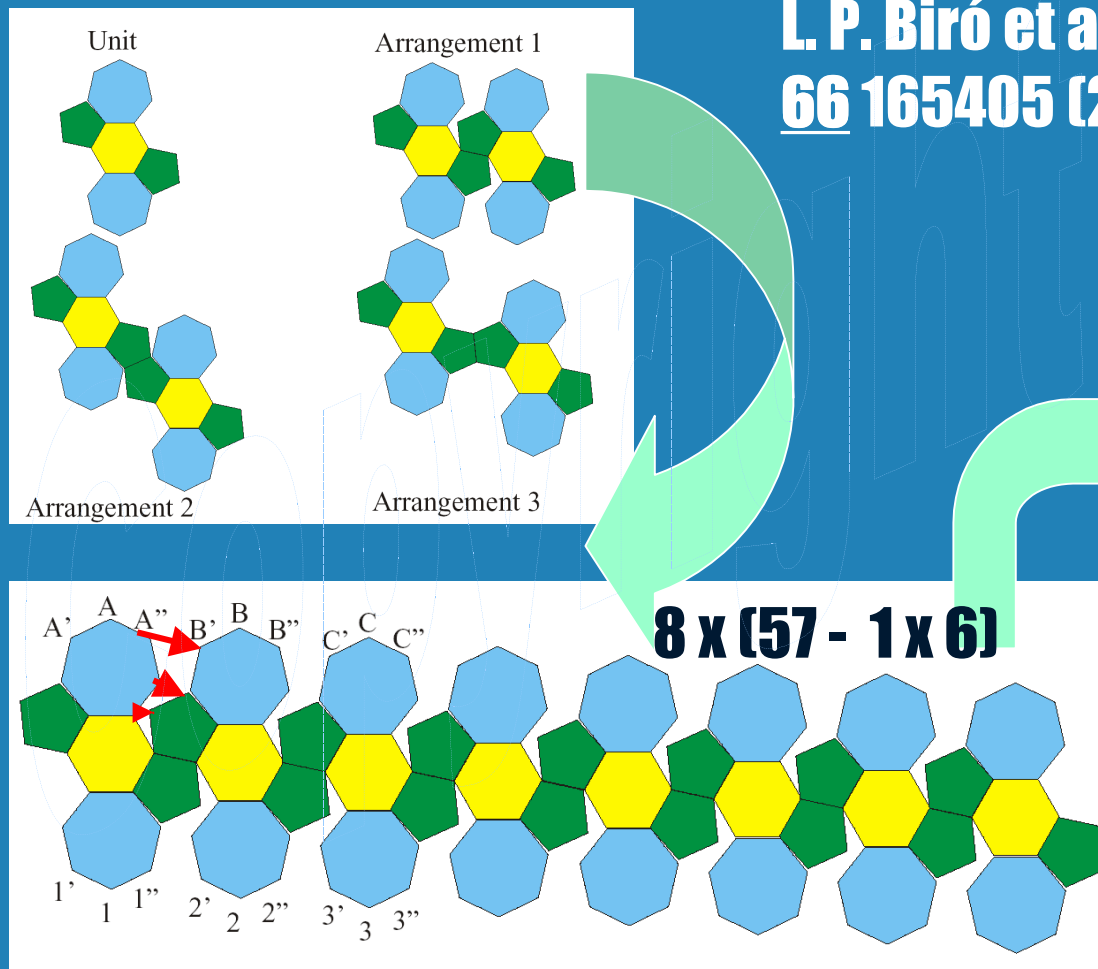
“Duplacsavar”

L. P. Biró et al., Phys. Rev. B,
66 165405 (2002)



Kibővített azulenoid egység és a belőle építhető csík

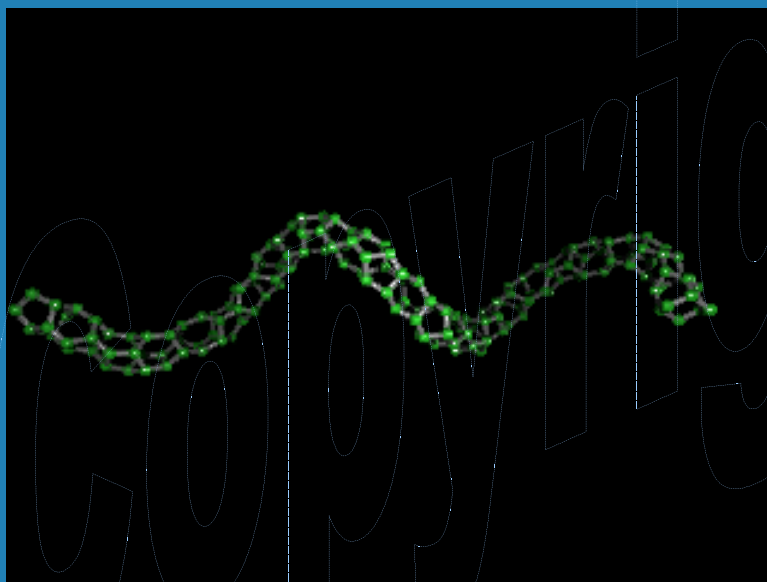
L. P. Biró et al., Phys. Rev. B,
66 165405 (2002)



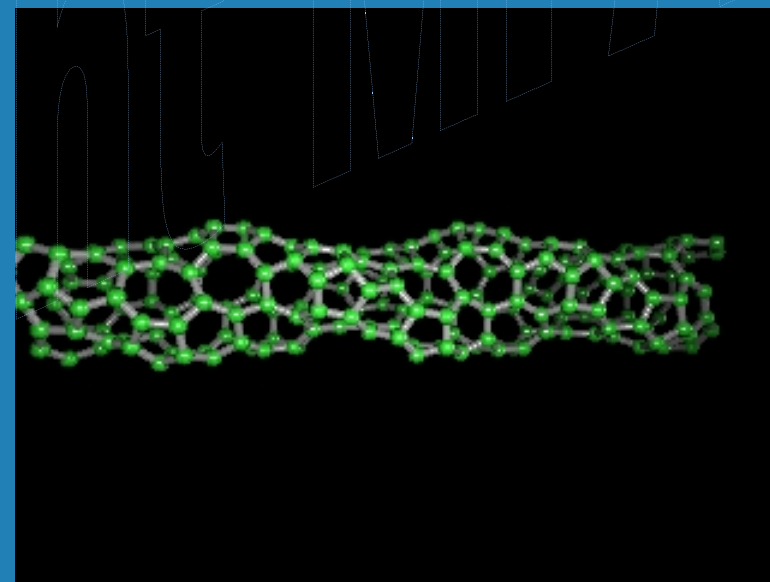
Nem véletlen!

Ph. Lambin et al., Phys. Rev. B 67, (2003) 205413

A **2 x 1m x (57-n x 6)** felületeknek egyik feltekerési módja, duplacsavart eredményez.



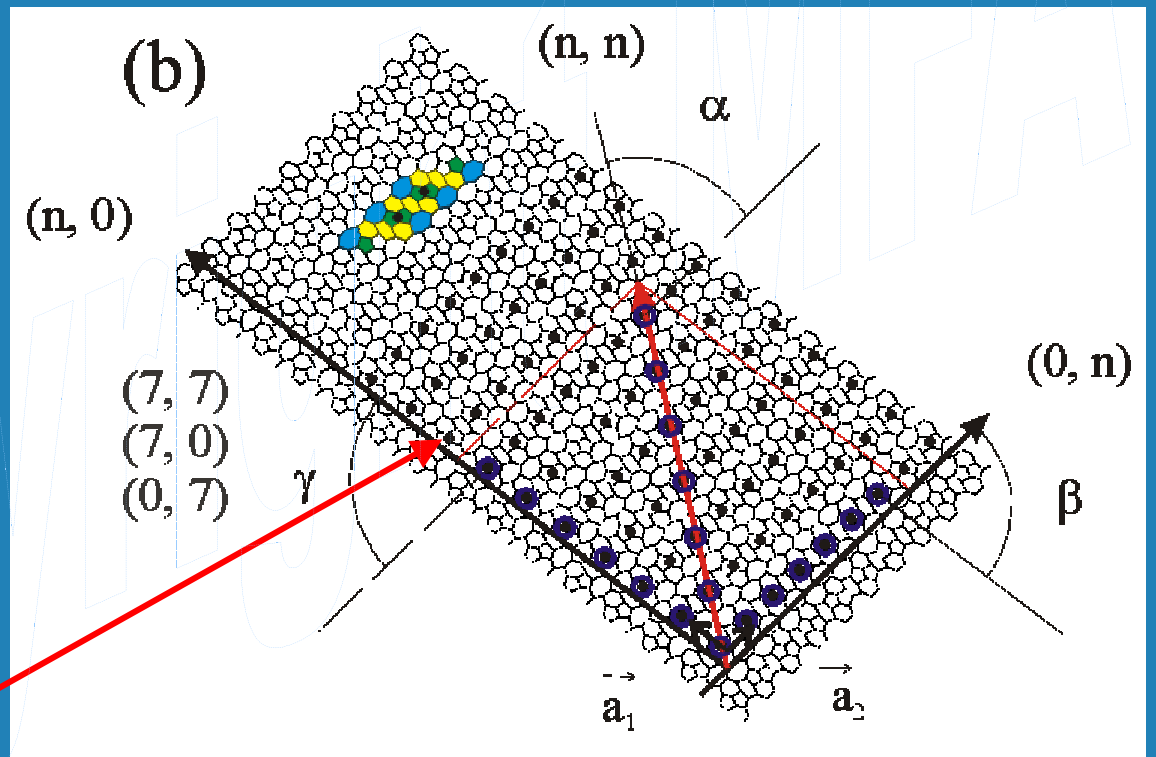
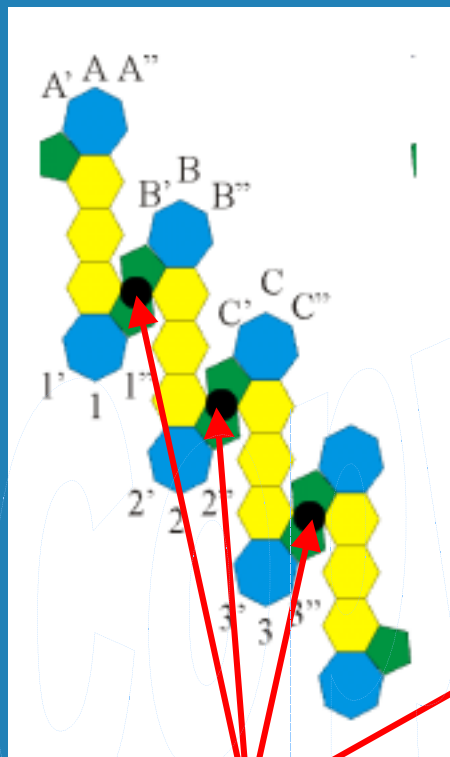
1x [16 x (57 - 3 x 6)]



2x [16 x (57 - 3 x 6)]

Heackelite lap az **(57 – 3 x 6)** típusú csíkból

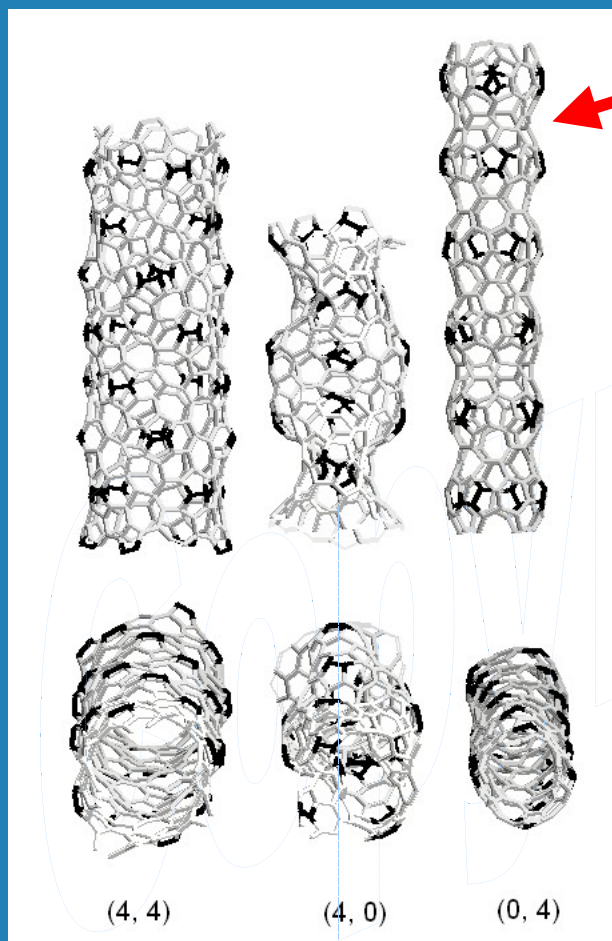
Ph. Lambin et al., Phys. Rev. B 67, (2003) 205413



„stressor”-ok

A sokszögek torzultak az egy síkban való elhelyezkedés kényszerfeltétele miatt, relaxáltatás során megszűnik a torzulás.

Azonos módon tekerhetők fel a csőszerű objektumok, mint a grafén síkból



„Gyöngysor”

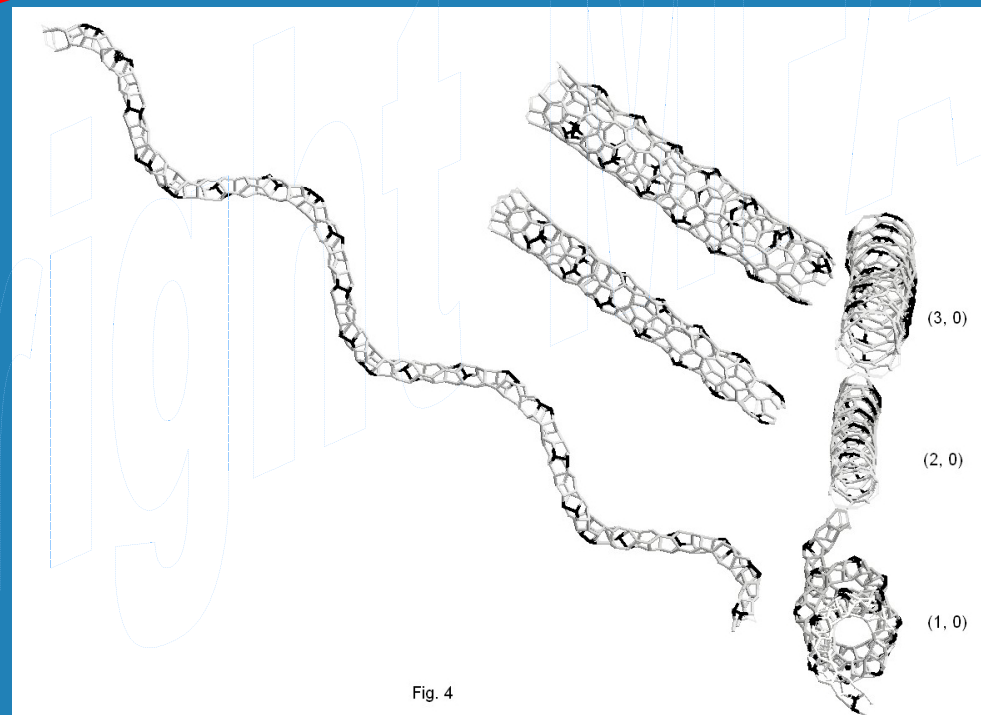


Fig. 4

**Ph. Lambin et al., Phys. Rev. B 67,
(2003) 205413**

Nemcsak a szerkezet, de az elrendezés is hozhat újat ...

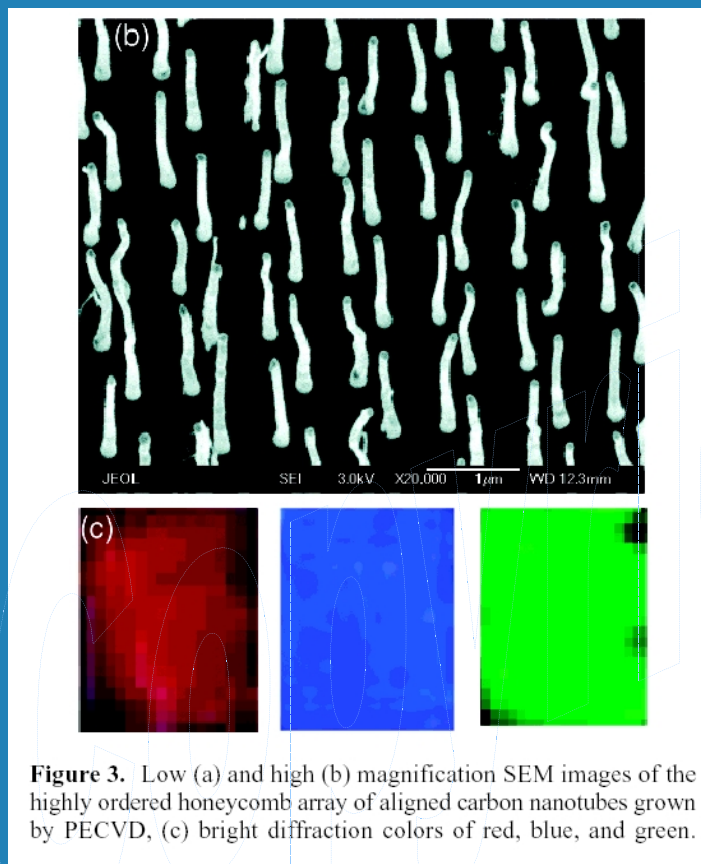


Figure 3. Low (a) and high (b) magnification SEM images of the highly ordered honeycomb array of aligned carbon nanotubes grown by PECVD, (c) bright diffraction colors of red, blue, and green.

K. Kempa et al., Nano Lett. 3, 13(2003)

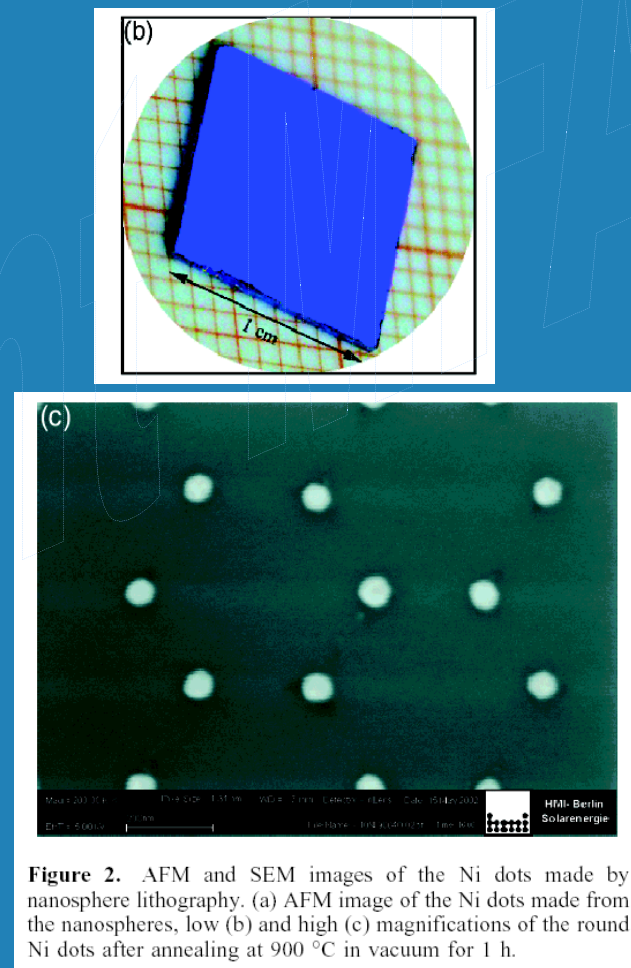


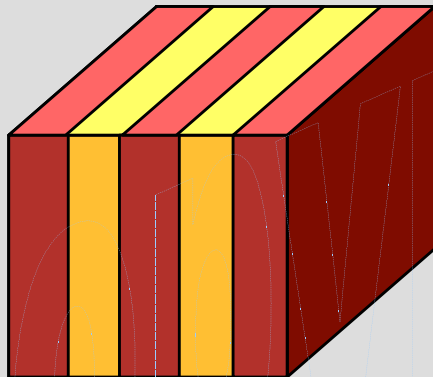
Figure 2. AFM and SEM images of the Ni dots made by nanosphere lithography. (a) AFM image of the Ni dots made from the nanospheres, low (b) and high (c) magnifications of the round Ni dots after annealing at 900 °C in vacuum for 1 h.

Fotonikus kristályok

Olyan anyagok, amelyekben az optikai tulajdonságok periodikusan változnak a térben

1887

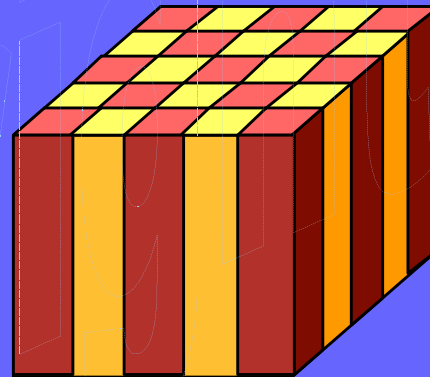
1-D



Egydimenziós
periodicitás

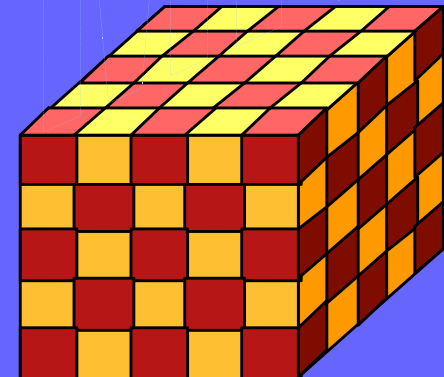
1987

2-D



Kétdimenziós
periodicitás

3-D



Háromdimenziós
periodicitás

Fotonikus tiltott sáv: “optikai szigetelő”

Elő fotonikus kristályok

Szerkezeti szín, nem pigment, hanem fotonikus kristály okozza



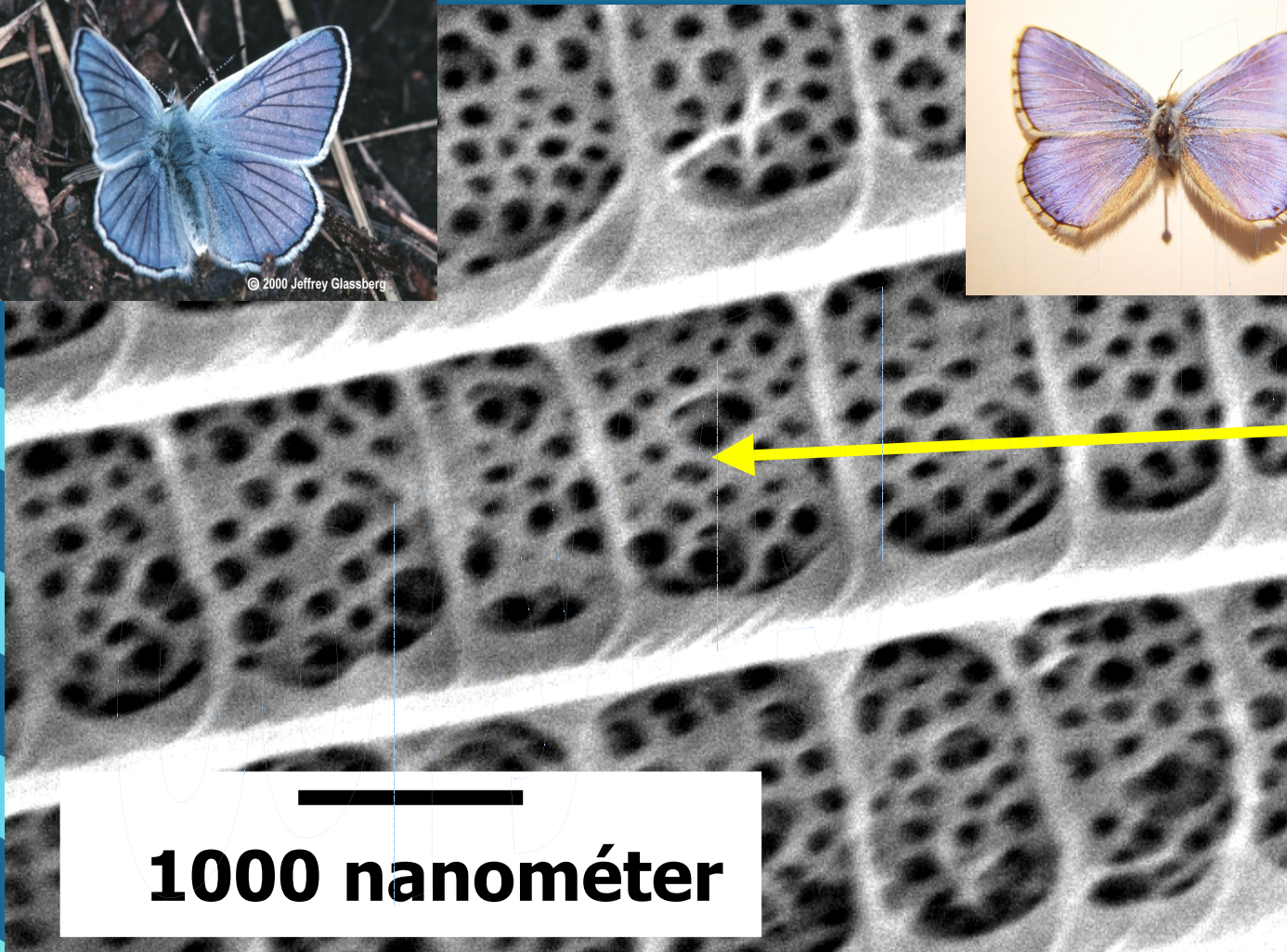
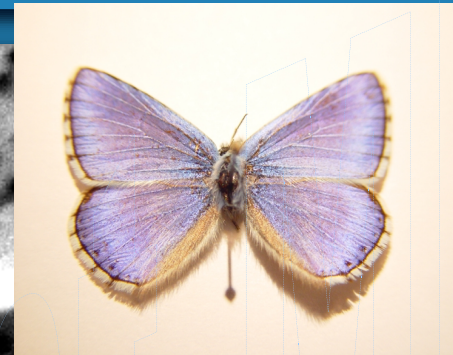
Morpho rhetenor (Hím)



Morpho rhetenor (Nőstény)

Dél amerikai lepke

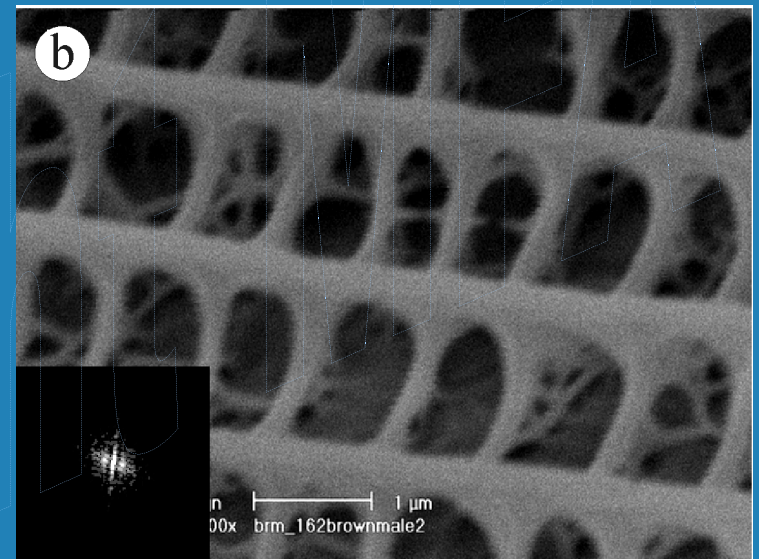
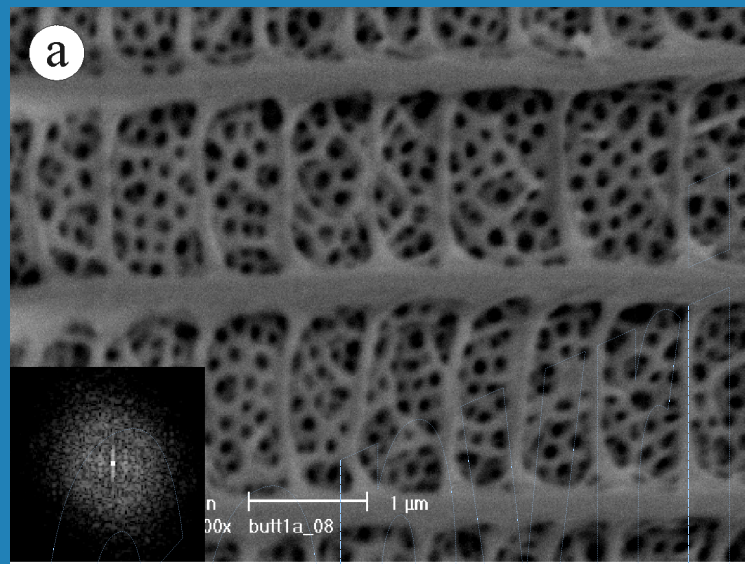
Nem csak az esőerdőben, de itthon is ... a boglárkalepke



színt
eredményező
szerkezet

1000 nanométer

A jobboldali képen hiányzik a fotonikus kristály szerkezet



Azonos megvilágítás mellett a bal oldali lepkeszárny **1.5 x** jobban felmelegszik.

L. P. Biró, et al., Phys. Rev. E **67** (2003) 021907

Összefoglalás

- **a szén alapú nanoszerkezetek egy olyan anyagcsalád, amely újszerű tulajdonságokkal rendelkezik és széles alkalmazási lehetőségeket kínál a nanoelektronikától a fotonikán át az űrtechnikáig**
- **az élő és élettelen természettudományok a közös nyelv és közös kutatási területek megtalálásával új kutatási irányokat nyitnak**
- **bár csak az elején tartunk a nanotechnológia felé vezető ösvénynek, várható, hogy ez az ösvény hamarosan szerteágazó sugárutak rendszerévé alakul**
- **Nemzetközi hangulat: „aki kimarad => lemarad”**

Köszönet a támogatásért

- ❖ **OTKA T 043685** Szén nanocső jellegű nanoszerkezetek előállítás, módosítása és jellemzése fizikai, kémiai és szimulációs módszerekre alapozva.
- ❖ **OTKA T 043704** Ionsugaras módszerek a fizikai nanotechnológiában
- ❖ **OTKA T 042972** Lepkék pikkelyszerkezetének vizsgálata
- ❖ **EU5 KFKI-CMRC, Centre of Excellence, WP4 (ICA1-CT-2000-70029):** Ion beams in materials science
- ❖ **EU5 NANOCOMP HPRN-CT-2000-00037:** Large scale synthesis of carbon nanotubes and their composite materials

Köszönöm a figyelmüket!