

Újabb eredmények a grafén kutatásában

Magda Gábor Zsolt

<http://www.nanotechnology.hu/>

Új anyag, új kor

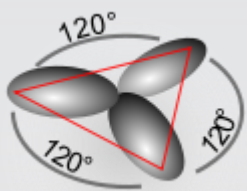
A kőkortól kezdve egy új anyag felfedezésekor új lehetőségek nyíltak meg, amik akár teljesen átformálhatták a társadalmat:

- Kőkör
- Bronzkor
- Vaskor
- ...
- Acélkor (XIX. század vége, XX. század eleje)
- Si (XX. század végétől, IC, számítástechnika)
- Melyik anyag lesz a következő?

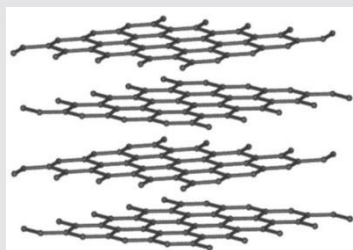


Kötések a szén kristályokban

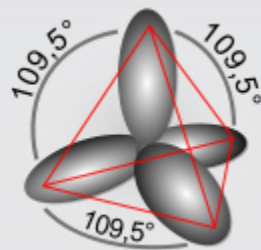
A hibridizáció a kémiai kötés leírására szolgáló elmélet. Az atompályák keverésével olyan új hibridpályákat jönnek létre, melyek alkalmasak az atomok közötti kötés jellemzőinek leírására.



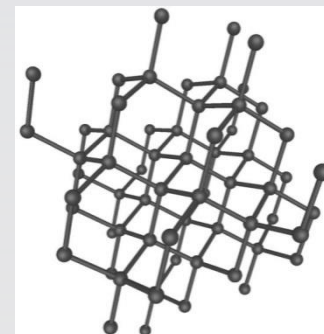
sp^2



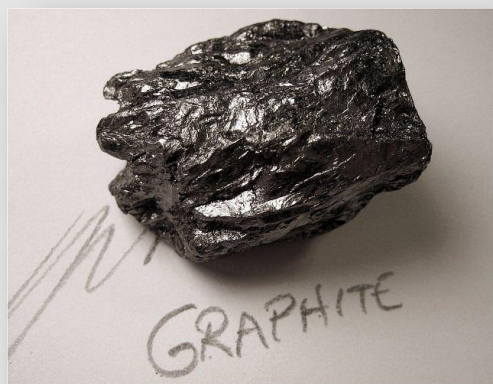
Grafit



sp^3



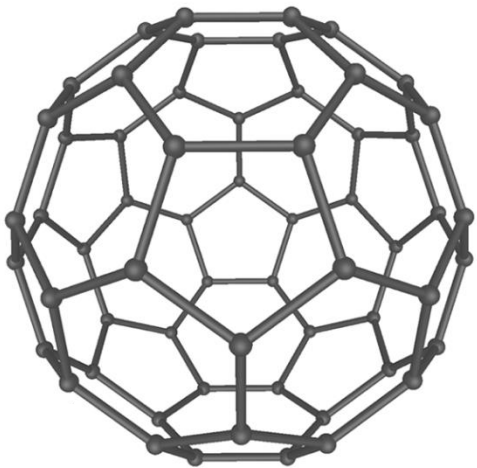
Gyémánt



Szén nanoszerkezetek

0 D

Fullerén



1985

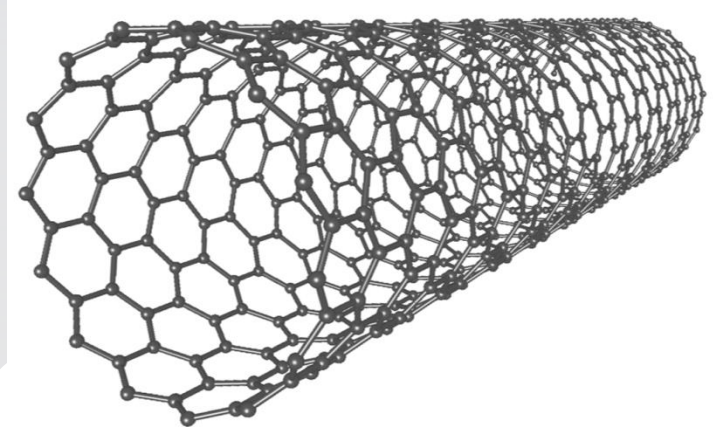
H. W. Kroto

R. Curl

R. Smalley

1 D

Szén nanocső

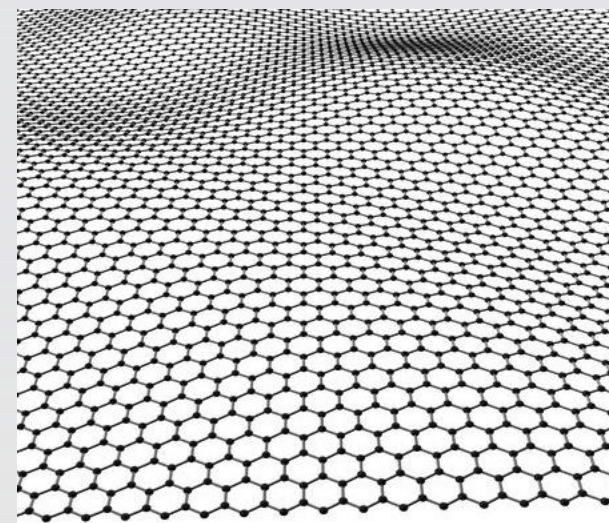


1991

S. Iijima

2 D

Grafén



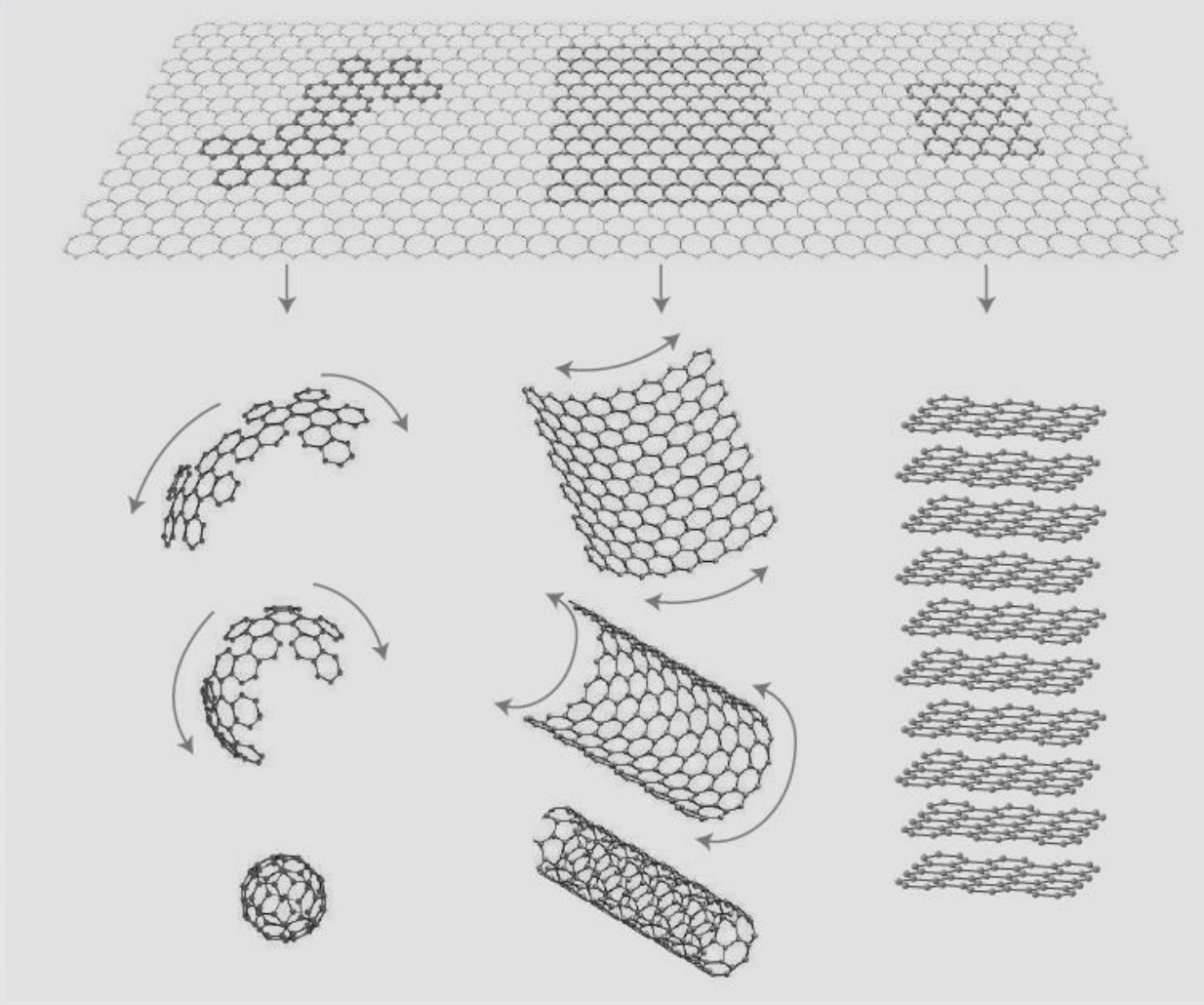
2004

K. S. Novoselov

A. Geim

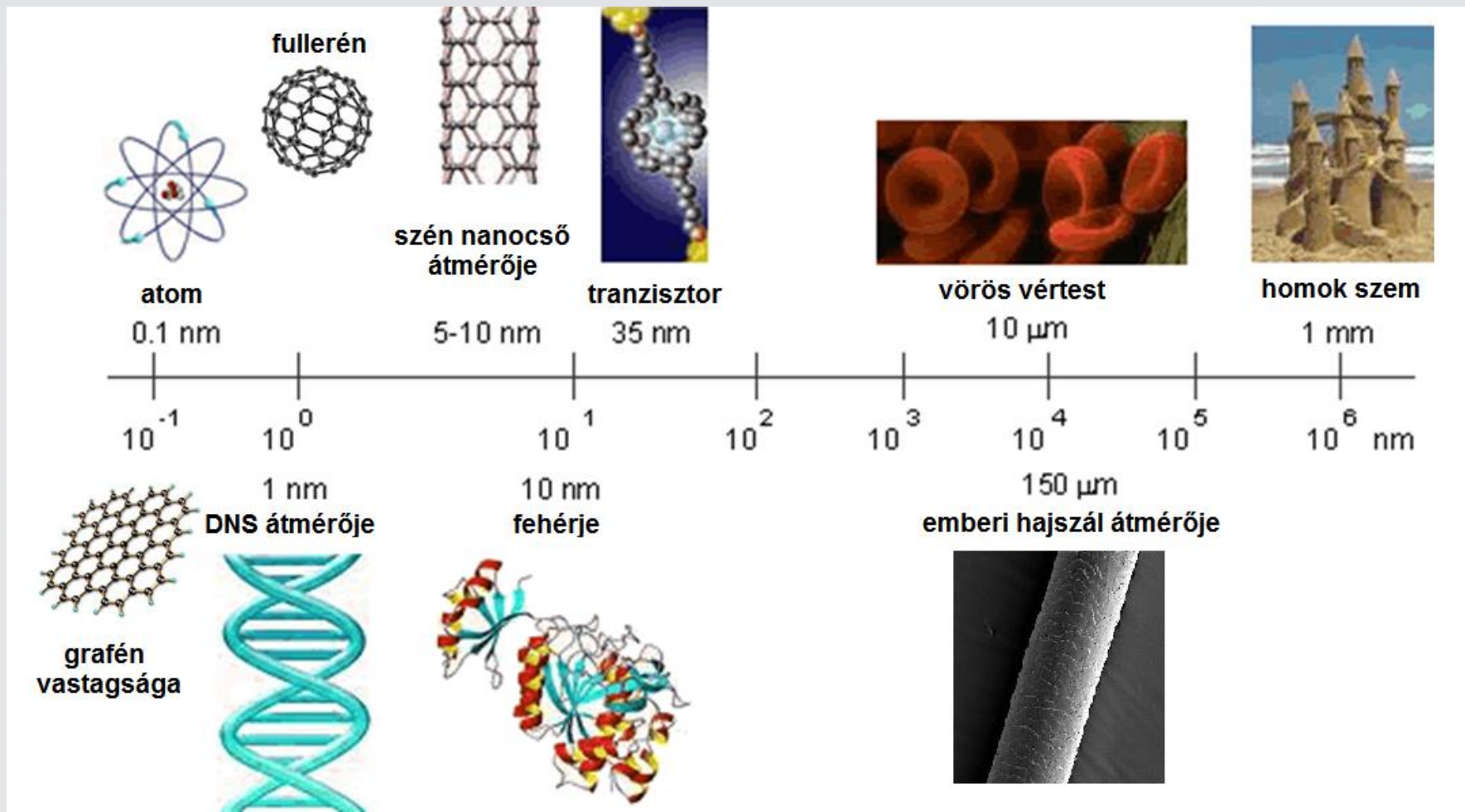


Origami



Nanométer : 10^{-9} m

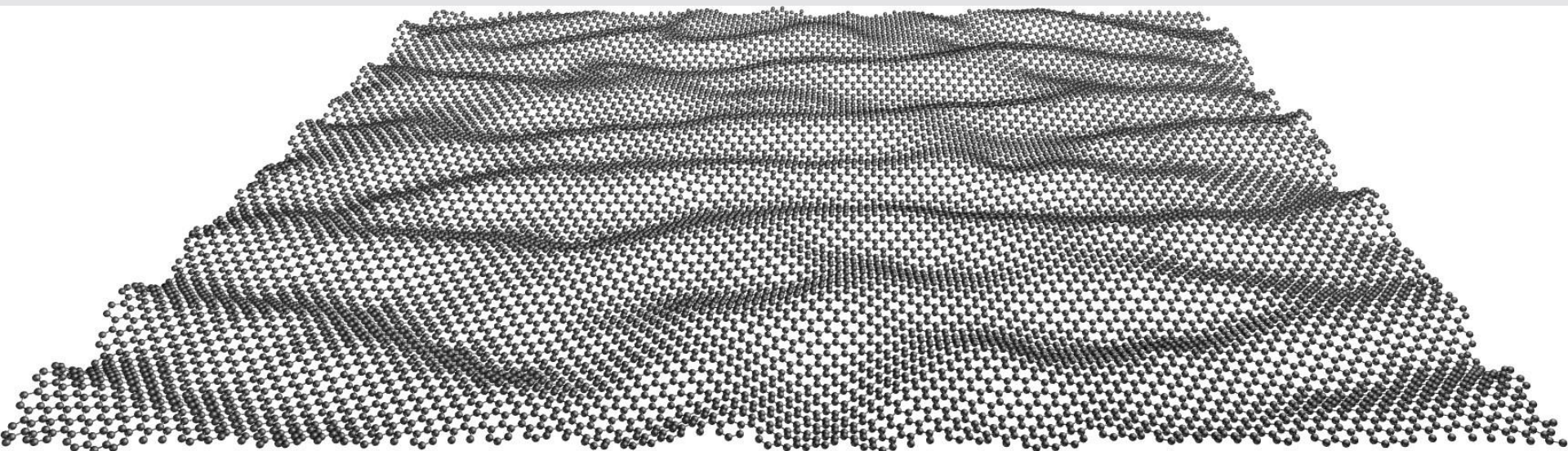
$$\frac{1 \text{ méter}}{1\,000\,000\,000} = 1 \text{ nanométer}$$



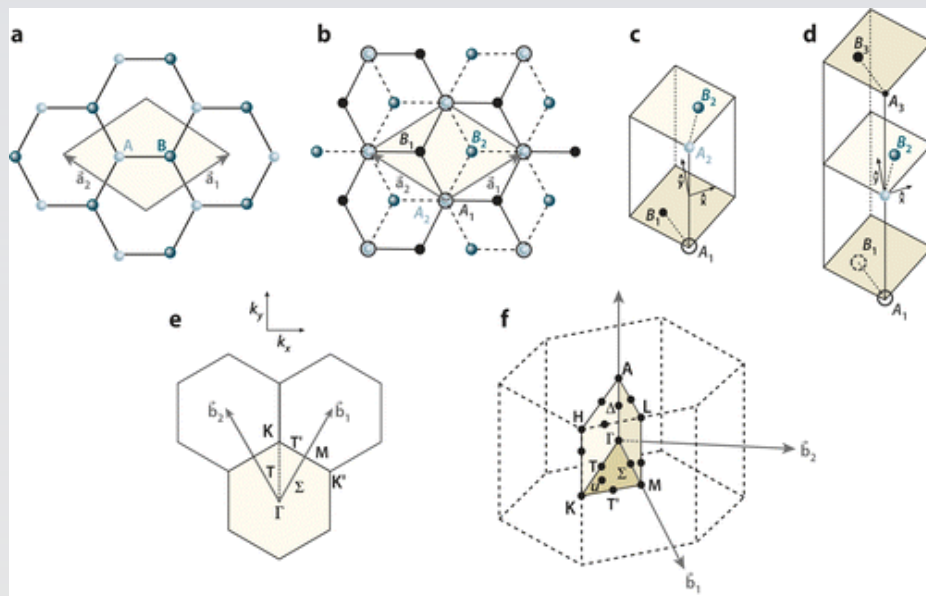
Grafén

Tehát a grafén: szénatomok hatszöges rácsából álló 2 dimenziós kristály.
A világ legvékonyabb anyaga, egyetlen atom vastag.

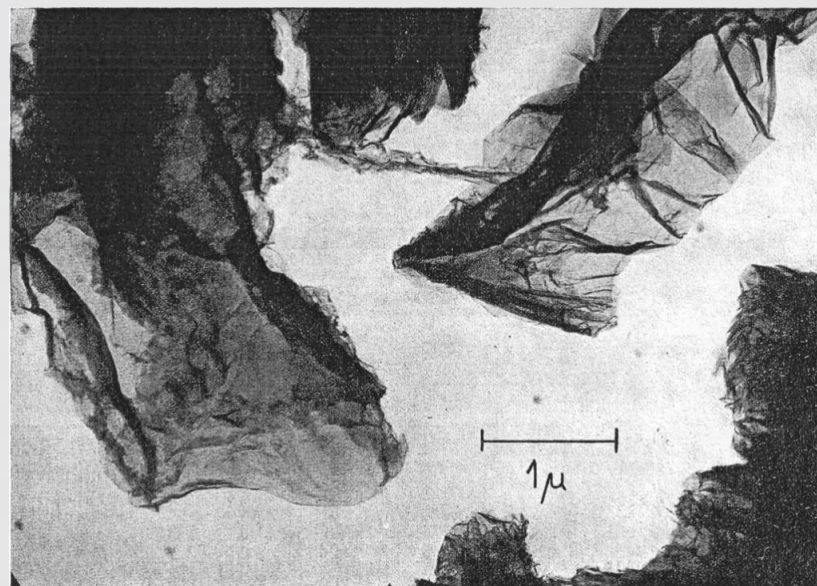
Tulajdonságai: 2 dimenziós, jó elektromos vezető, jó hővezető, optikailag átlátszó, kimagasló mechanikai tulajdonságok, nem áteresztő, nagy az elektronok koherencia hossza, nulla tiltott sávú félvezető, különleges az elektronszerkezete, stb.



Grafén történelem I.



P. R. Wallace 1947-ben kiszámolta a grafén elektronszerkezetét – a grafit elektronszerkezetét akarta, de mint tudjuk a grafén a grafit egyetlen atomi rétege



Von H.P. Boehm, A. Clauss, G.O. Fischer and U. Hofmann, Z. Naturforsch. 17 b, 150-153 (1962).

Legvékonyabb szén-fóliák címen.



Grafén történelem II.

Nobel-díj 2010



K. S. Novoselov, A. K. Geim, et al.

Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films

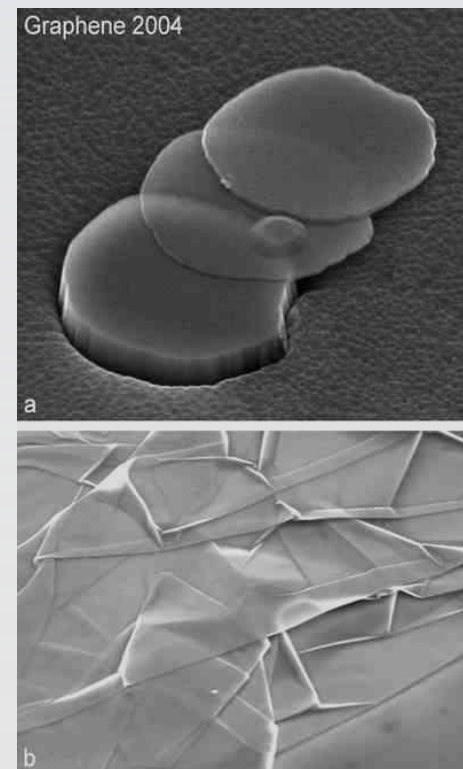
Science **22**, 306, 666 – 669 (2004)



Konstantin Novoselov



Andre Geim



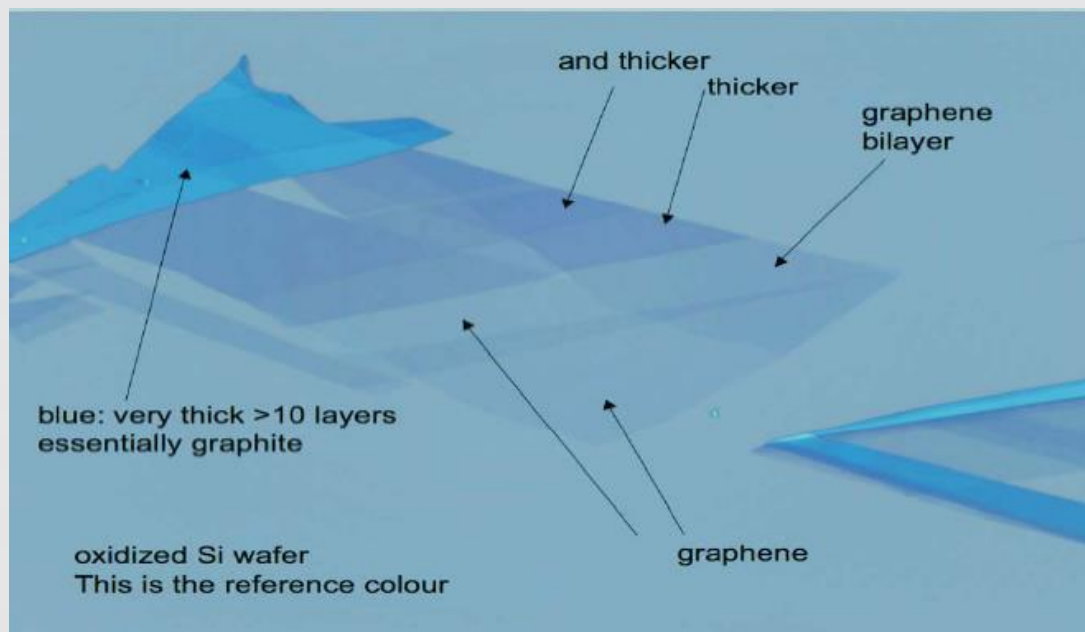
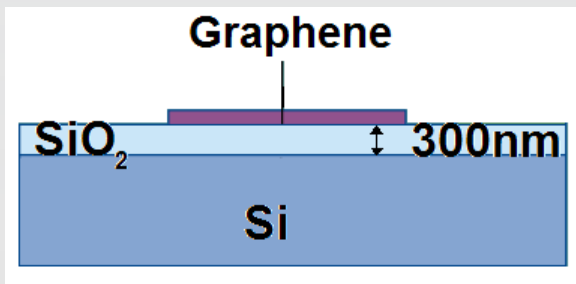
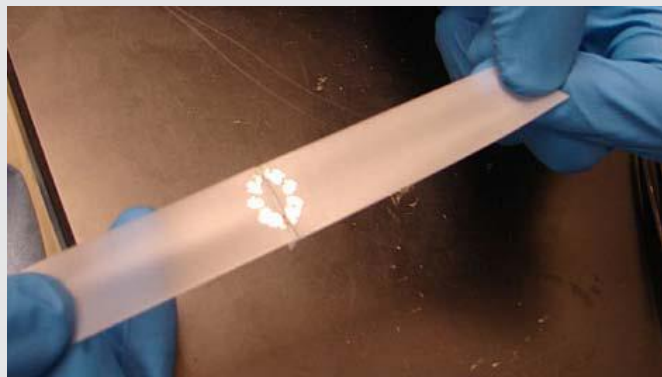
"for groundbreaking experiments regarding the two-dimensional material graphene"



Grafén előállítása I.

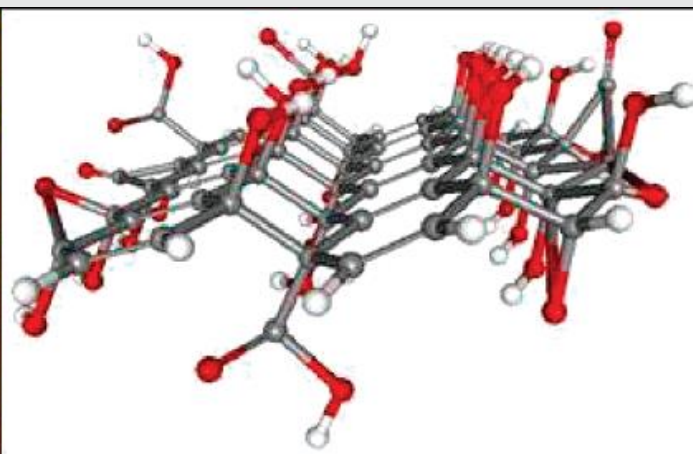
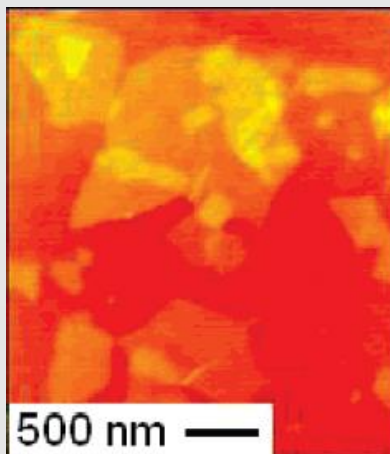
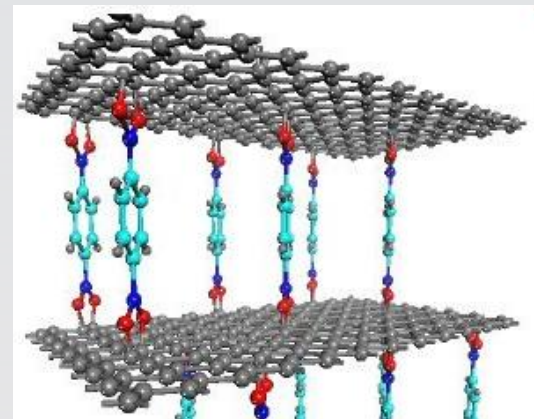
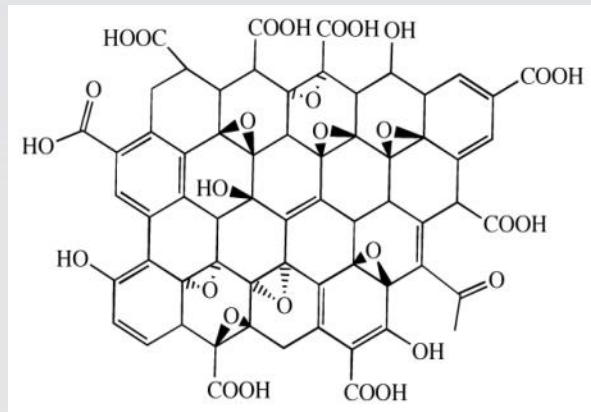
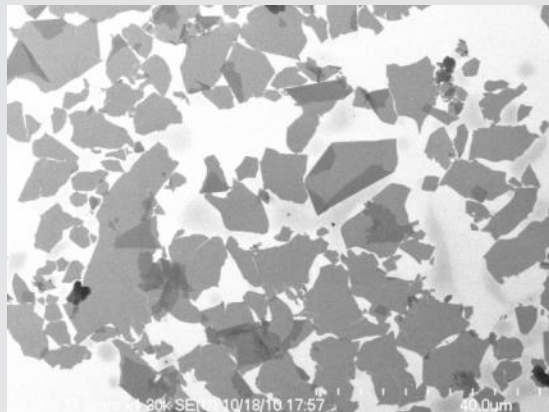
Ragasztószalagos módszer / mechanikai exfoliálás

Az így készült minták a legjobb minőségűek, kevés a szemcsehatár és a rácshiba.
Olcsó eljárás, de kapott felületegységre vetítve már drága.
Főként kísérleti felhasználás, prototípus gyártás.



Grafén előállítása II.

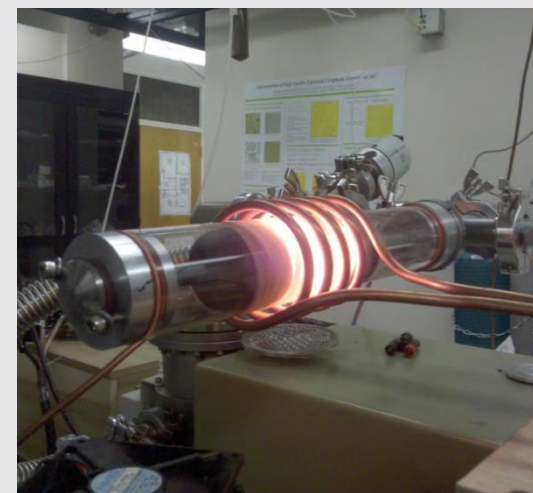
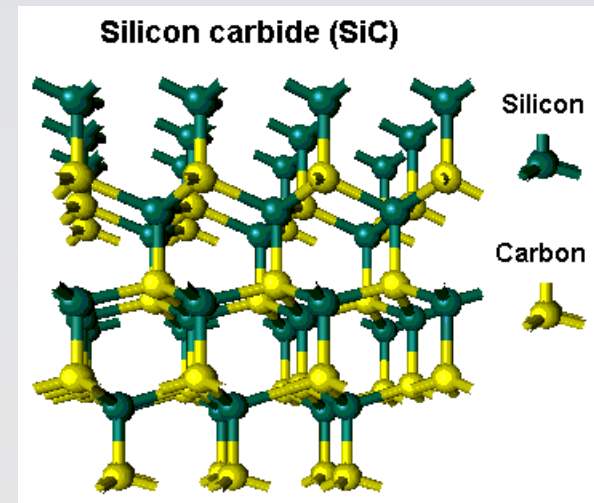
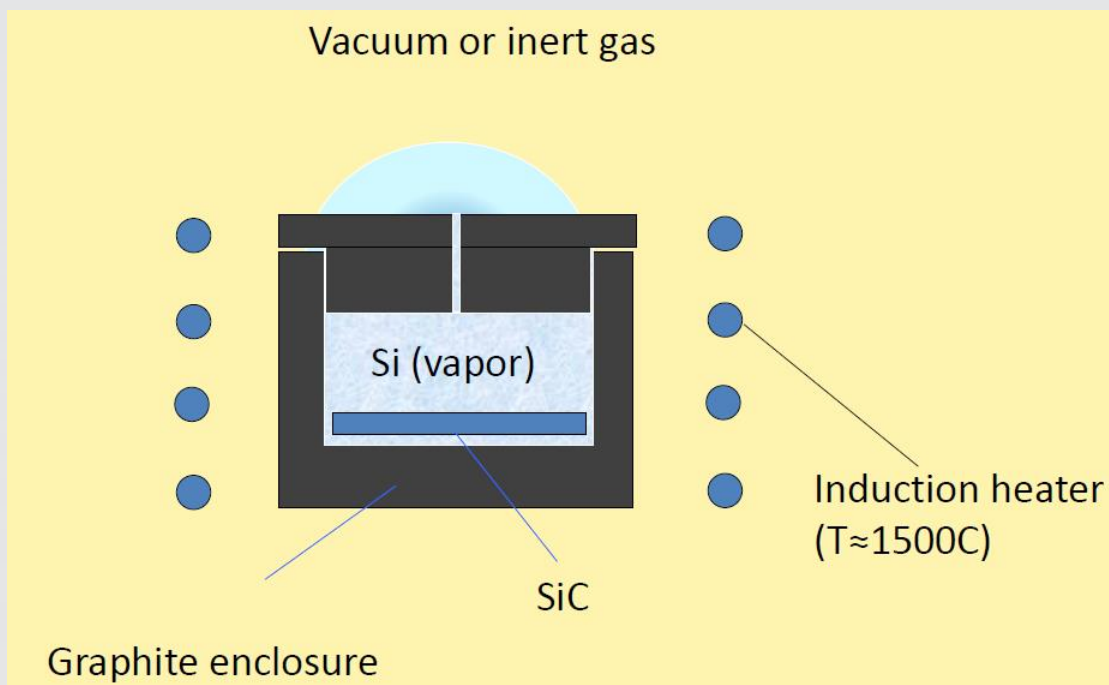
Kémiai exfoliálás



Grafén előállítása III.

Növesztés SiC-ra

Az így készült minták nagy felületűek. Az egyik legdrágább eljárás! Szennyeződéstől mentes felület.



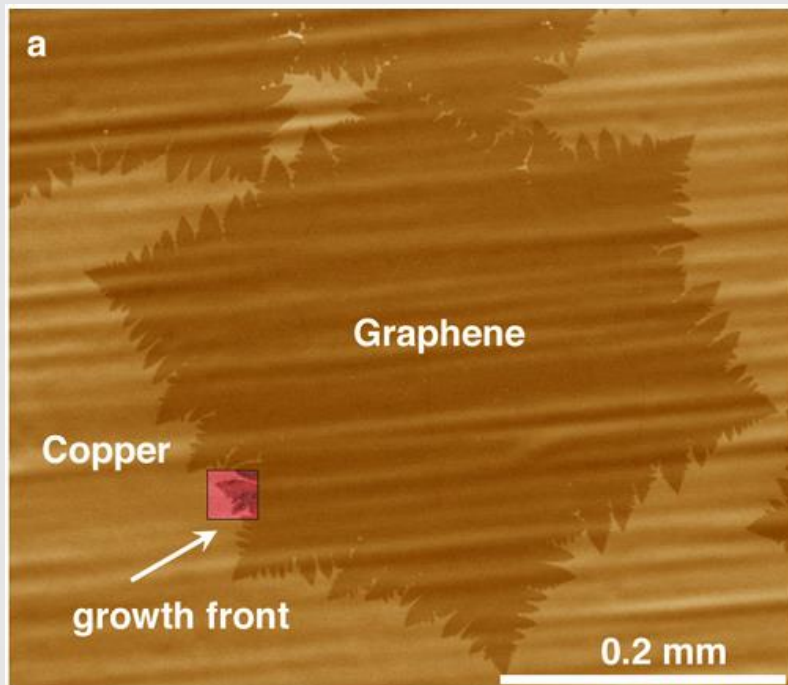
W.A. de Heer és munkatársai



Grafén előállítása IV.

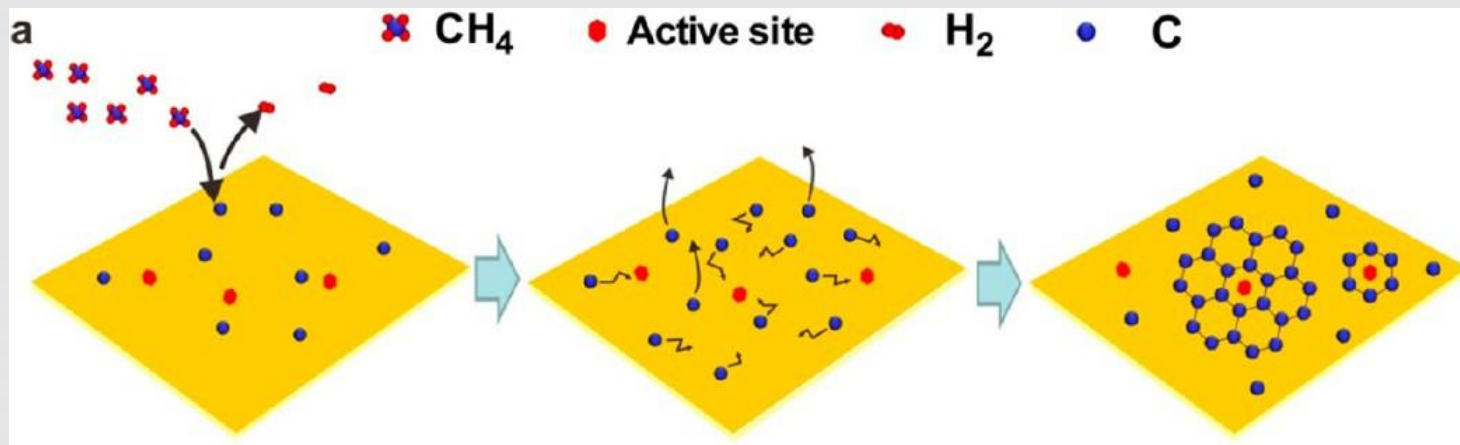
Kémiai gőzfázisú leválasztás (CVD)

Olcsóbban állíthatóak elő nagy felületű minták.
Egyre nagyobb egykristályokat tudnak növeszteni.
Önszabályozó folyamat.

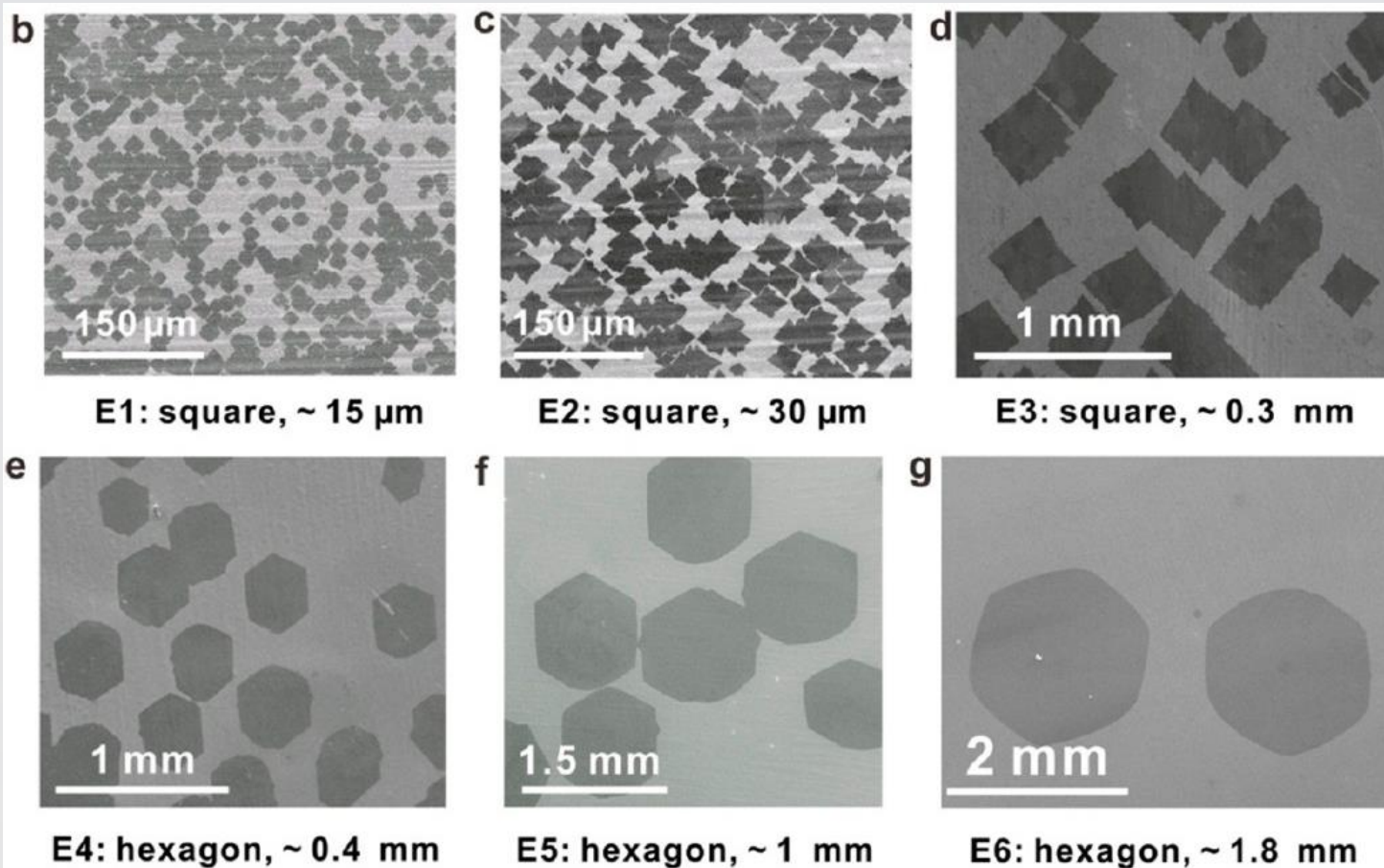


Grafén előállítása IV.

Hogyan képzeljük el a növekedést?

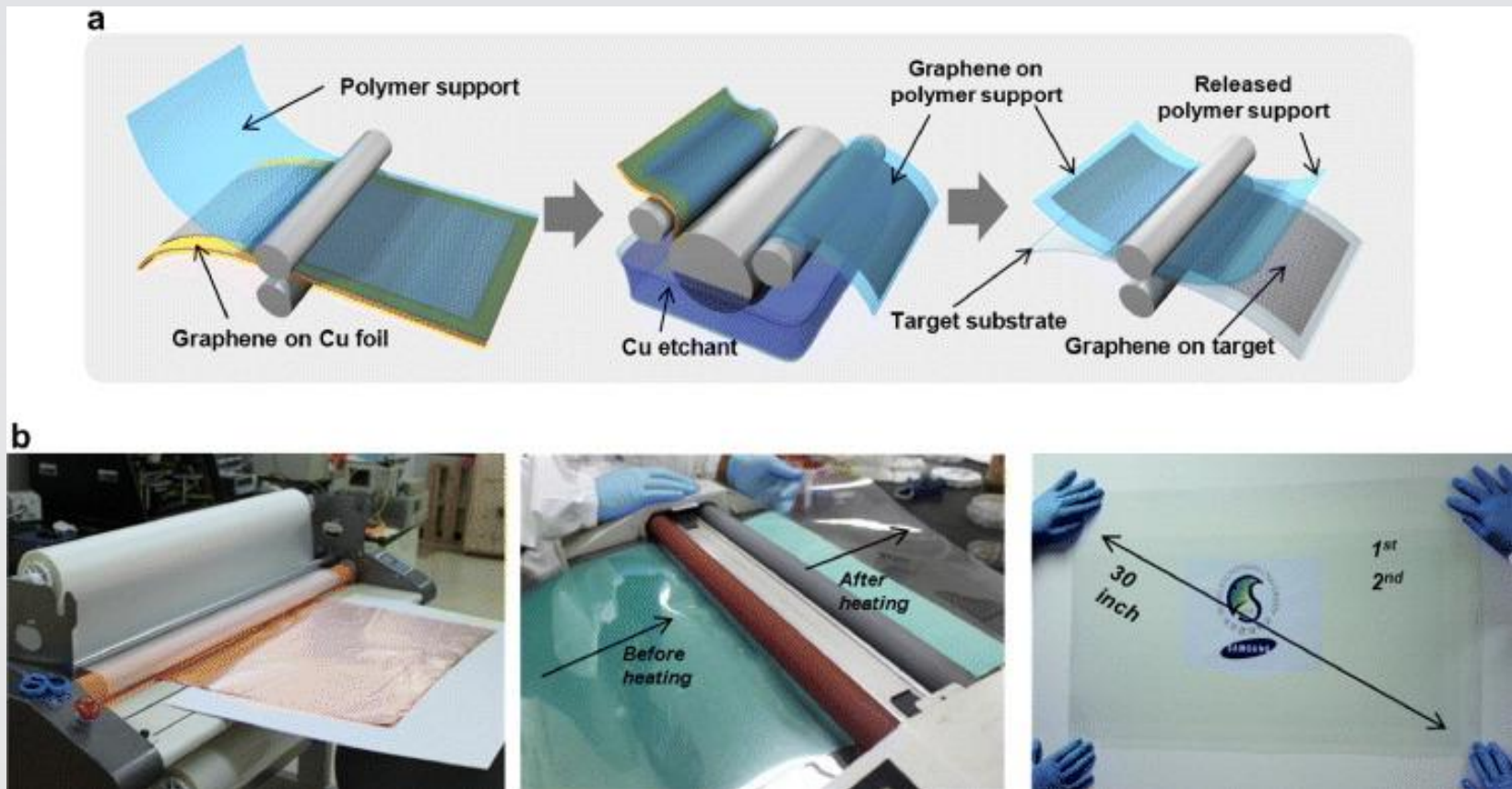


Grafén előállítása IV.

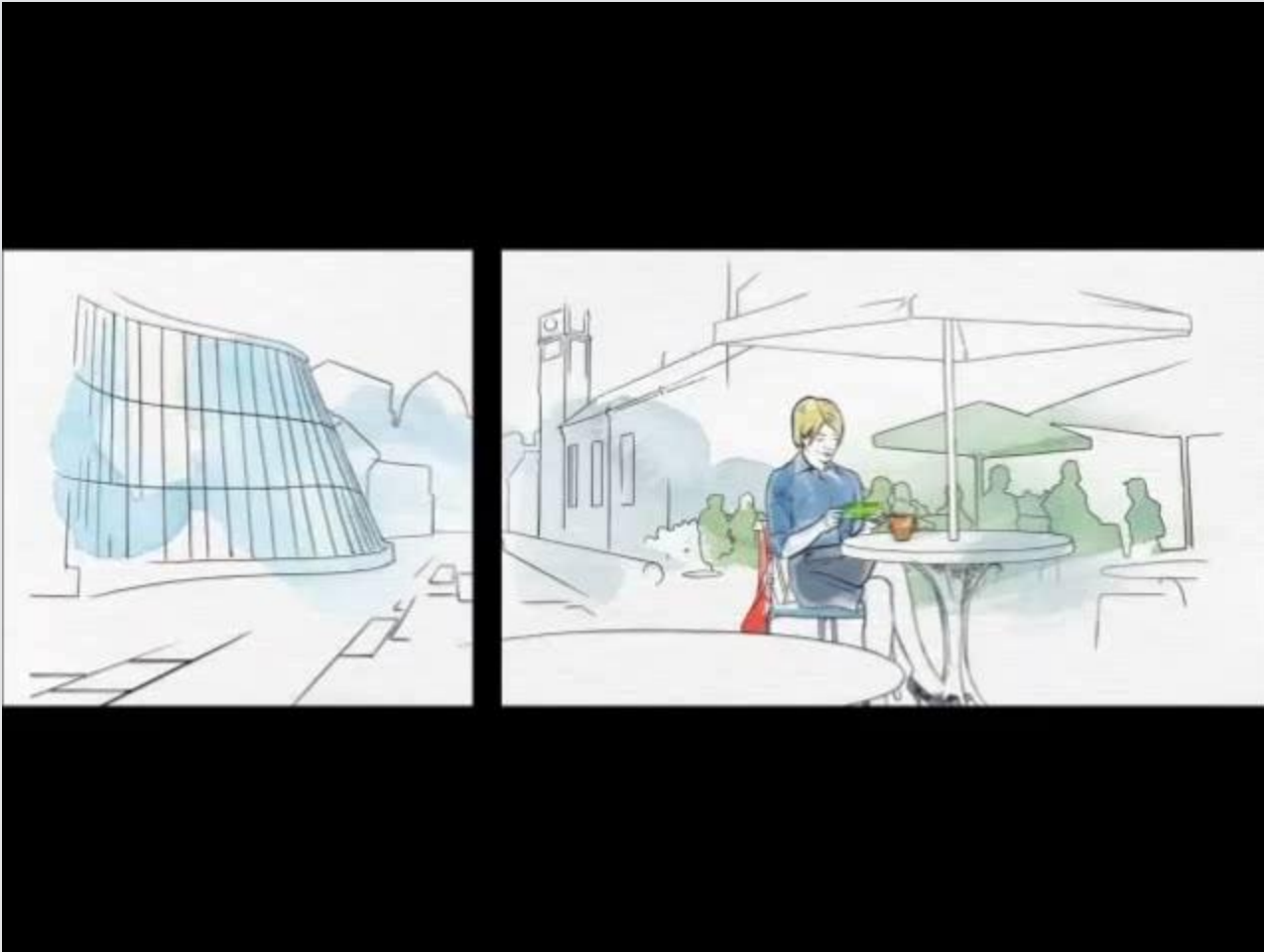


Grafén előállítása IV.

Akár 30 inch átmérőjű vagy még nagyobb minták készítése



Alkalmazások

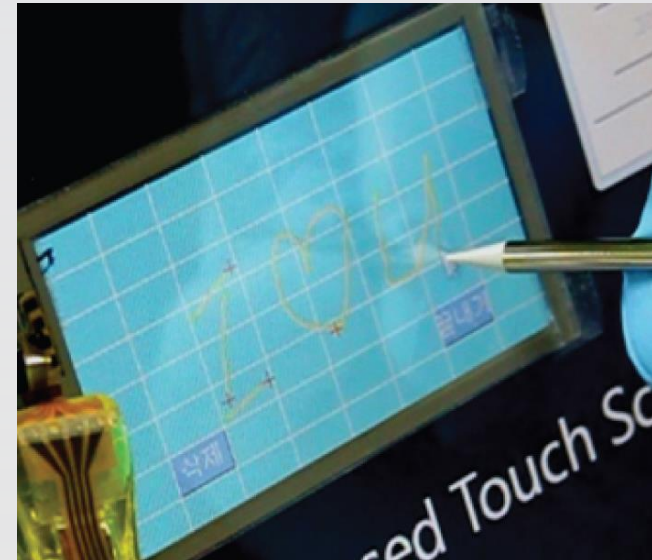
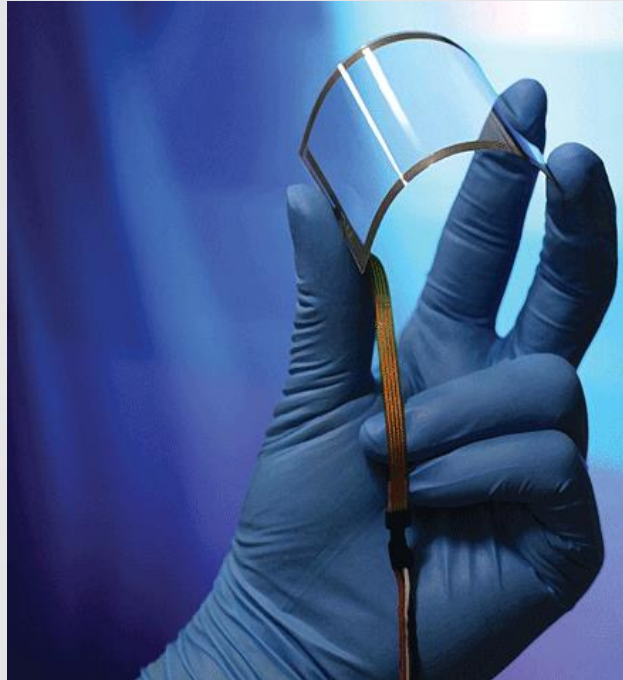
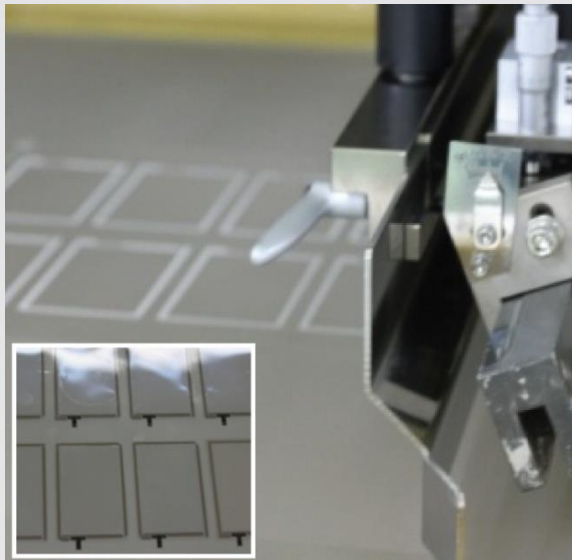


Alkalmazások



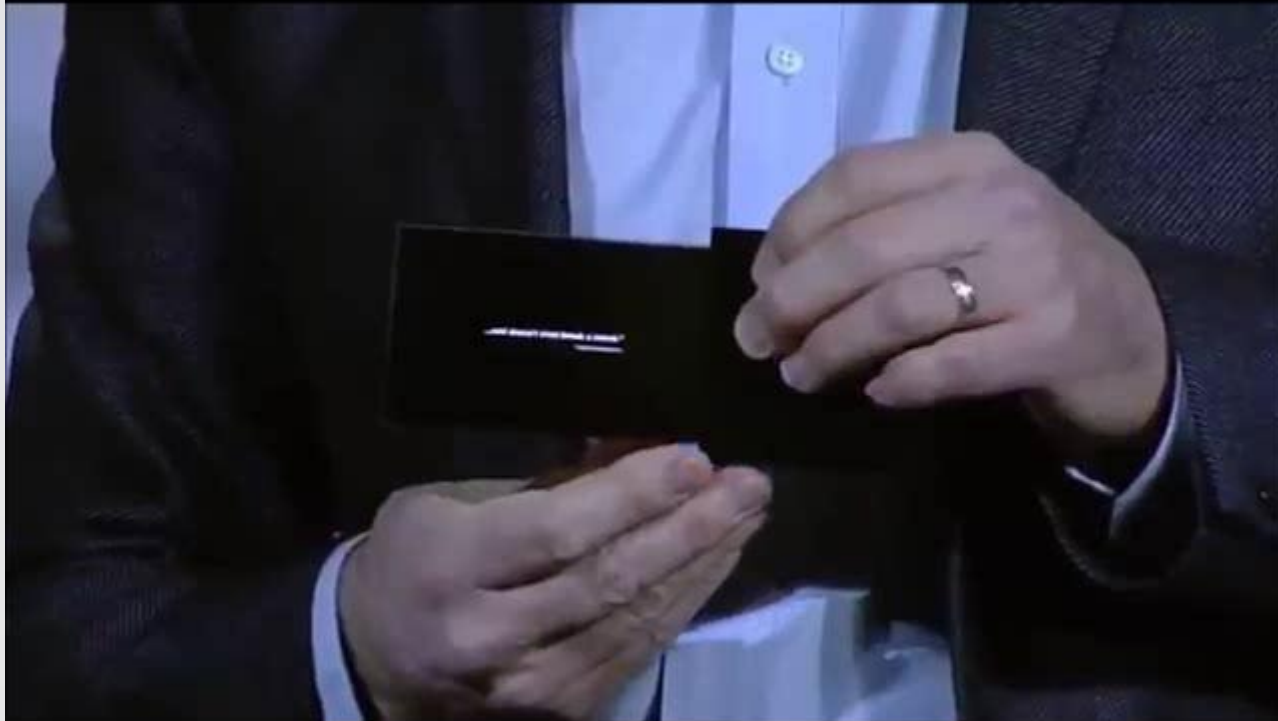
Amire már van példa

Érintő képernyő érintés érzékeny felülete.



Amire már van példa

2013. januári videó

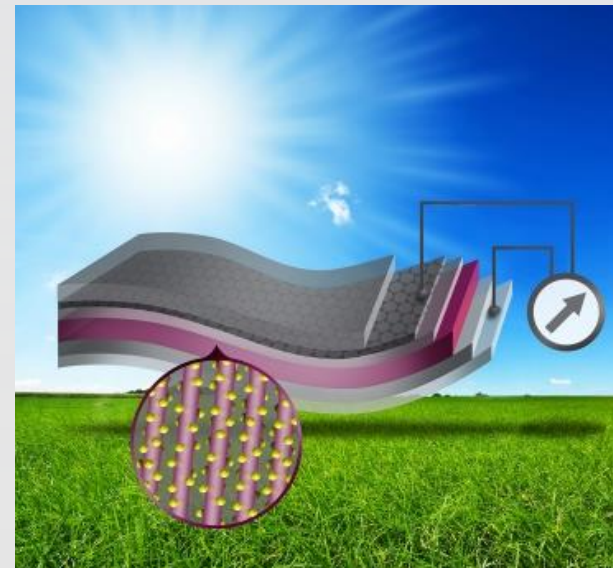
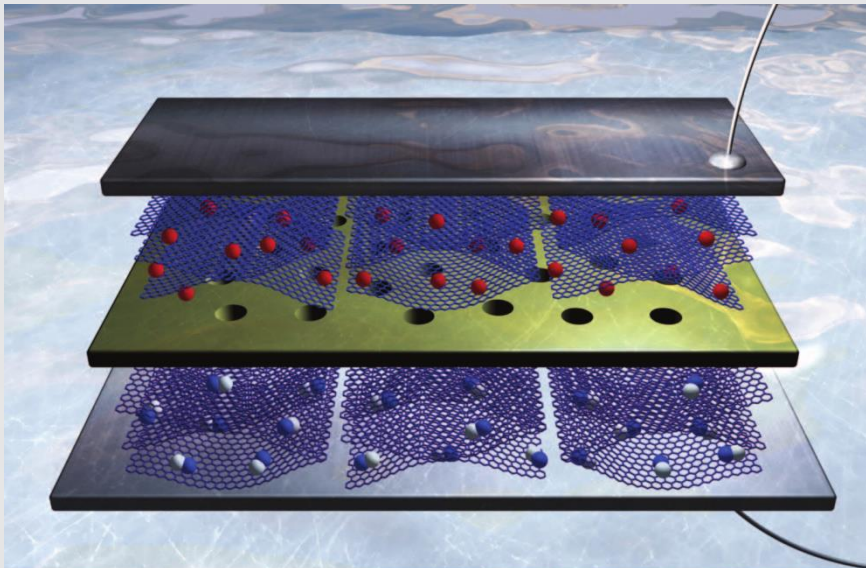
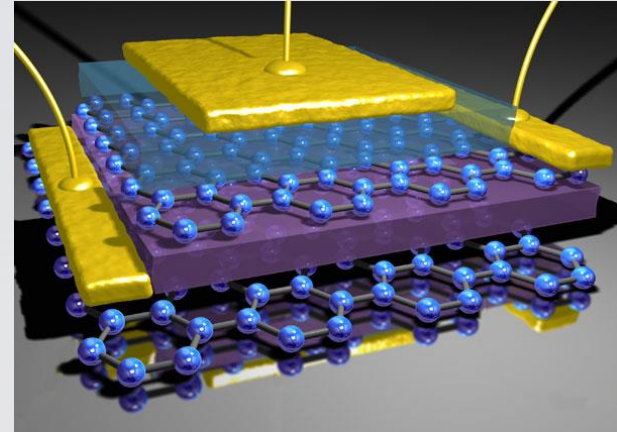


Miért nincs még a polcokon?



Ami még nincs kész

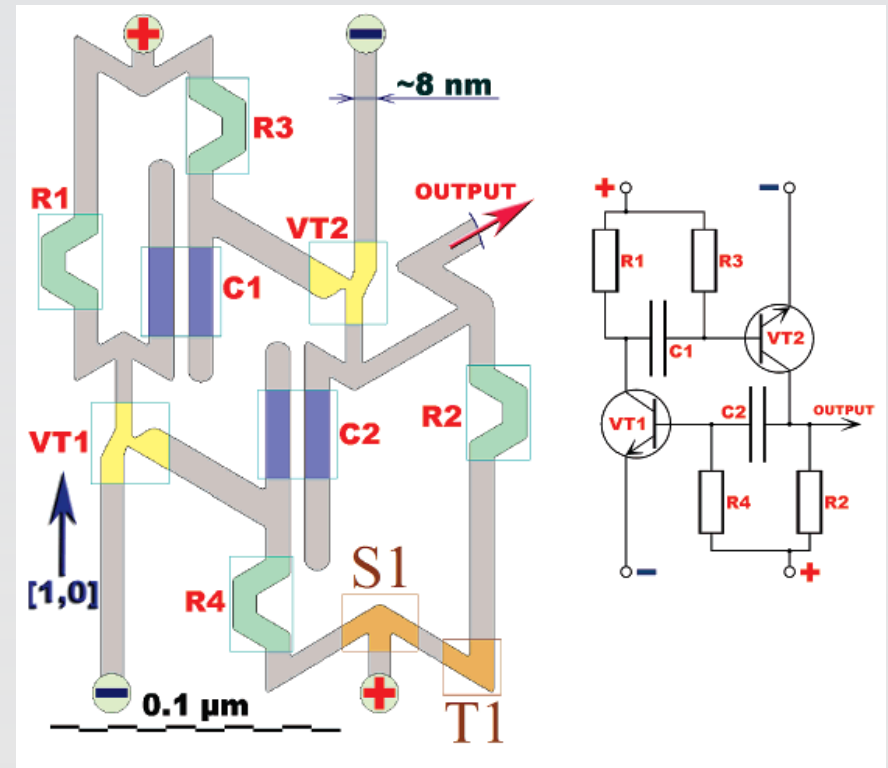
- ▶ Digitális tranzisztor áramkörökhöz
 - ▶ Erősítő tranzisztor már létezik (400 GHz)
- ▶ Napelem elektródának (átengedi a fényt)
 - ▶ Hajlítható, akár ruhába is beépíthető
- ▶ Akkumulátor vagy szuperkapacitás
 - ▶ Hajlékony, gyorsan tölthető



Ami még nincs kész

Grafénsíkból kivágott áramkör

- ▶ Gyorsabb eszközök
- ▶ Kisebbs fogyasztás
- ▶ Nagyobb adatfeldolgozó képesség



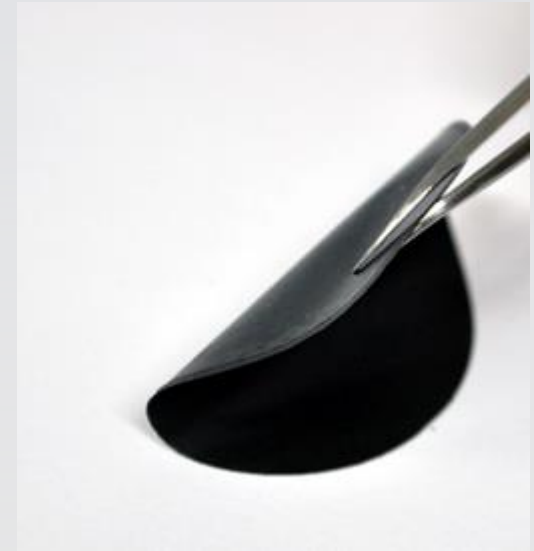
Amire már van példa II.

Kompozit anyagok

Kihasználhatjuk, hogy a granéfén:

- ▶ Nagy szakítószilárdságú
- ▶ Jó hővezető
- ▶ Rugalmas
- ▶ Könnyű

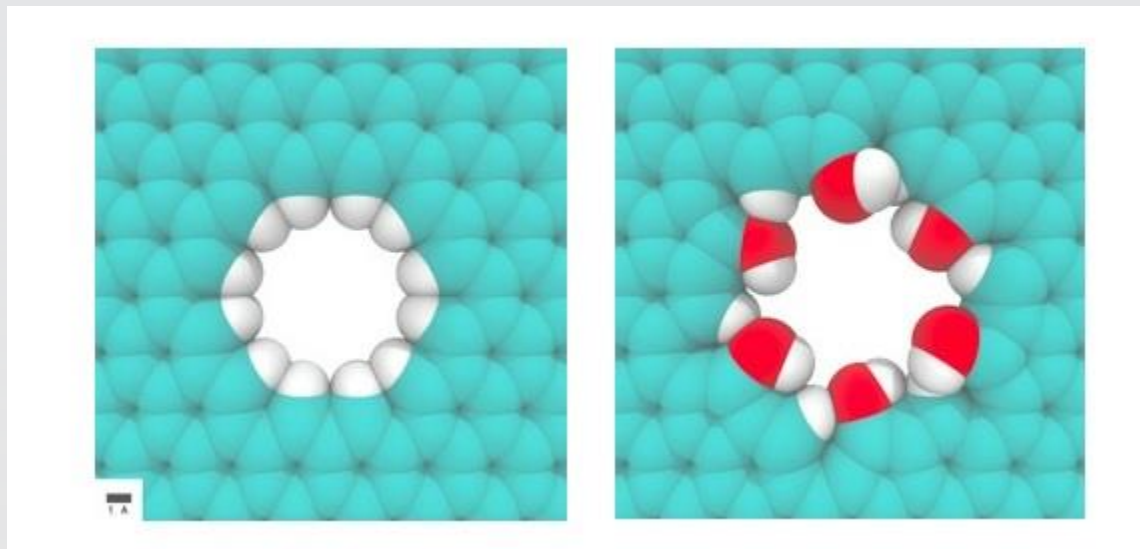
Mibe építik bele?



Ami még nincs kész II.

Tengervíz sótalanítás

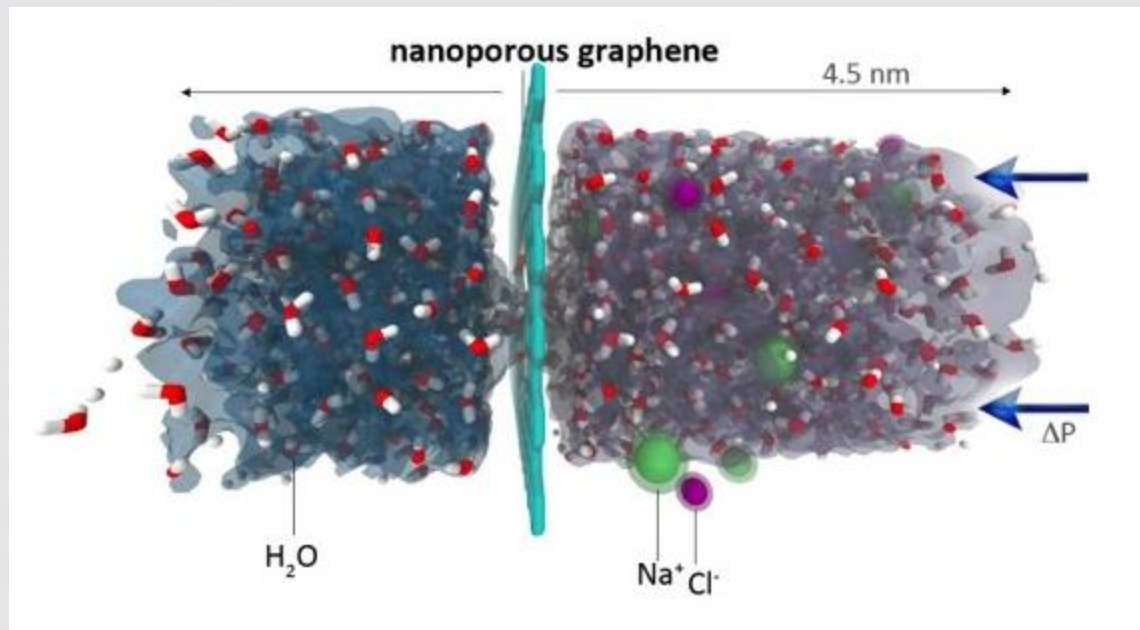
A fordított ozmózis jelenségét kihasználva nyomás hatására a víz áthalad a nanopórusokon a só koncentráció ellenére.



Ami még nincs kész II.

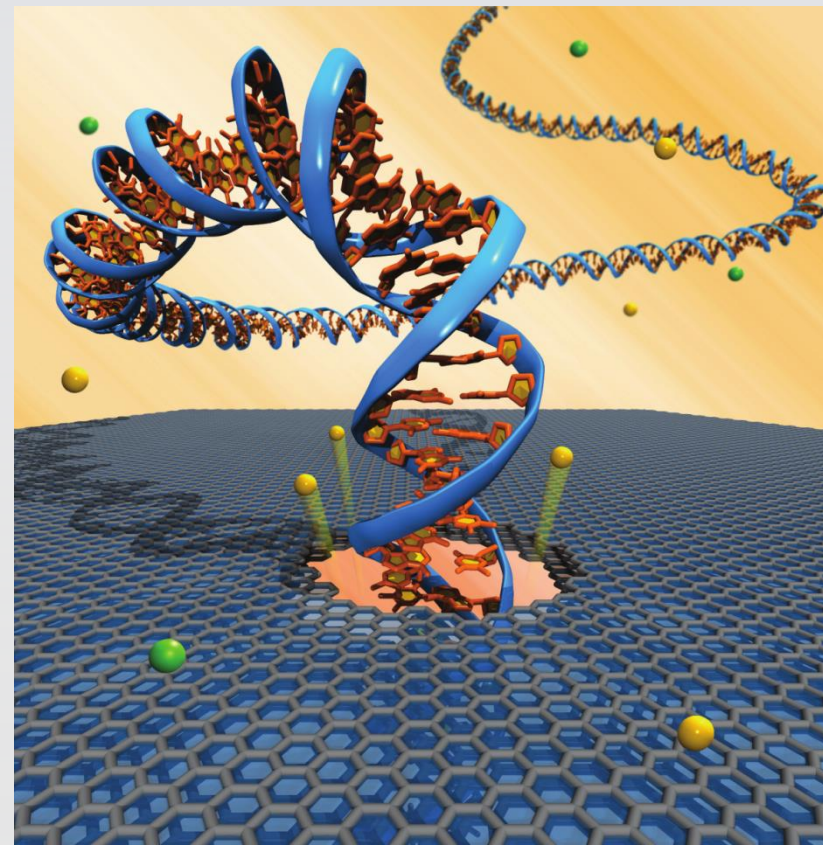
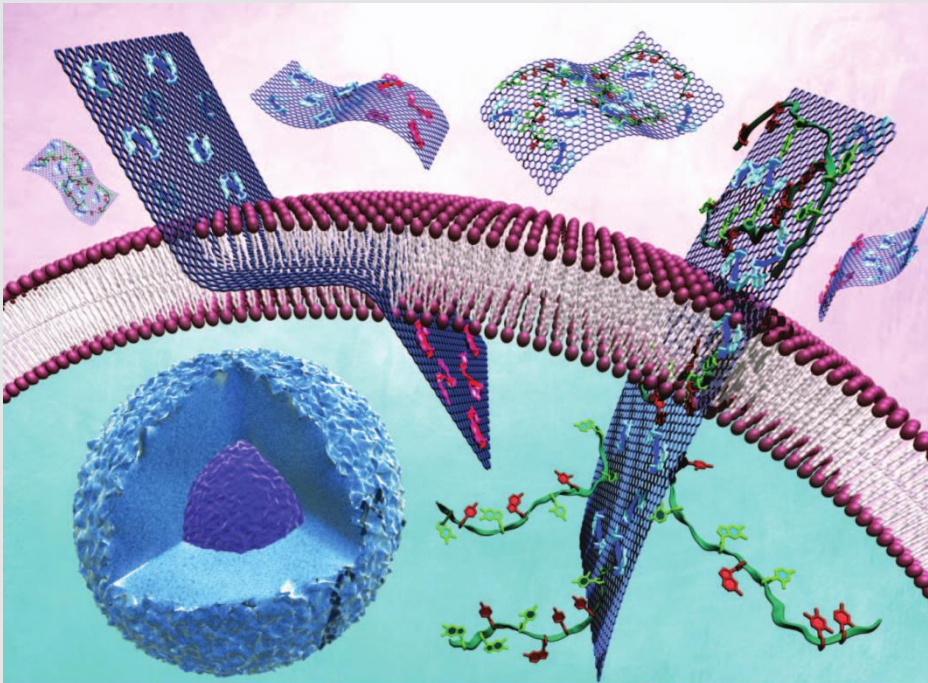
Tengervíz sótalanítás

A fordított ozmózis jelenségét kihasználva nyomás hatására a víz áthalad a nanopórusokon a só koncentráció ellenére.



Ami még nincs kész II.

Személyre szabott orvoslás



Hogyan láthatjuk a grafént?

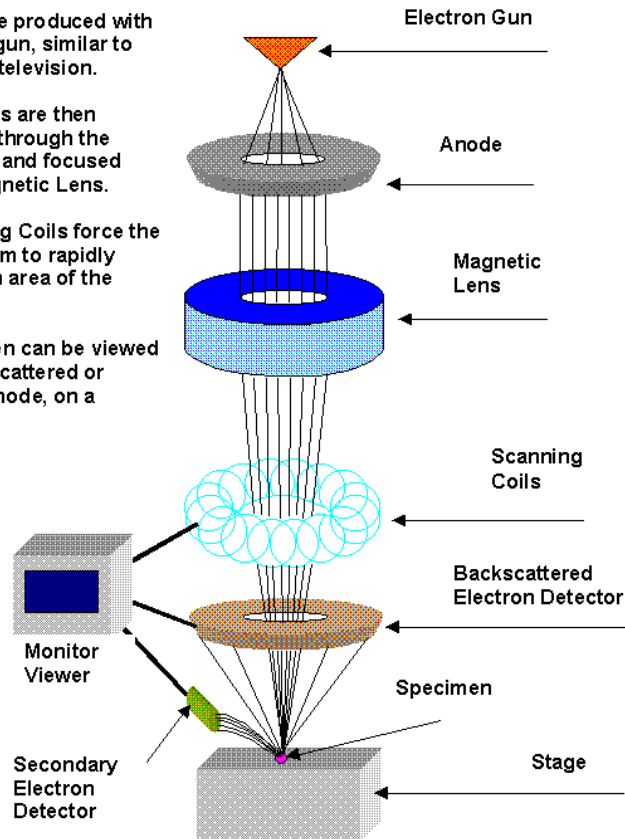
Elektronmikroszkóp:

Electrons are produced with an electron gun, similar to the one in a television.

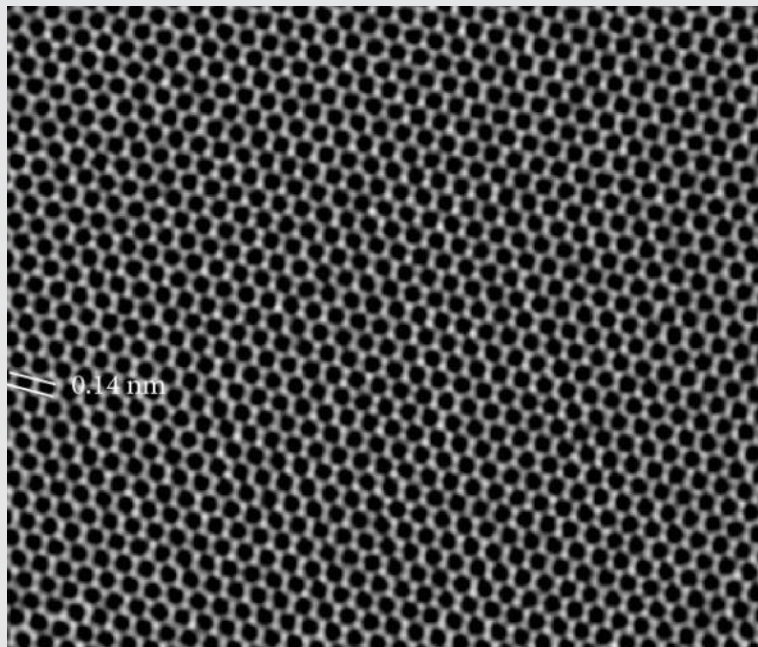
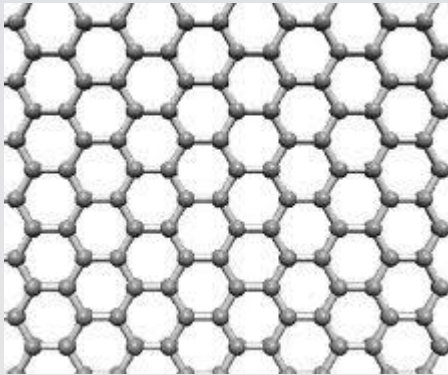
The electrons are then accelerated through the Anode plate and focused with the Magnetic Lens.

The Scanning Coils force the electron beam to rapidly scan over an area of the specimen.

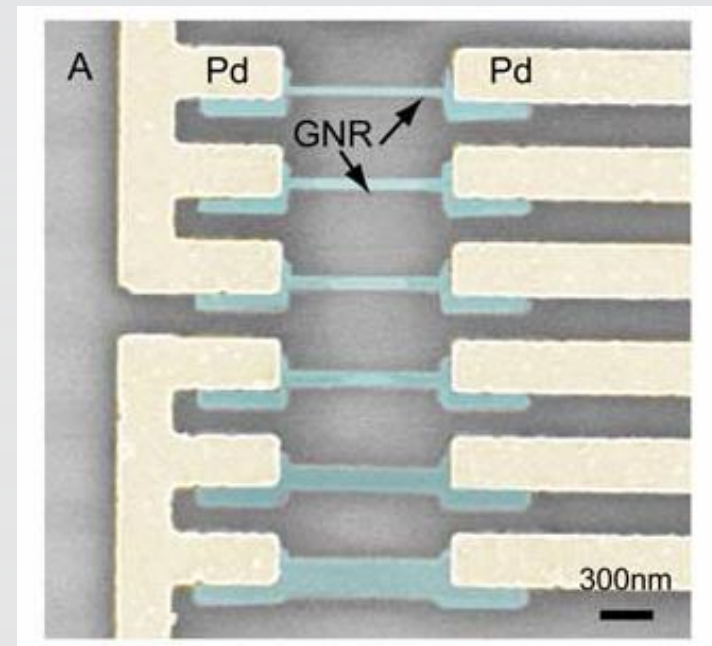
The specimen can be viewed in the Backscattered or Secondary mode, on a monitor.



Hogyan láthatjuk a grafént?

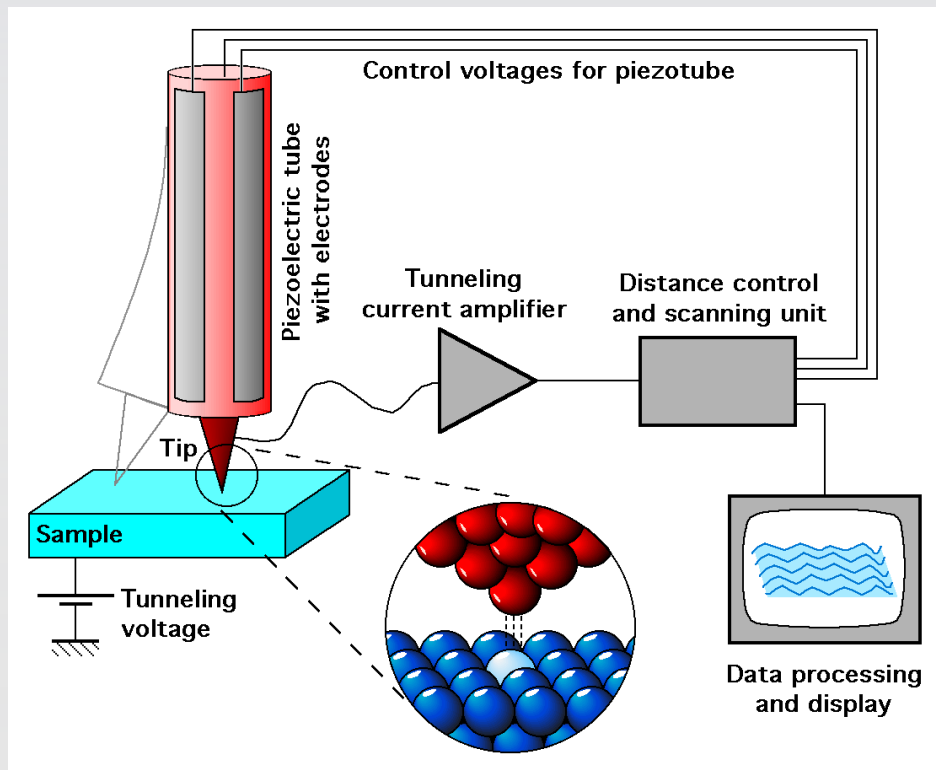


- Elektronsugaras litográfia:
- 15 nm-es pontosság

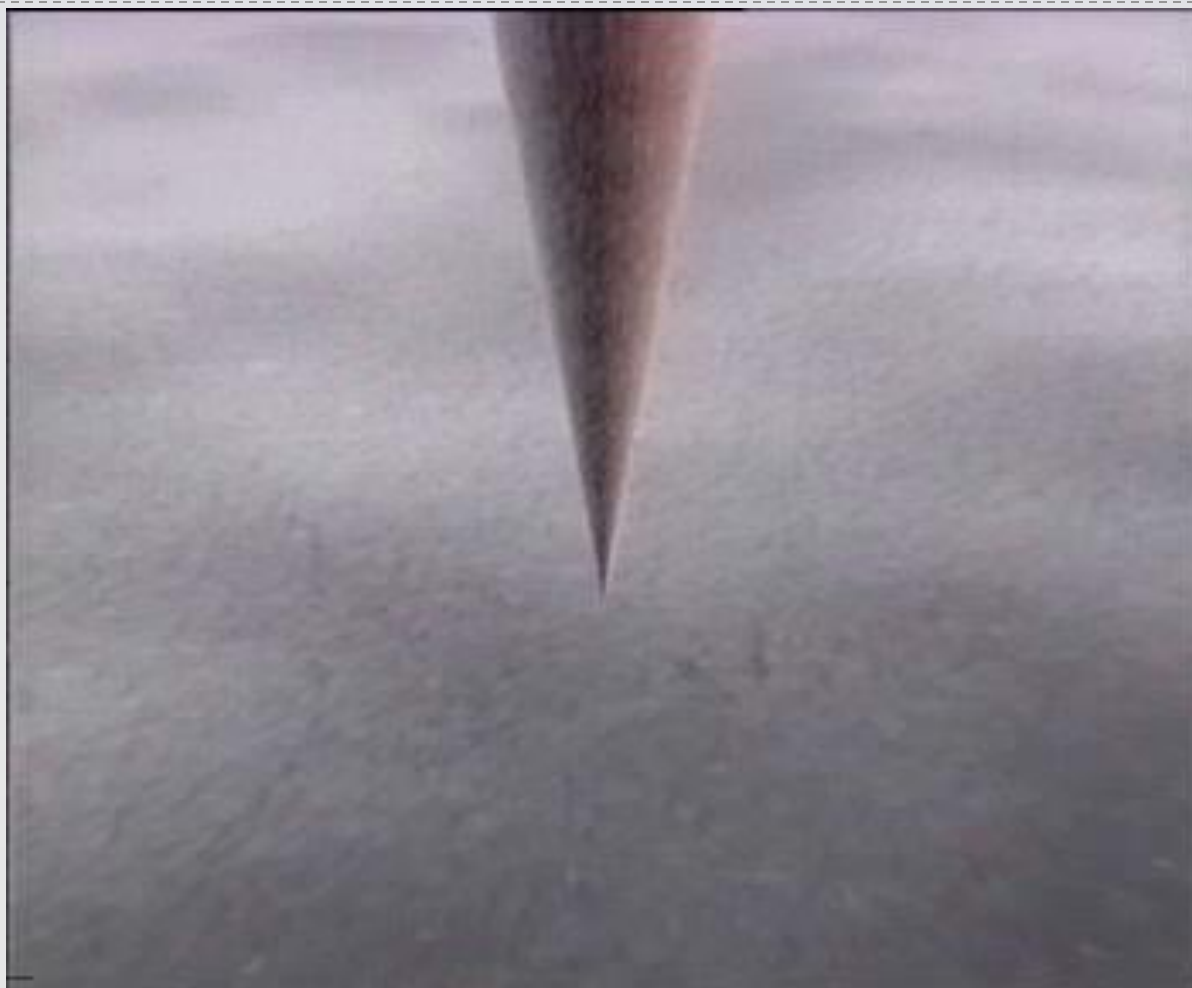


Hogyan láthatjuk a grafént?

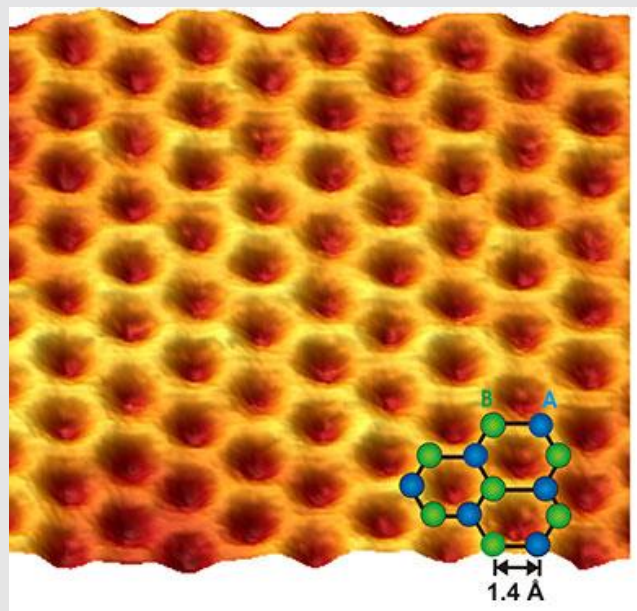
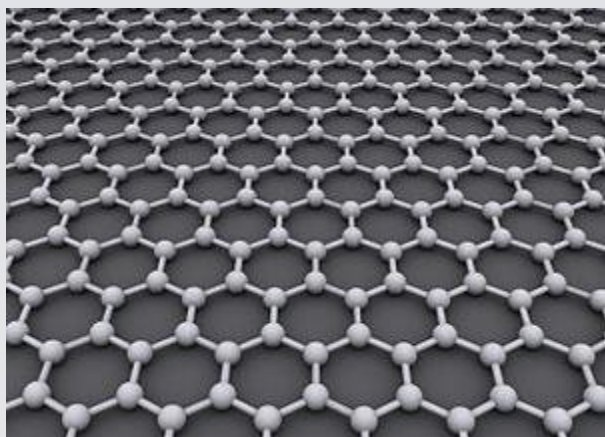
Pásztázó alagútmikroszkóp (STM):



Hogyan láthatjuk a grafént?

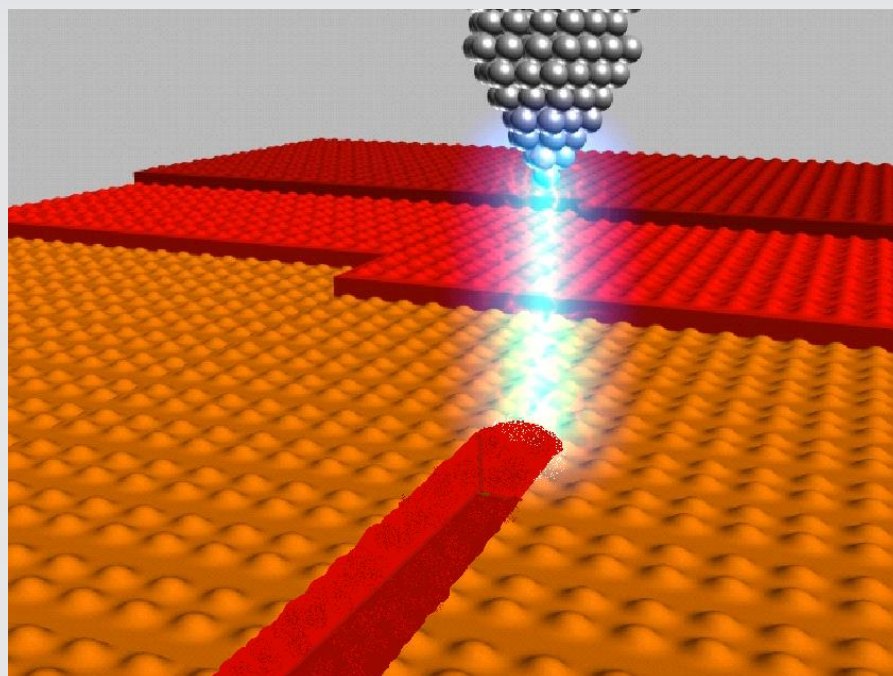


Hogyan láthatjuk a grafént?



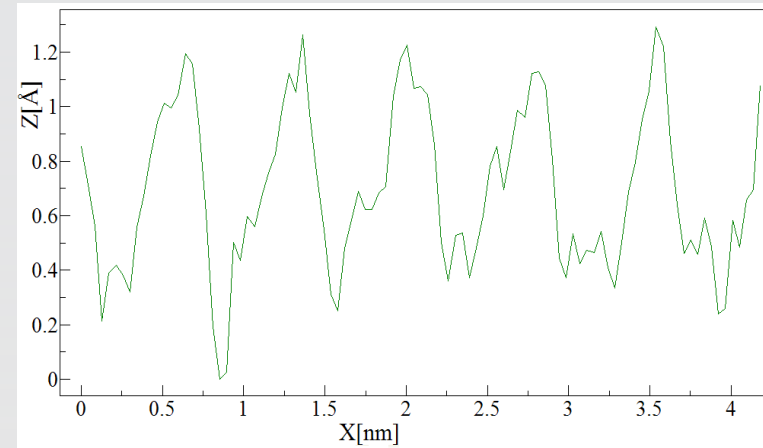
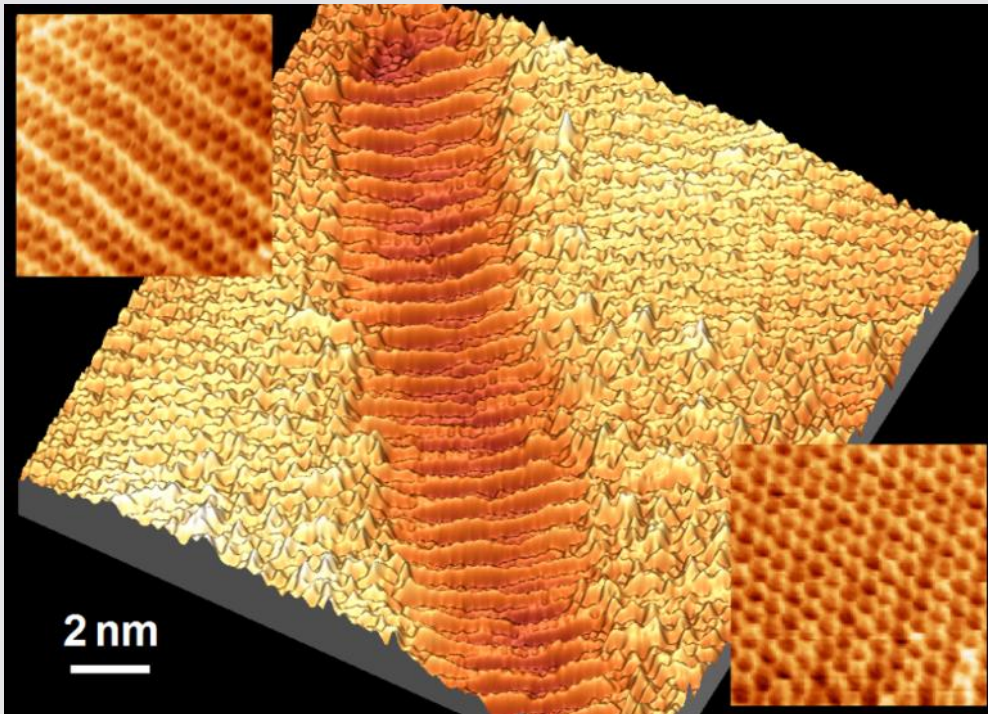
STM litográfia:

- nm-es pontosság



STM mérések grafénen

Periodikus hullámok nanométeres skálán.



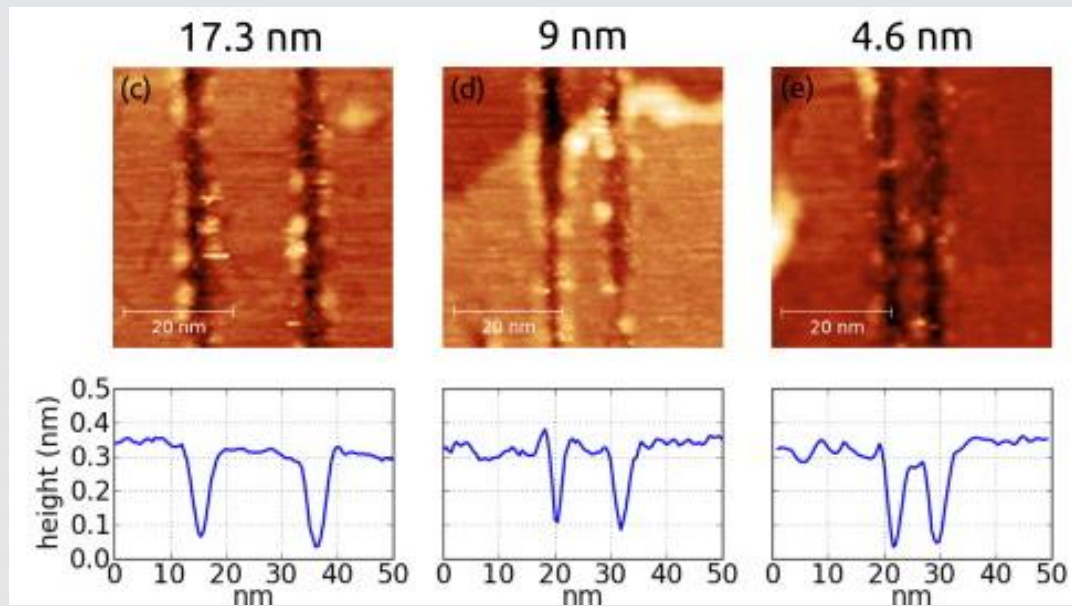
0,7 nm-es periodicitás

L. Tapasztó et al. Nature Physics 8, 739 (2012)



STM mérések grafénen

STM litográfia arany hordozón lévő grafénen:

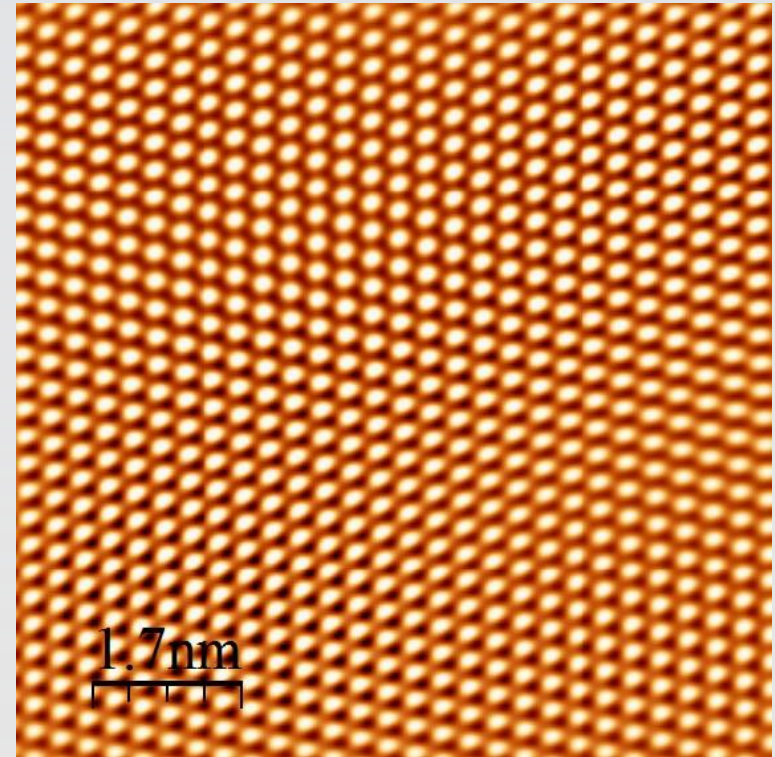
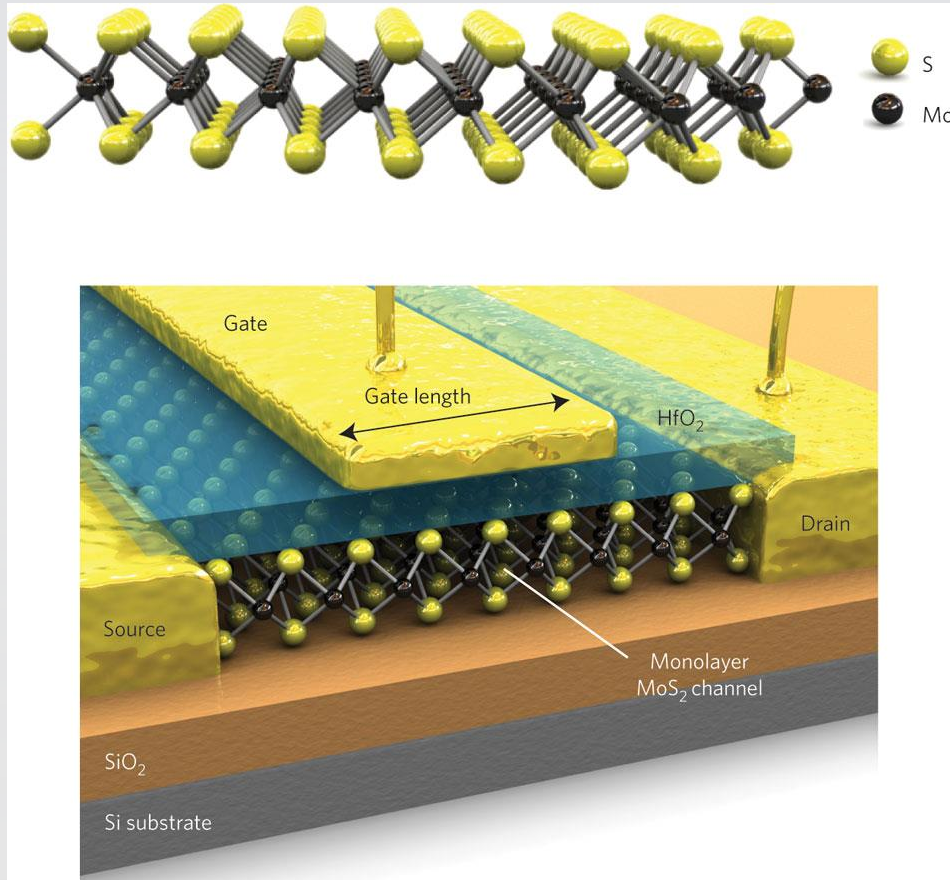


P. Nemes-Incze et al. Applied Surface Science 291, 48–52 (2014)



Más 2D anyagok

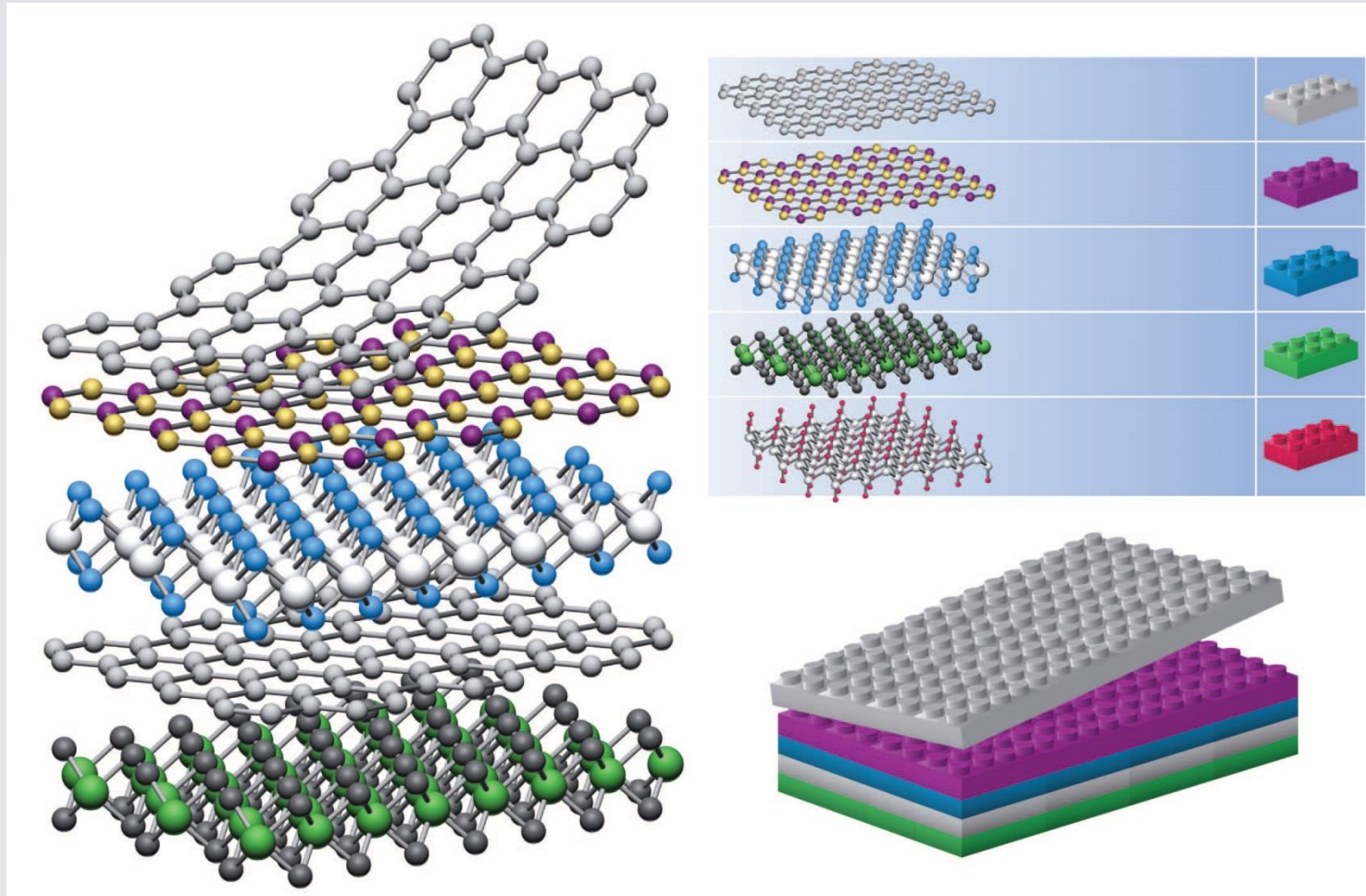
MoS₂-ből is lehetne tranzisztort készíteni.



Tisztított, atomi felbontású STM kép.



Más 2D anyagok



Köszönöm a figyelmet!

