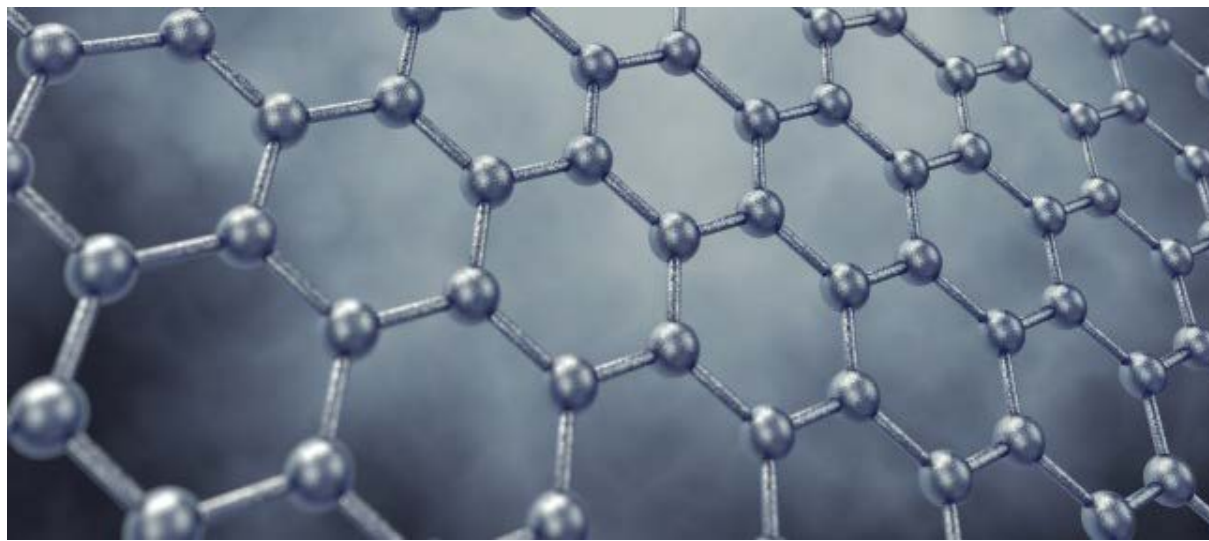




Kemijski inštitut

# Grafen, čudežni material- preko znanosti do uporabe

Jan Bitenc, doc. dr. Boštjan Genorio

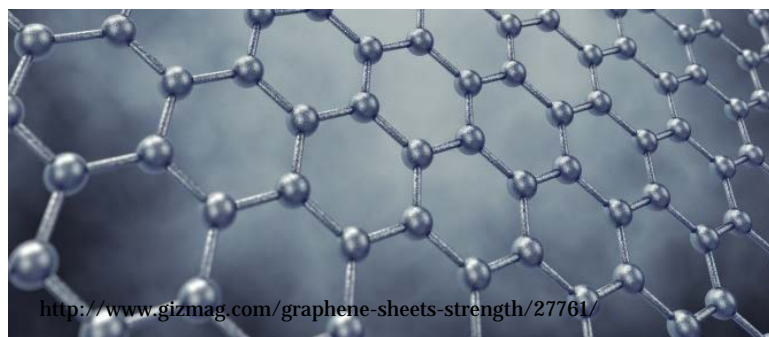


# Vsebina predavanja

- Grafen in njegove lastnosti
- Prihodnost grafena
- Primeri uporabe
- Zaključek

# Kaj grafen je ?

- Atom debela plast ogljika (debelina 0.2 nm)



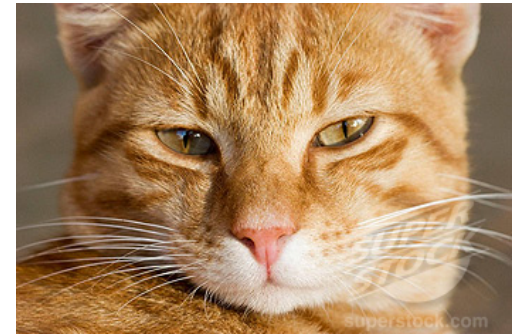
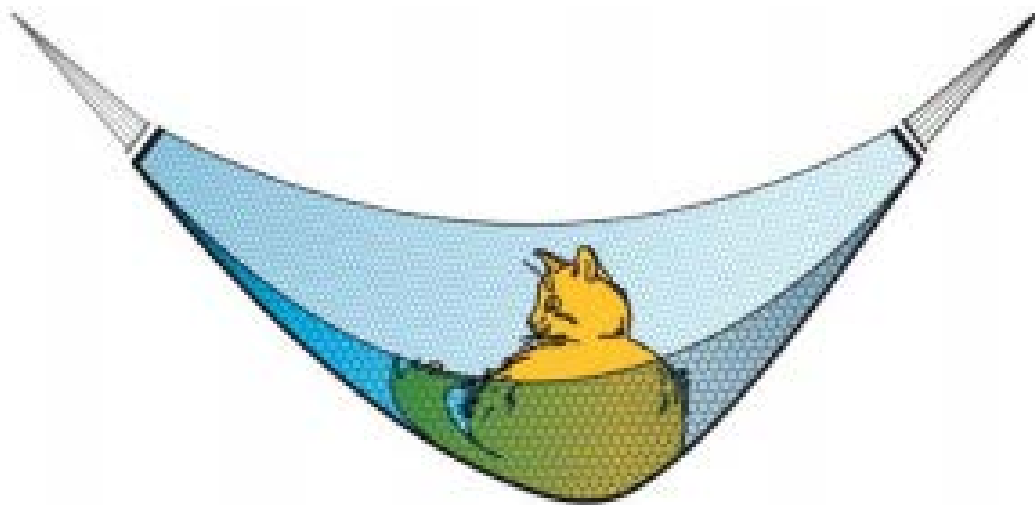
- **Lastnosti**

- Najboljši znani električni prevodnik (100 x boljši od Cu)
- Najboljši znani toplotni prevodnik ( $5 \times 10^3$  W/m K)
- Izjemno močan material (100x močnejši od jekla)
- Optično transparenten (97,7 %)
- Fleksibilen (fleksibilne naprave npr. telefoni)
- Neprepusten (protikorozijska zascita)



# Kako močan je grafen ?

- En atom debela viseča mreža zdrži težo 4 kg



[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2010/advanced-physicsprize2010.pdf](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2010/advanced-physicsprize2010.pdf)

- Teža 1 m<sup>2</sup> mreže je 0,77 mg

# Odkritje grafena

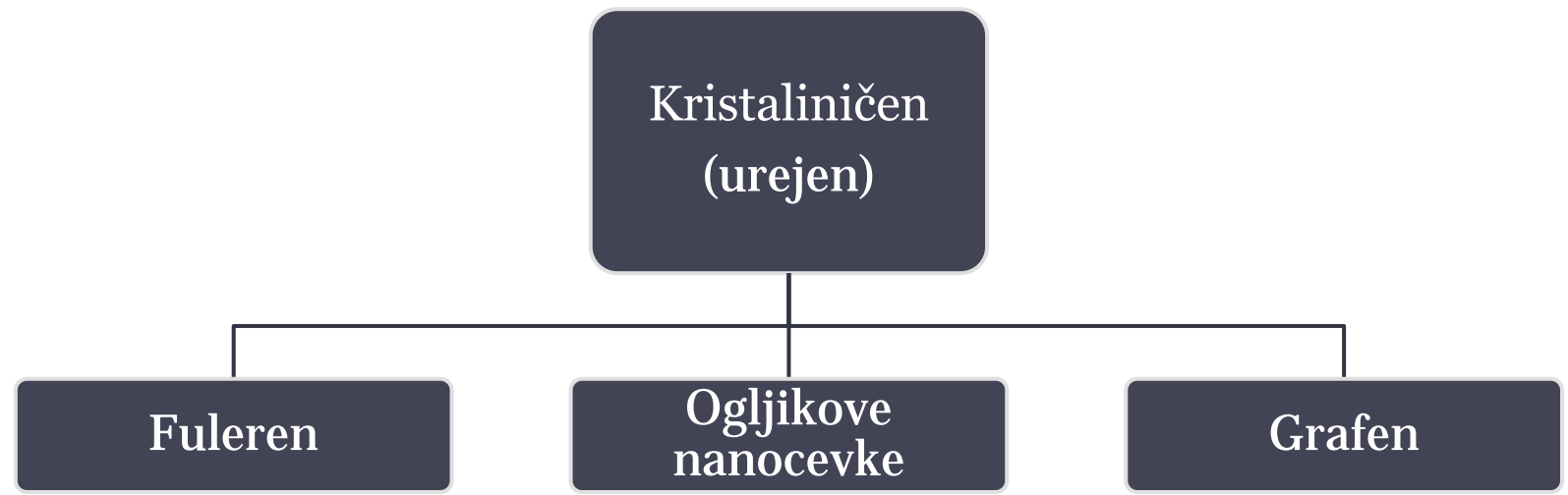
- “petkov večerni” eksperiment
- mehanska eksfoliacija
- prvi 2D kristal
- odkritje objavljeno 2004
- 2010 podeljena Nobelova nagrada



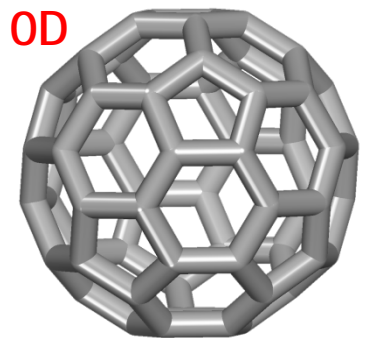
# Ogljikovi materiali-stara generacija



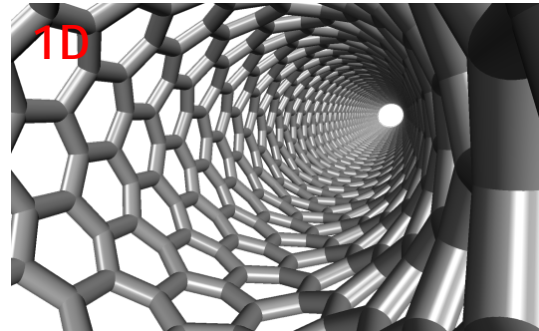
# Ogljikovi materiali-nova generacija



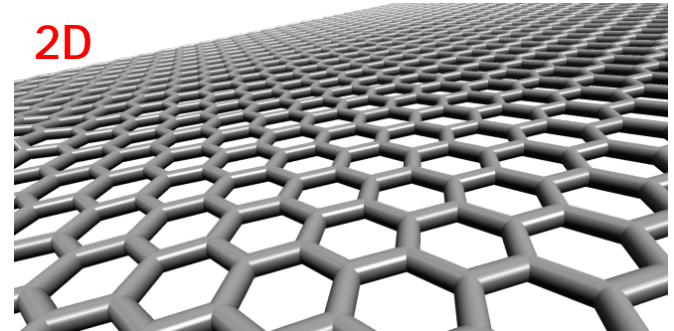
Odkriti 1985  
Nobelova nagrada  
1996



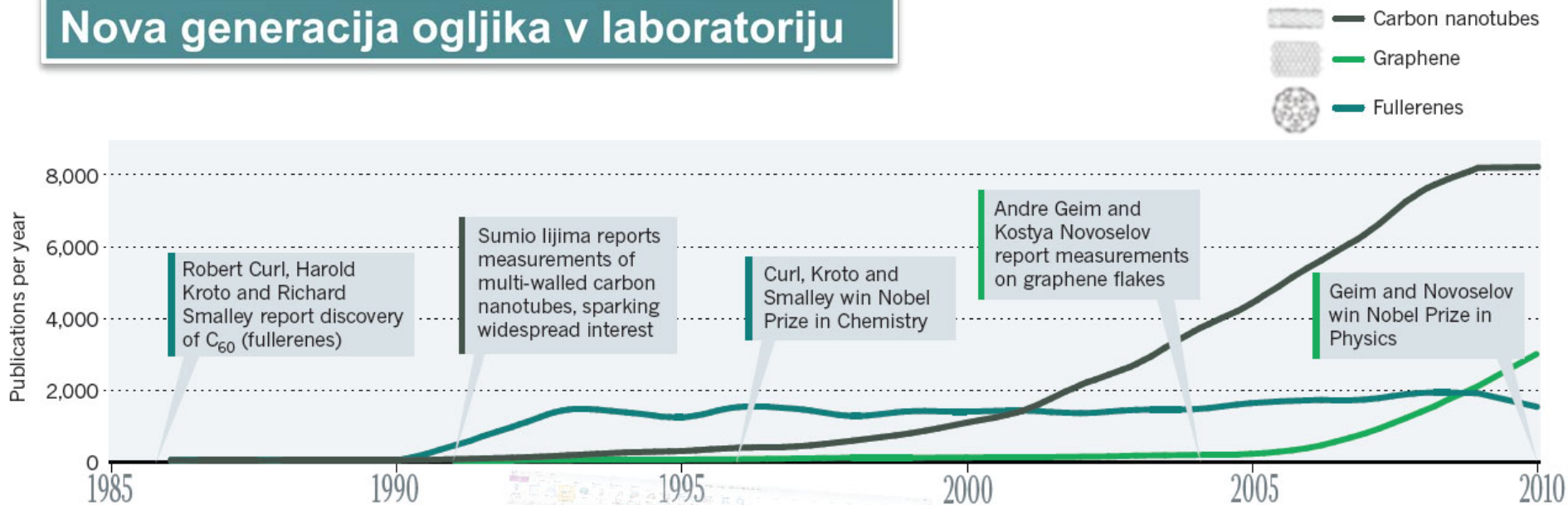
Odkrite 1991 (1952)



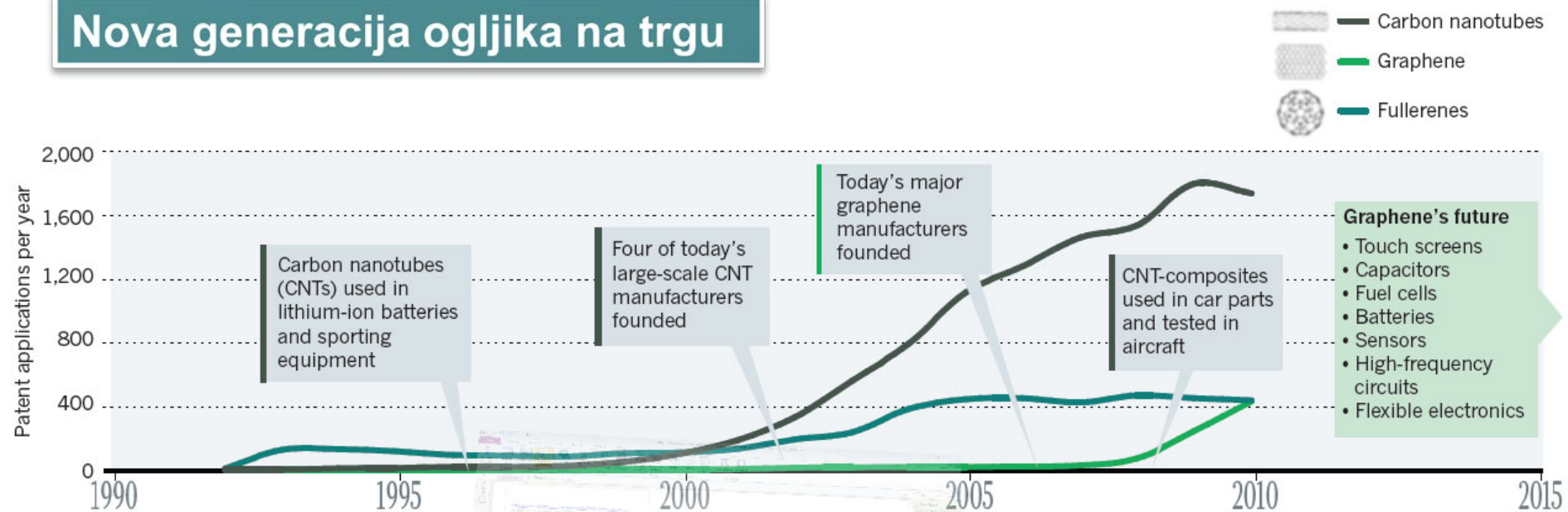
Odkrit 2004  
Nobelova nagrada  
2010



## Nova generacija ogljika v laboratoriju

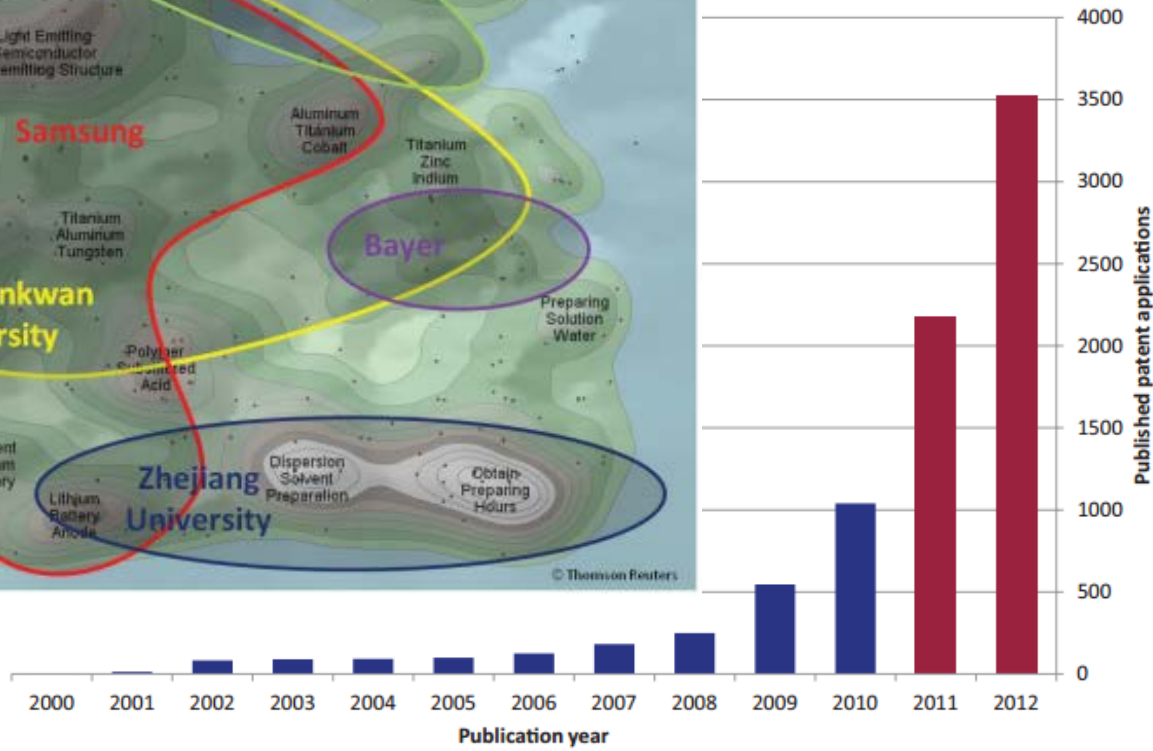
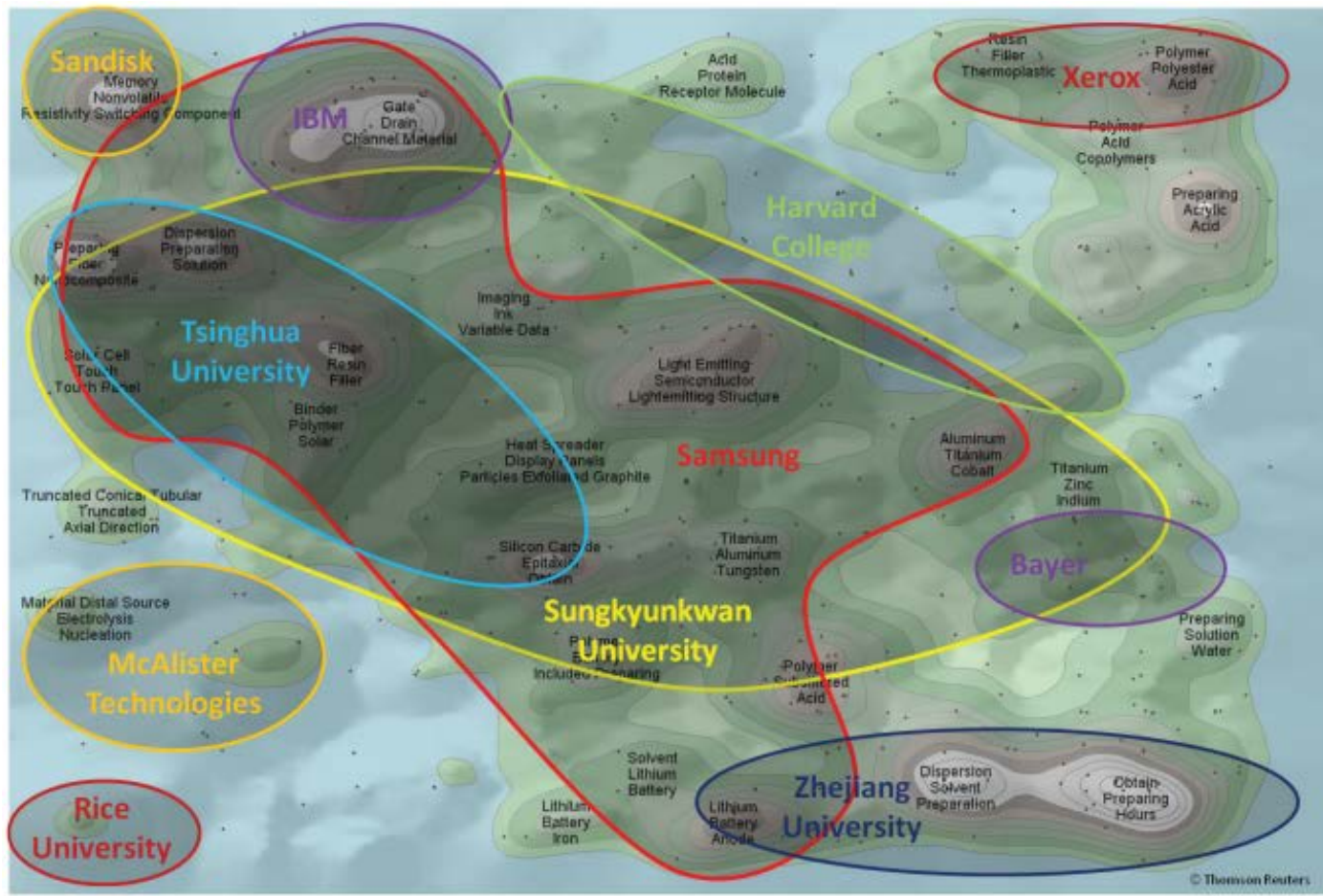


## Nova generacija ogljika na trgu



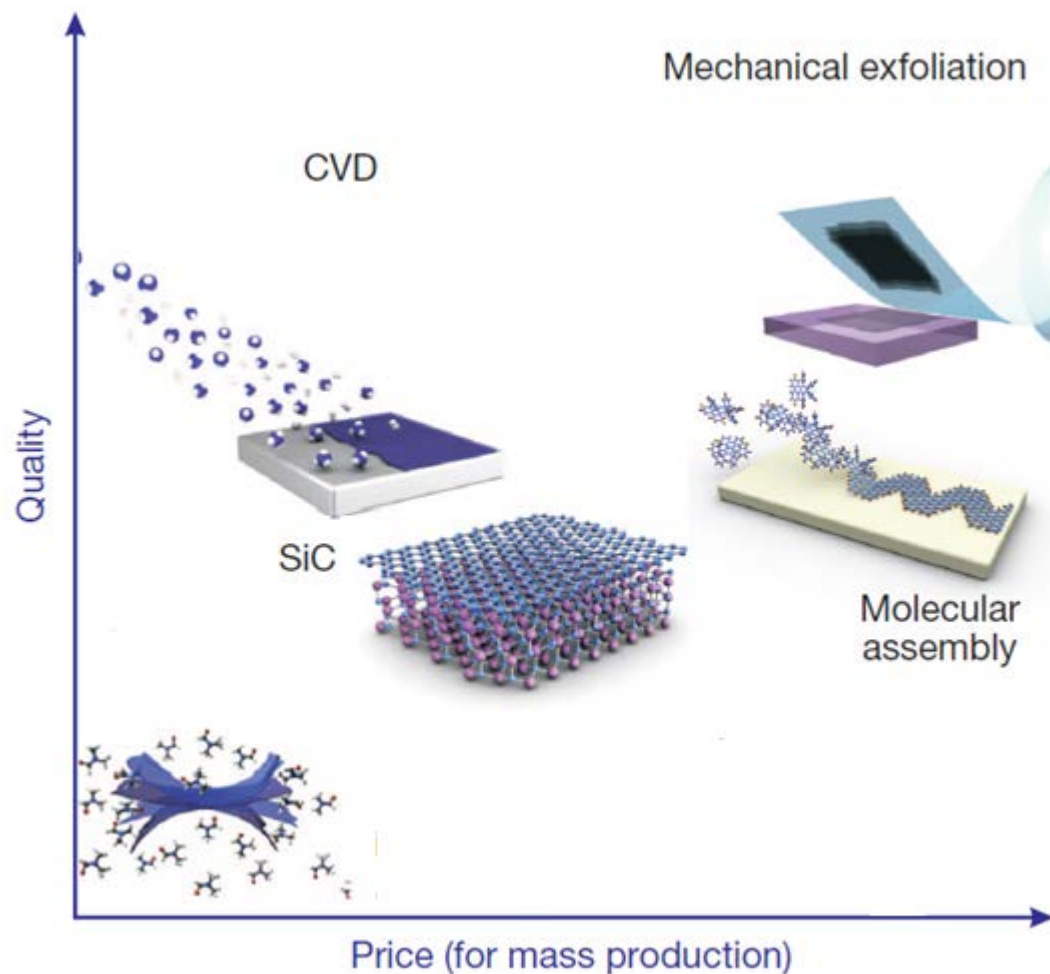


# Patentna pokrajina



<http://www.ipo.gov.uk/informatics-graphene-2013.pdf>

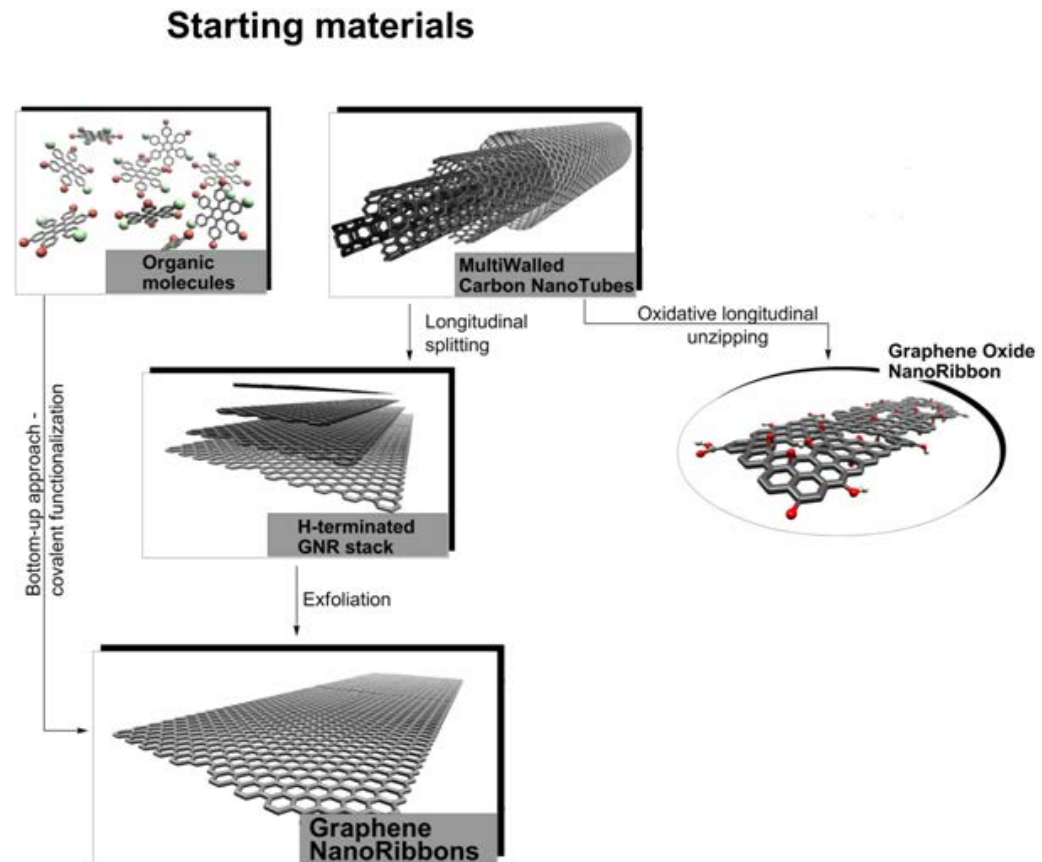
# Načini pridobivanja in cena



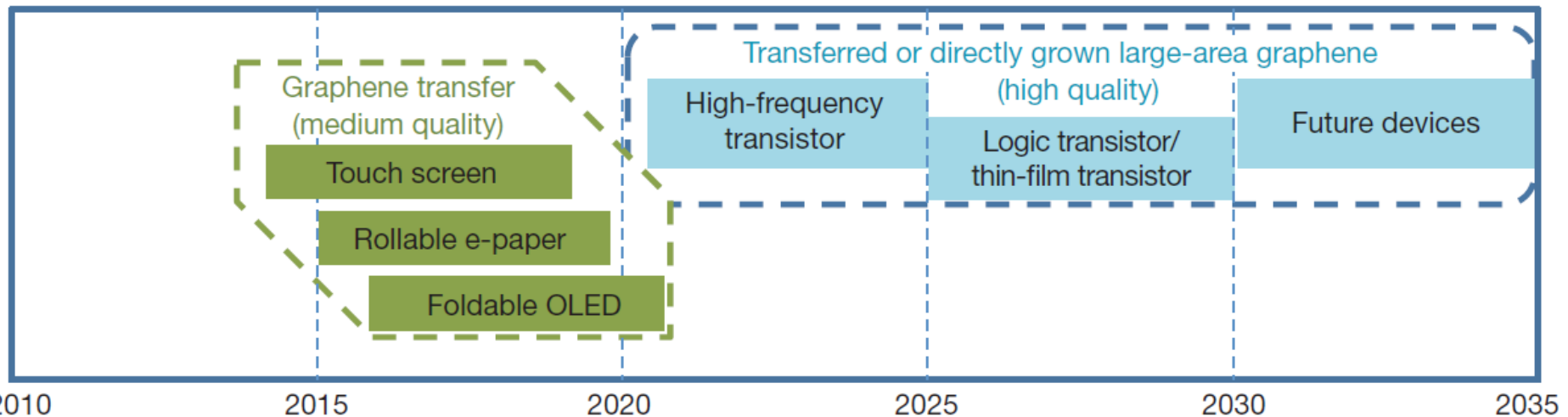
- cena pogosto F(kvalitete)
- najbolj kvaliteten grafen še ni komercialno dostopen
- mnogo novih metod je odkritih vsako leto

# Grafenski nanotrakovi

- tanki trakovi grafena
- imajo prepovedani pas
- kvaliteta odvisna od načina priprave
- običajno pridobljene iz ogljikovih nanocevk



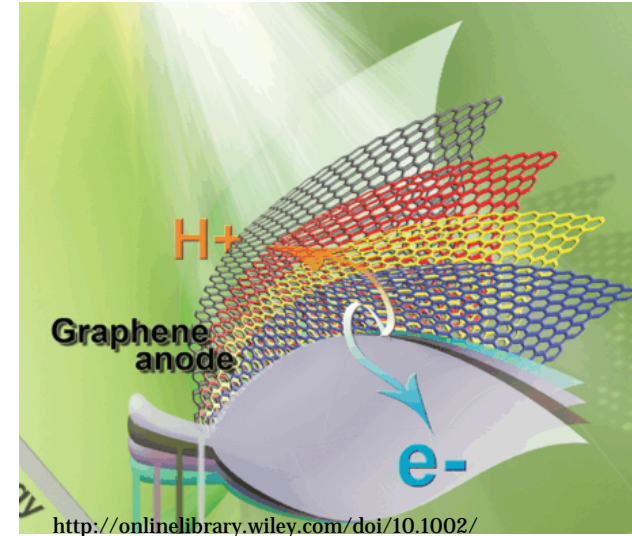
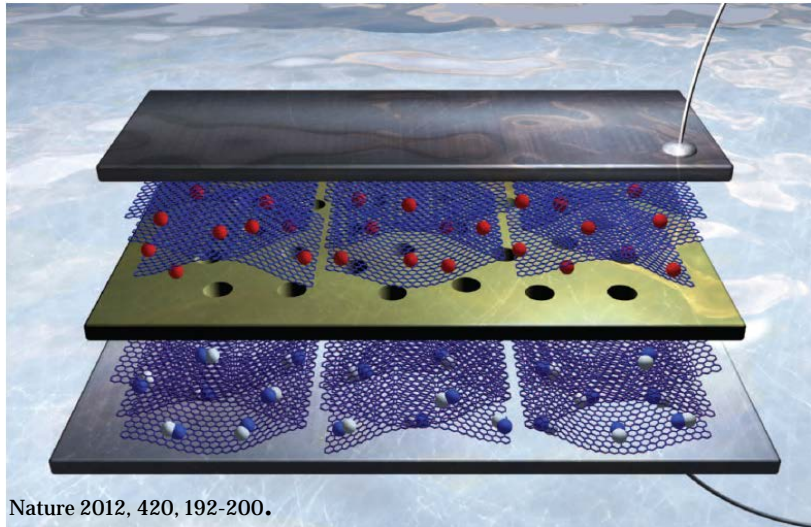
# Uporaba v elektroniki



Nature 2012, 420, 192-200.

- prve aplikacije v gibljivi elektroniki
- uporaba grafena v tranzistorjih je malce bolj oddaljena

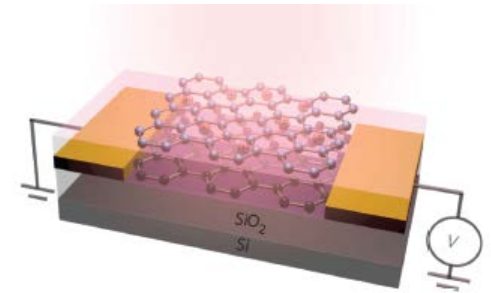
# Uporaba v napravah za shranjevanje in pretvorbo energije



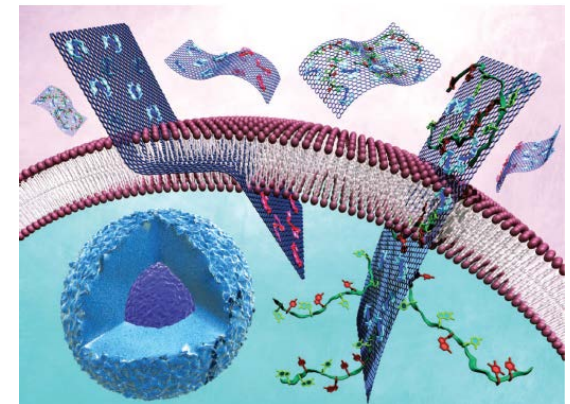
- za izboljšanje prevodnosti v akumlatorjih
- za uporabo v superkondenzatorjih
- upogljive solarne celice, nove solarne celice

# Druge aplikacije

- kompozitni materiali –povečevanje trdnosti
- protikorozijske, neprepustne plasti
- fotodetektorji
- različni senzorji
- uporaba v bioloških sistemih

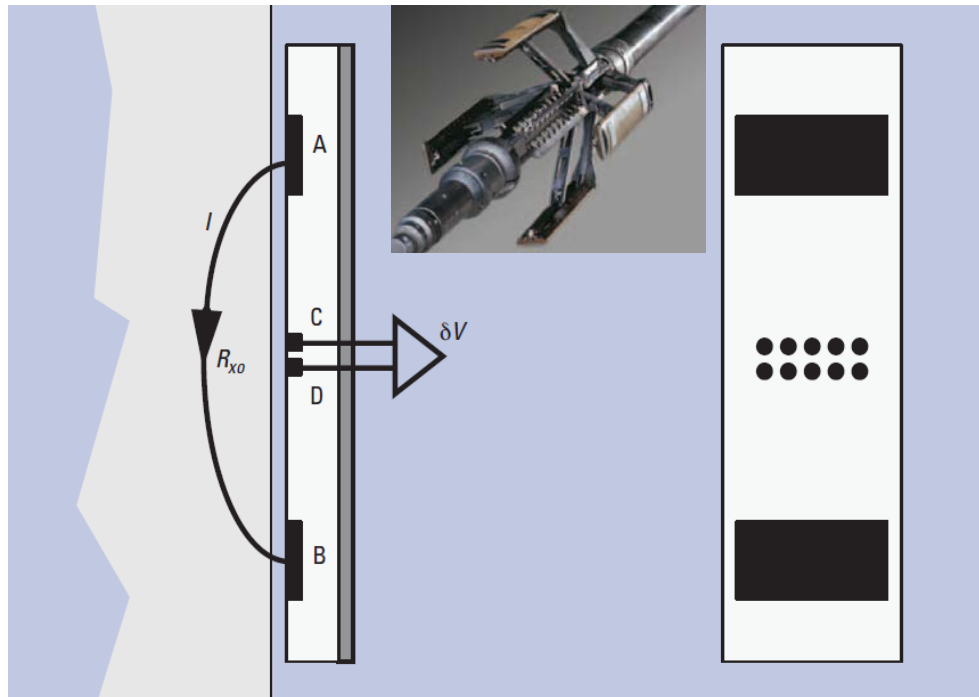


Nature Nanotechnology 2014, 9, 273-278.

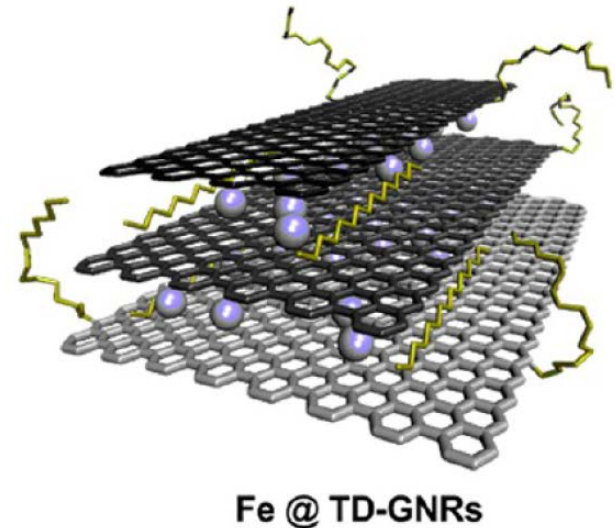


Nature 2012, 420, 192-200.

# Izboljšava prevodnosti vrtalne tekočine

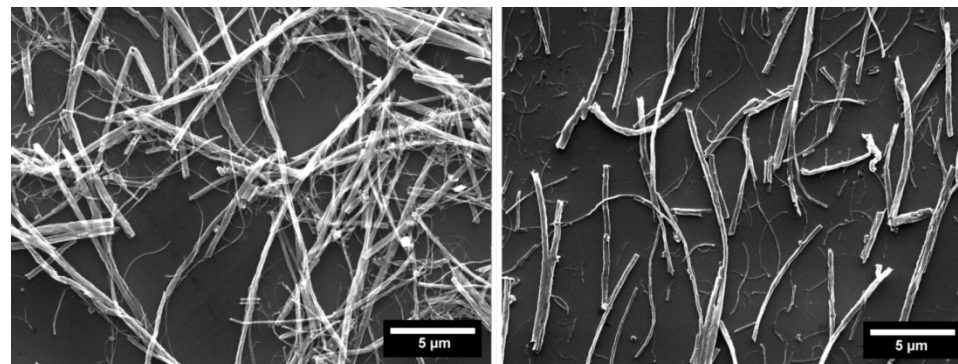
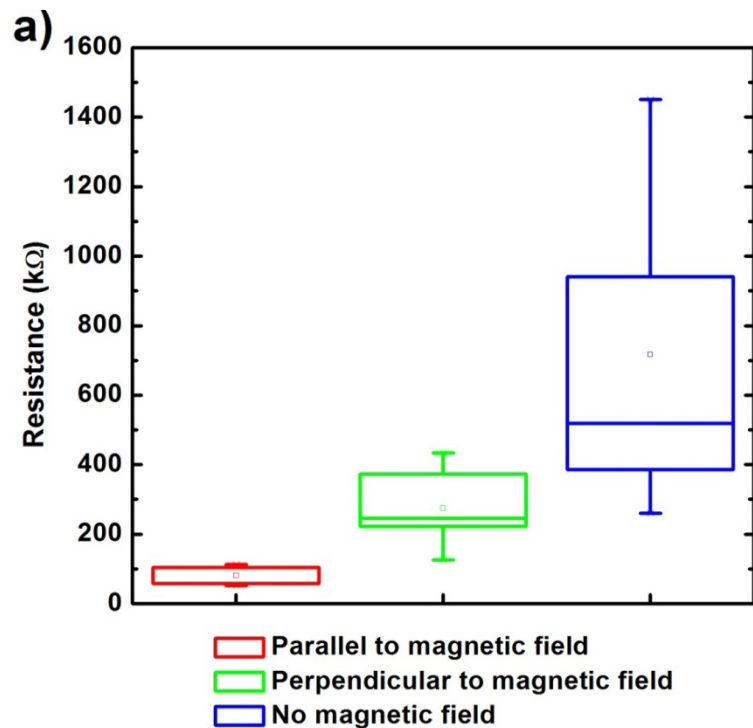
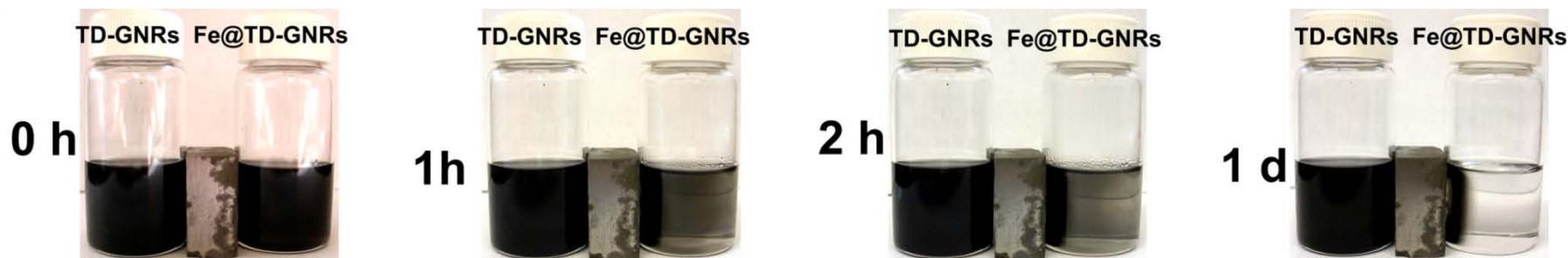


- težava s prevodnostjo vrtalne tekočine



- dodatek GNT funkcionaliziranih (R, Fe)

# Dodatek na osnovi funkcionaliziranih GNT



- v magnetnem polju se GNT uredijo
- občutna izboljšava prevodnosti



# Priprava plasti za odstranjevanje ledu

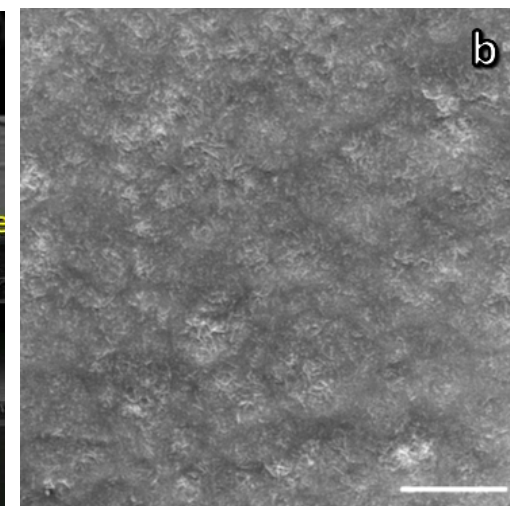
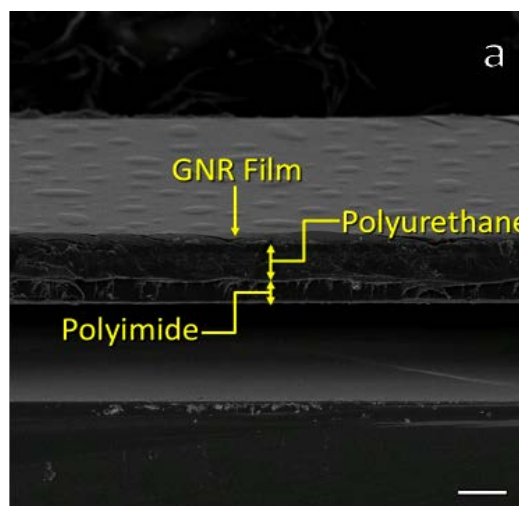
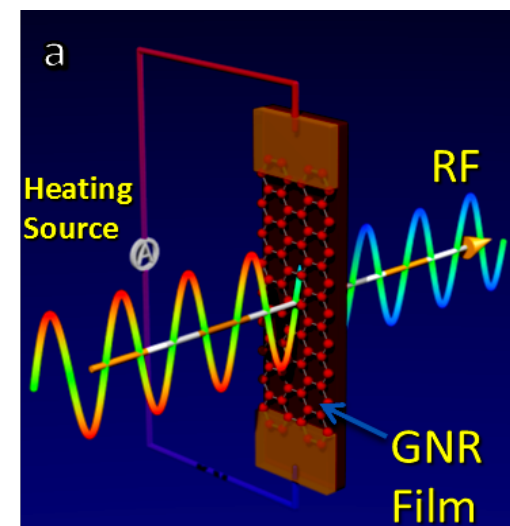
- se uporabljajo v ohišjih večjih radio frekvenčnih naprav
- običajno iz podpornega materiala in kovinske mreže
- kovina absorbira radio frekvenčne valove
- potrebna povečava ohišij



<http://training.deicinginnovations.com/?p=2017>

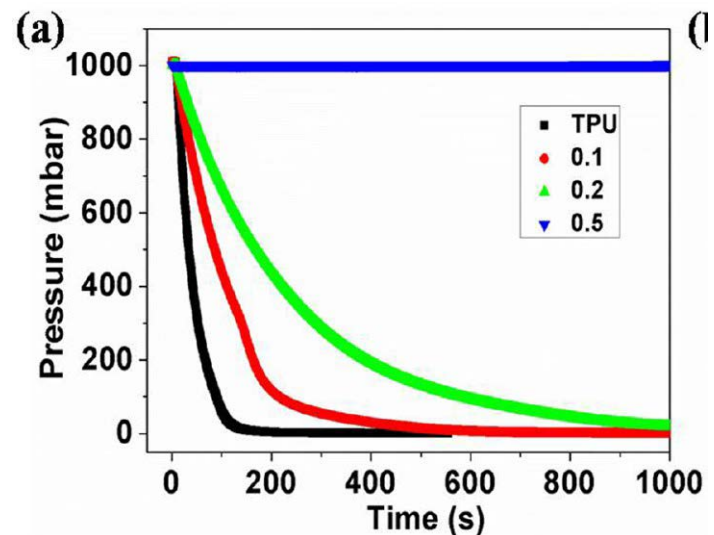
# Kompozitna plast s GNT

- tanka plast GNT ne absorbira RF valov
- uspešno odstranjuje led pri  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$

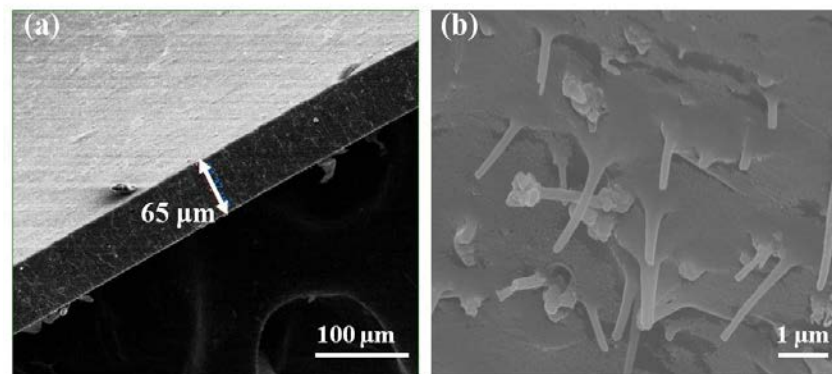


# Kompozit TPU in GNT

- dodatek GNT zmanjša efektivno difuzivnost in izboljša mehanske lastnosti
- 0,5 ut. % GNT zmanjša koeficient difuzivnost za  $10^3$
- uporaba v embalaži, novi lahki materiali za shranjevanje plinov

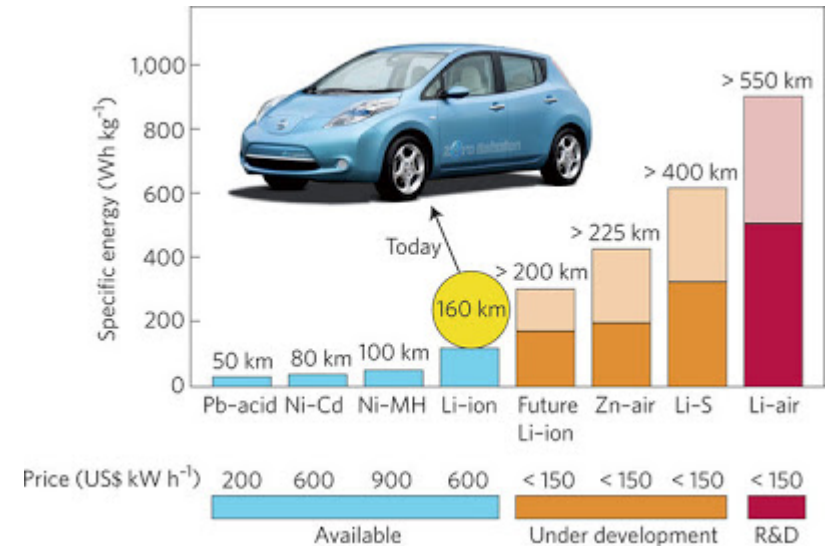


sample name	$D_{eff}$ ( $10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ )
TPU	3.90
TPU/0.1 wt % HD-GNRs	1.47
TPU/0.2 wt % HD-GNRs	0.65
TPU/0.5 wt % HD-GNRs	$2.97 \times 10^{-3}$



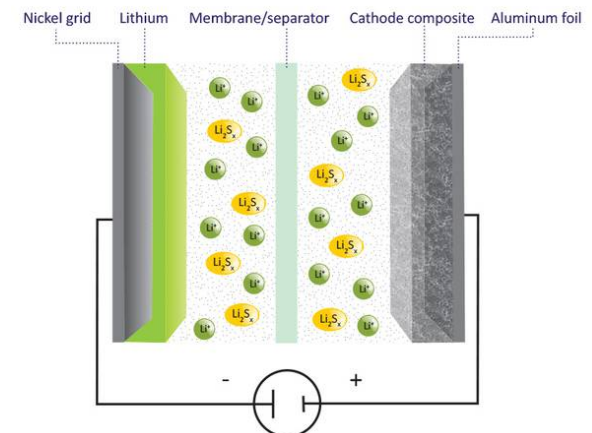
# Transport polisulfidov znotraj Li-S akumulatorja

- akumulator z več energije ob nižji ceni
- topnost vmesnih produktov pri praznjenju-polisulfidov
- transport polisulfidov povzroča pospešen propad akumulatorja



Nat. Mat. 2012, 11, 19-29.

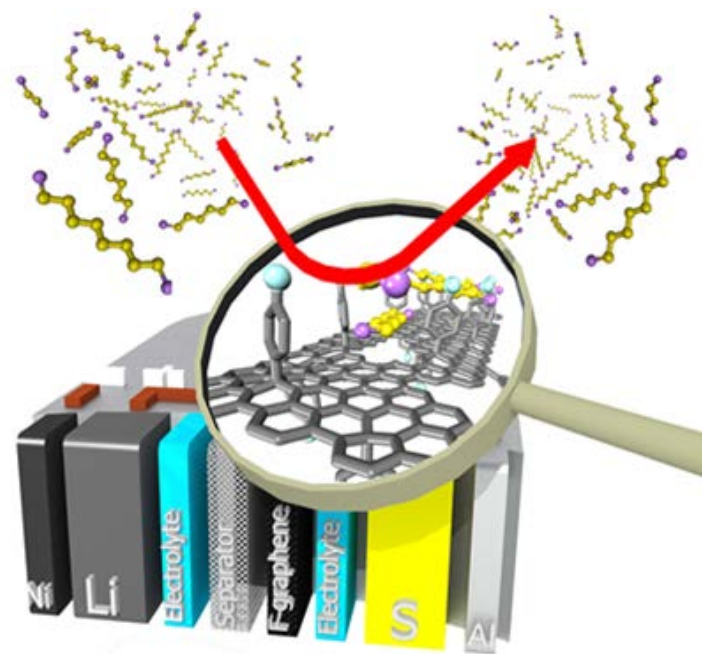
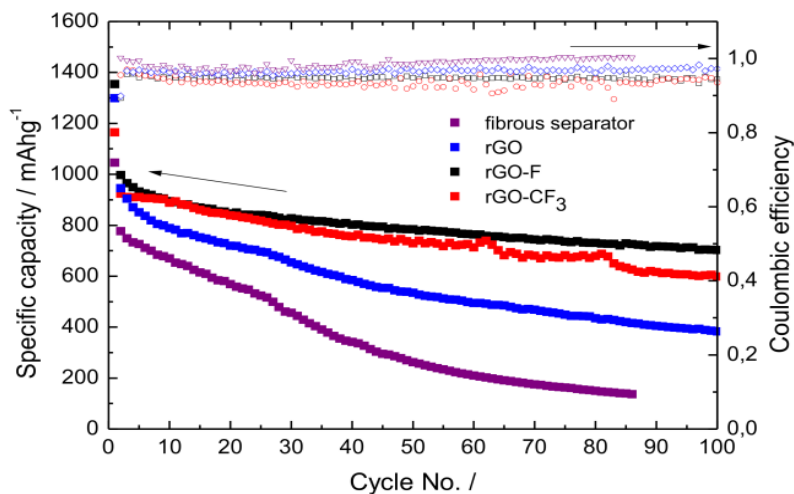
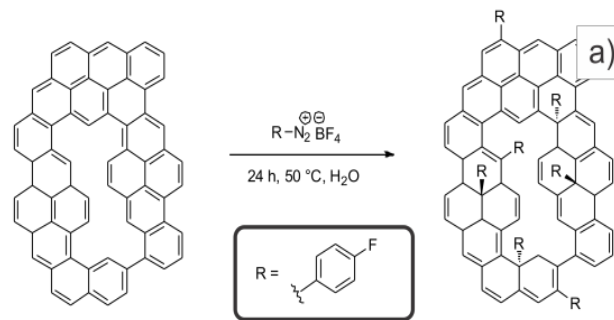
Charge / discharge  
polysulphide shuttle mechanism



<http://www.eurolis.eu/extras/lithium-sulphur-cell/>

# Delno selektivni separator na osnovi grafena

- vmesna plast pred separatorjem na osnovi funkcionaliziranega grafena
- zadržuje polisulfide
- upočasnjjen propad akumulatorja



# Zaključek

- Upamo, da bo grafen v prihodnosti res upravičil ime čudežni material.
- Časovni pojav izdelkov, ki vsebujejo grafen na trgu bo odvisen od kvalitete grafena, ki ga bodo potrebovali za izdelavo le-teh.
- Grafen bo nadomestil številne danes obstoječe materiale, hkrati pa bo tudi uporabljen v novih, še ne razvitih aplikacijah.

# Zahvala

- Republika Slovenija in EU za financiranje projektov
- sodelavci Laboratorija za kemijo materialov iz Kemijskega inštituta
- sodelavci Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologije – ATM katedre
- sodelavci Rice University

