

Kerámia-szén nanokompozitok vizsgálata kisszögű neutronszórással

Markó Márton ¹

Tapasztó Orsolya²
Csaba²

Tapasztó Levente²

Balácsi

¹MTA SZFKI

²MTA MFA

Tartalom

- 1 Nanokompozit kerámiák
- 2 Kiszögű neutronszórás alapjai
- 3 SANS-vizsgálatok

motiváció

Nanorészecskék módosító hatása a kerámiákban

Makroszkópikus tulajdonságok

- Elektromos vezetőképesség
- Hővezetőképesség
- Mechanikai tulajdonságok:
 - Keménység
 - Szilárdság
 - Rugalmasság
 - Felületi érdesség, súrlódási együttható

motiváció

Nanorészecskék módosító hatása a kerámiákban

Makroszkópikus tulajdonságok

- Elektromos vezetőképesség
- Hővezetőképesség
- Mechanikai tulajdonságok:
 - Keménység
 - Szilárdság
 - Rugalmasság
 - Felületi érdesség, súrlódási együttható

Szükség van:

- Szerkezeti ismeretekre
Új mérési módszerekre
- A nanoszerkezet és a makroszkópikus tulajdonságok közötti kapcsolatra
- A nanoszerkezetet befolyásoló technológiákra

SIN-C

Kerámia összetétele

Kerámia

- Si_3N_4 mátrix
- $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{YO}_2$ adalék
- Szén nanorészecske módosítók

SIN-C

Kerámia összetétele

Kerámia

- Si_3N_4 mátrix
- $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{YO}_2$ adalék
- Szén nanorészecske módosítók

Módosítók (1-3 %)

- SWCNT (egyfalú nanocső)
- MWCNT (többfalú nanocső)
- FLG (néhány-rétegű grafén)

SIN-C

Nanoszerkezet

Kérdések

- Részecskék eloszlása
- Aggregátumok jelenléte
- Aggregátumok alakja, mérete

SIN-C

Nanoszerkezet

Kérdések

- Részecskék eloszlása
- Aggregátumok jelenléte
- Aggregátumok alakja, mérete

Vizsgálatok

- SEM (töret)
- SANS (tömbi)
- ?? (TEM, csiszolat, SAXS ...)

SIN-C

Nanoszerkezet

Kérdések

- Részecskék eloszlása
- Aggregátumok jelenléte
- Aggregátumok alakja, mérete

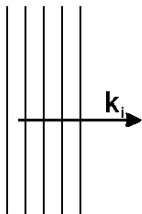
Vizsgálatok

- SEM (töret)
- **SANS (tömbi)**
- ?? (TEM, csiszolat, SAXS ...)

Small Angle Neutron Scattering

SANS

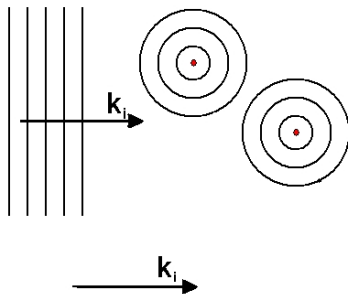
Diffrakció



Bejövő hullám: síkhullám



Diffrakció



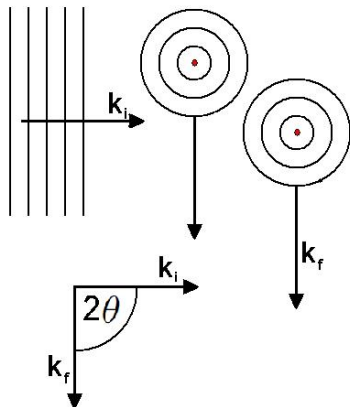
Bejövő hullám: síkhullám

Mintát leírja:

b - szóráshossz,

ρ - szóráshosszsűrűség

Diffrakció



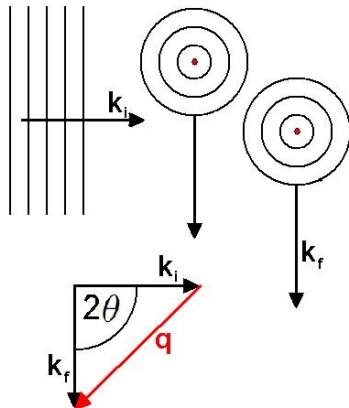
Bejövő hullám: síkhullám

Mintát leírja:

b - szóráshossz,

ρ - szóráshosszsűrűség

Diffrakció



Bejövő hullám: síkhullám

Mintát leírja:

b - szóráshossz,

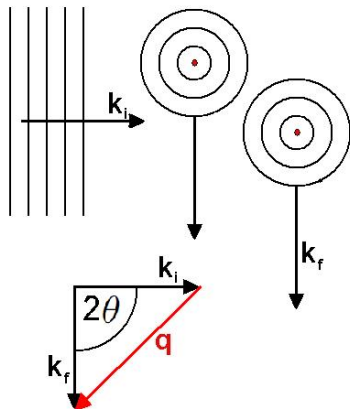
ρ - szóráshosszsűrűség

$$q = 4\pi \frac{\sin \theta}{\lambda}$$

Fáziskülönbség a detektorban: qr

$$\Psi(q) = \int \rho(r) e^{iqr}$$

Diffrakció



Bejövő hullám: síkhullám

Mintát leírja:

b - szóráshossz,

ρ - szóráshosszsűrűség

$$q = 4\pi \frac{\sin \theta}{\lambda}$$

Fáziskülönbség a detektorban: qr

$$\Psi(q) = \int \rho(r) e^{iqr}$$

$$I(q) = |\Psi(q)|^2 = \int \rho(r) e^{iqr}$$

$$\rho(r) = \langle \rho(R), \rho(R-r) \rangle_R$$

A szórt intenzitás a minta autokorrelációs függvényének
Fourier-Transzformáltja

Kisszögű szórás

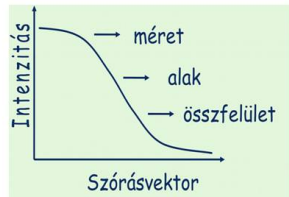
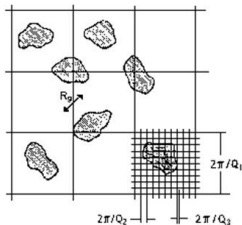
$$I(q) = |\Psi(q)|^2 = \int p(r)e^{iqr}$$

nanoméret: "nagy részecskék" \rightarrow kis q

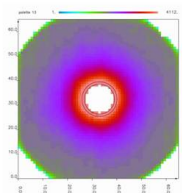
$$q = 4\pi \frac{\sin \theta}{\lambda}$$

nagy hullámhossz - kis szórási szög

Kisszögű szórás



Szóró objektum:



- méret, méreteloszlás
- alak
- részecskék közti korreláció
- összfelület
- orientáltság
- mágneses szerkezet

Kisszögű szórás

Fraktálszerű eloszlás

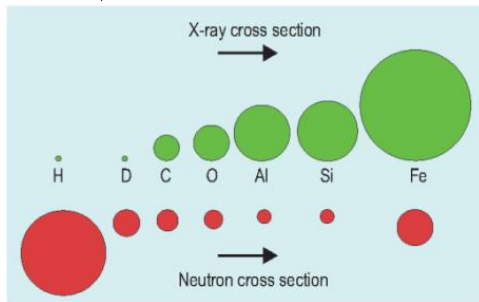
- Bizonyos mérethatárok között önhasonló rendszer
- Exponenciális lecsengés a szórásfüggvényben (Porod-törvény)

$I(q) = Aq^{6-D}$ Felületi fraktál D-fraktáldimenzióval

$I(q) = Aq^D$ Térfogati fraktál D-fraktáldimenzióval

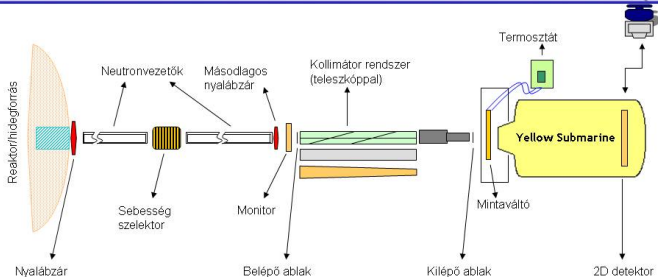
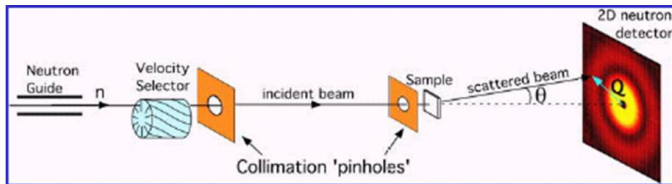
Neutron

- Izotópzérkenység (izotóp helyettesítés)
- Mágneses érzékenység
- Könnyű elemek vizsgálata
- Roncsolásmentes,ismételhető



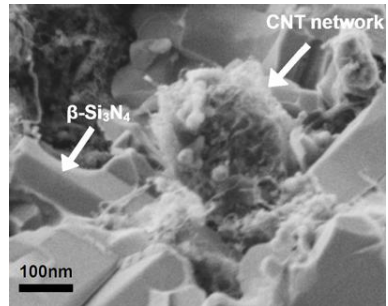
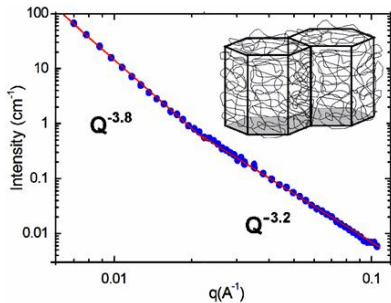
Yellow submarine

Kisszögű szórásvizsgáló berendezés



Mérések

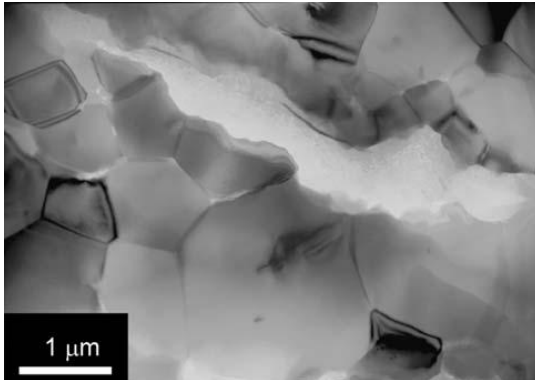
SWCNT



O. Tapasztó et al. Appl. Phys. Lett. 93, 201910 (2008)

Felületi fraktál - SWCNT agglomerátumok vékony rétegben hálózatban helyezkednek el a kristallitok felületén

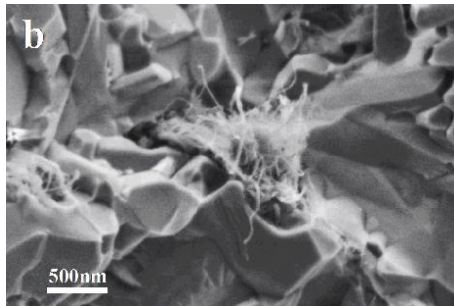
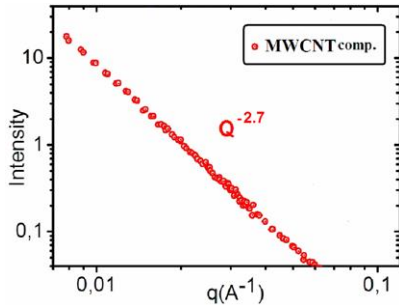
SWCNT



E. Zapata-Solvas et al. J. Mater. Sci. 45, 2258 (2009)

Felületi fraktál - SWCNT agglomerátumok vékony rétegben hálózatban helyezkednek el a kristallitok felületén

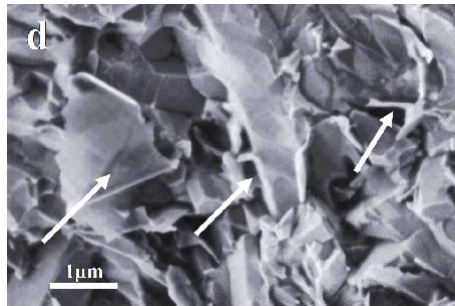
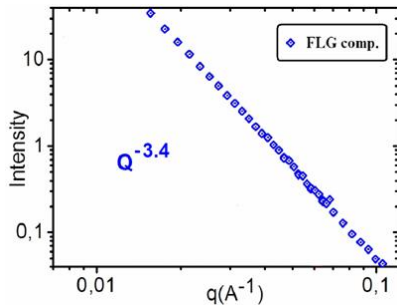
MWCNT



O. Tapasztó et al. Chem. Phys. Lett. 511, 340 (2011)

Térfogati fraktál - MWCNT agglomerátumok a kristalitok között

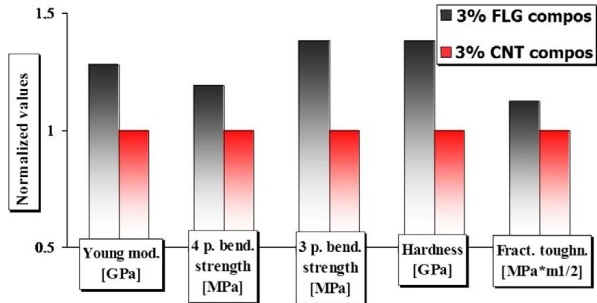
FLG



O. Tapasztó et al. Chem. Phys. Lett. 511, 340 (2011)

Felületi fraktál - Egyedüli FGL darabok a kristalitok felületén laza hálózatban

Mechanikai tulajdonságok tükrözik a diszpergáltságot



Összefoglalás

- A SANS jó mérési módszernek bizonyult a nanokompozit kerámiák szerkezetének vizsgálatában
- Teljes vizsgálathoz kisebb q szükséges (VSANS, USANS)
- Korrelációt találtunk a nanoszerkezet és a mechanikai tulajdonságok között

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET