

*Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Anyagtudományi és
Diffrakciós Szakcsoportjának Őszi Iskolája
2012.10.03. Mátrafüred*

Amorf fényérzékeny rétegstruktúrák fotonikai alkalmazásokra

Csarnovics István

Debreceni Egyetem, Fizika Intézet, Kísérleti Fizikai Tanszék



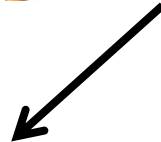
Amorf fényérzékeny rétegstruktúrák fotonikai alkalmazásokra

Tartalom

- Miért épp a kalkogenidek?
- Kalkogenid üvegek, mint funkcionális anyagok: tulajdonságok, alkalmazások.
- Optikai írás, tárolás fajtái és jellemzői.
- Technológia.
- Fényindukált változások.
- Plazmon hatás vizsgálata.

Mik is azok a kalkogenidek?:

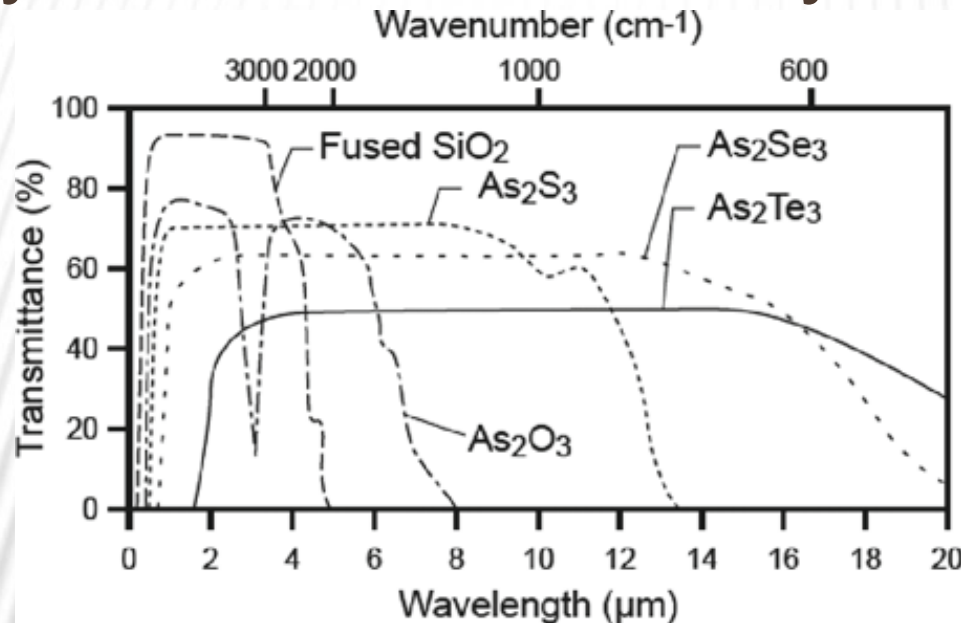
A **S**, **Se** és **Te** vegyületei. Amorf kalkogenidek - olyan nem oxid üvegek, vagy amorf rétegek, amelyek a periódusos rendszer IV és V főcsoportjába tartozó elemek vegyületei (**As_2S_3** , **As_2Se_3** , **Sb_2S_3** , **GeS** , **$\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$**), illetve több komponenses keverékei. Ezek mind különböző tiltott sávval rendelkező félvezetők.



Vékony rétegek
és struktúrák

Tulajdonságok és alkalmazási területek 1

✖ A fény infravörös tartományában áttetszők



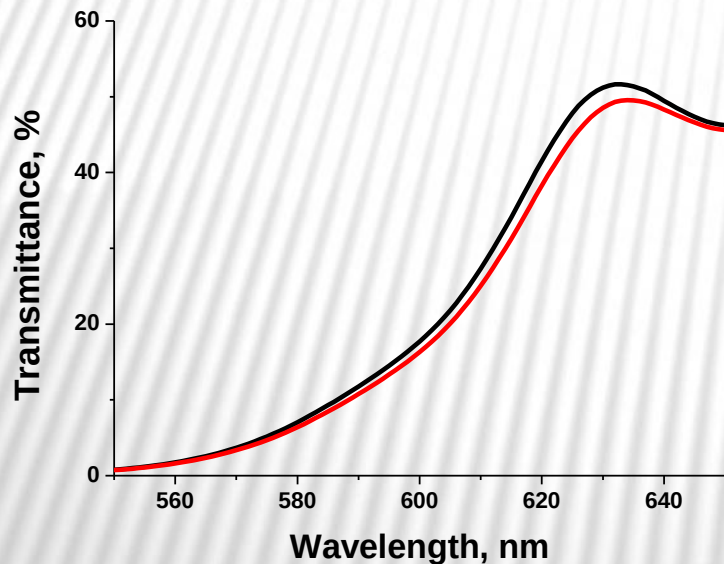
Infravörös optikai – és szenzorikai eszközök,
Anti-reflexiós rétegek, éjjel látó eszközök,
optikai szálak, nem lineáris eszközök.

Tulajdonságok és alkalmazási területek 2

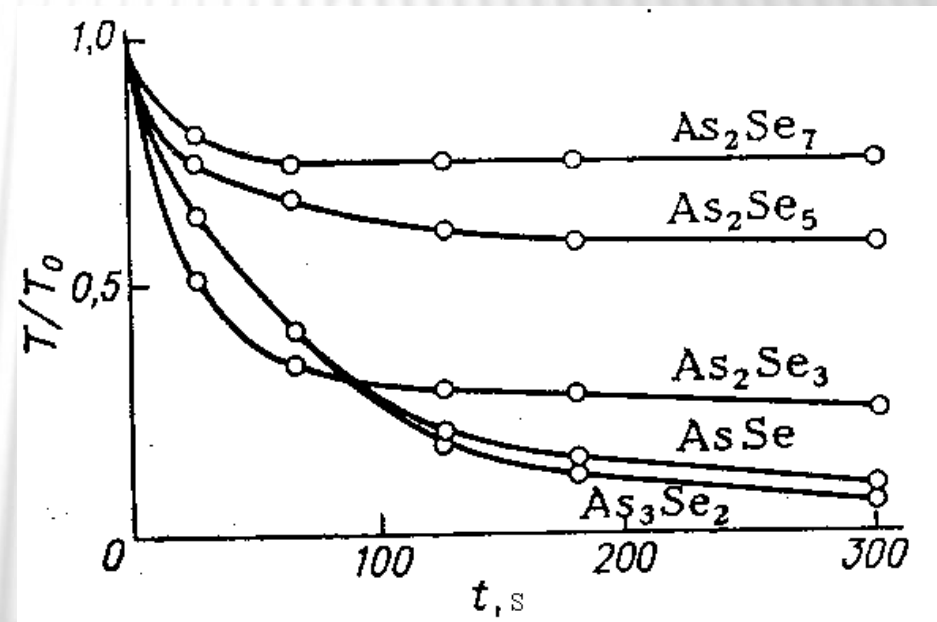
- Viszonylag magas ($n > 2$) törésmutatóval rendelkeznek – a fény infravörös tartományában használandó több rétegű tükrök, fotonikai kristályok, hullámvezetők, nem-lineáris optikai eszközök.
- Elnyelik a fényt annak látható tartományában – fotovezetők, optikai memória elemek, fotorezisztorok, holografikus eszközök.

Fény indukált változások 1.

- ✗ **Lokális sötétedés vagy világosodás ($\Delta\alpha, \Delta n$)** - a legszélesebb körben kutatott effektus – amplitúdó-fázis optikai relief jöhet létre.



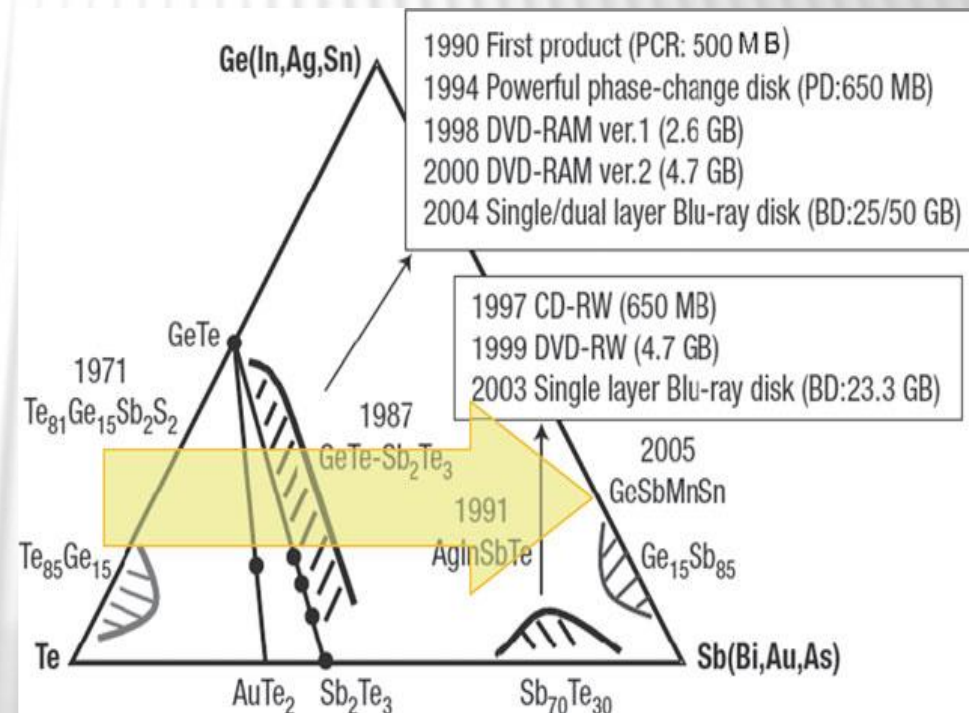
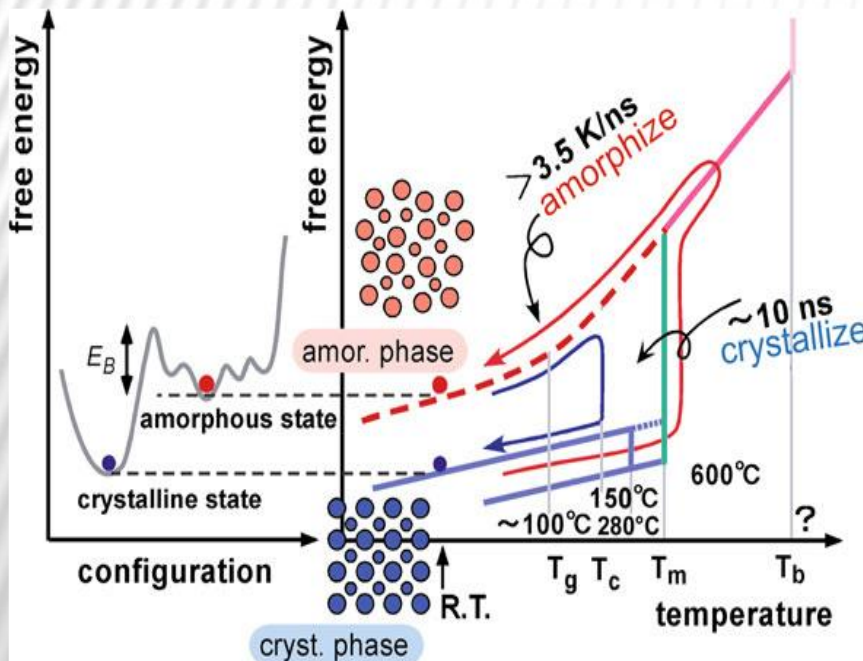
$$\Delta n/n = 1-5 \%$$



$$\Delta T/T = 5-80 \%$$

Fény indukált változások 2

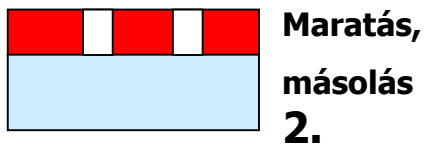
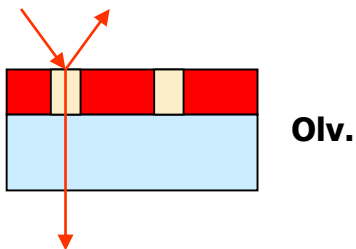
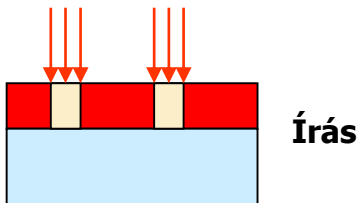
- ✗ **Lokális kristály-amorf fázisok közötti átalakulások - (ΔR)- a legszélesebb körben alkalmazott – amplitudó fázis optikai relief létrehozása - (RW CD, DVD)**



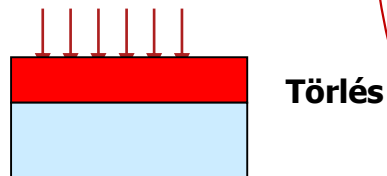
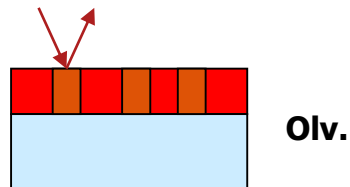
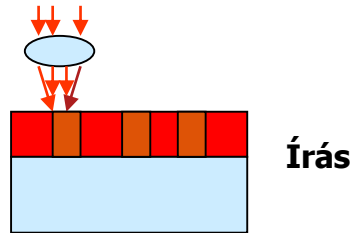
K. Tanaka, K. Shimakawa – Amorphous Chalcogenide Semiconductor and Related Materials, Springer, 2011.

Optikai írás fajtái, jellemzői

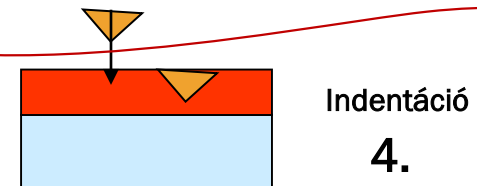
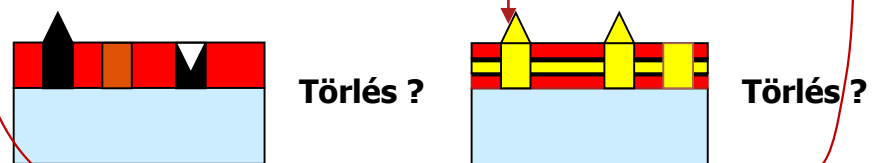
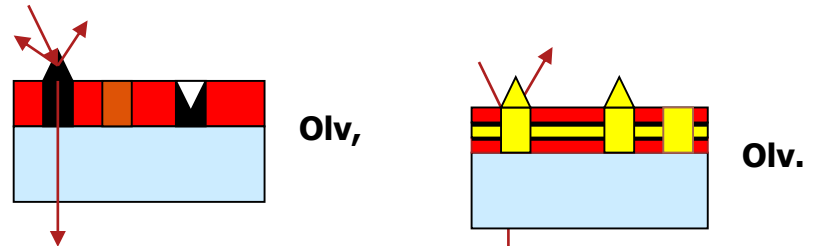
1.1. $\Delta\alpha, \Delta n, \Delta R$



1.2



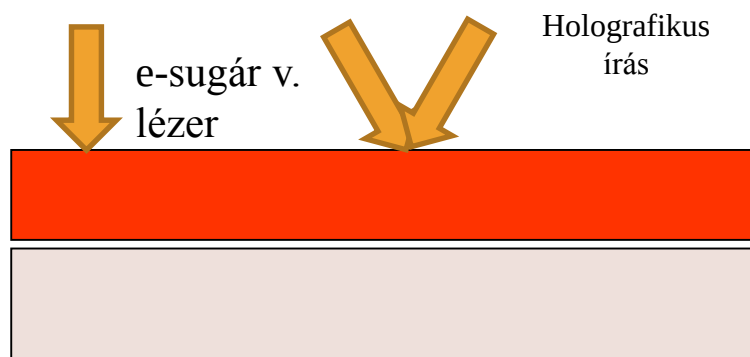
1.3. $\Delta\alpha, \Delta n, \Delta R, \Delta d$ **3.**



Anyagok és technológiák

Főképp $\text{As}_x\text{Se}_{100-x}$ ($0 \leq x \leq 60$) és $\text{As}_{40}\text{S}_{60}$ tömbi üvegekből állítottuk elő vékonyrétegeket termikus párologtatással üveg vagy más szubsztrátumra. De ezeken kívül vizsgáltunk más struktúrákat is.

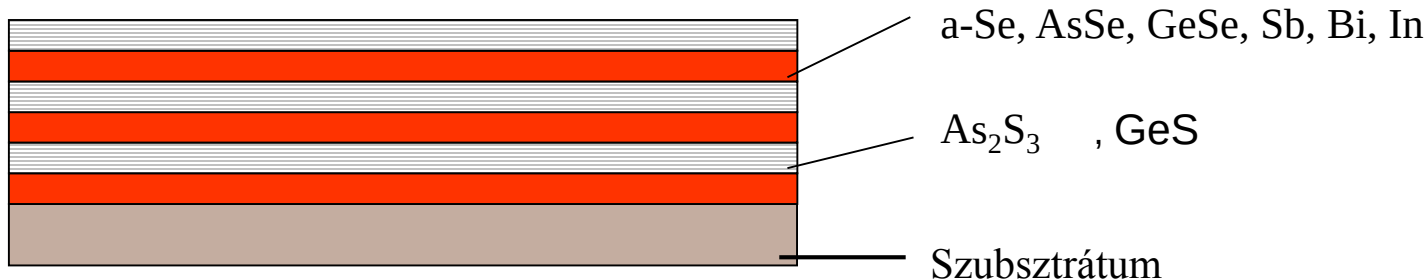
A vékonyrétegek vastagsága $0.2 - 3.0 \mu\text{m}$ volt. A hőkezelésüket a lágyulási hőmérséklet közelében végeztük. Az elektronsugaras kísérletekhez készített mintákat 50 nm vastagságú arany réteggel fedtük be.



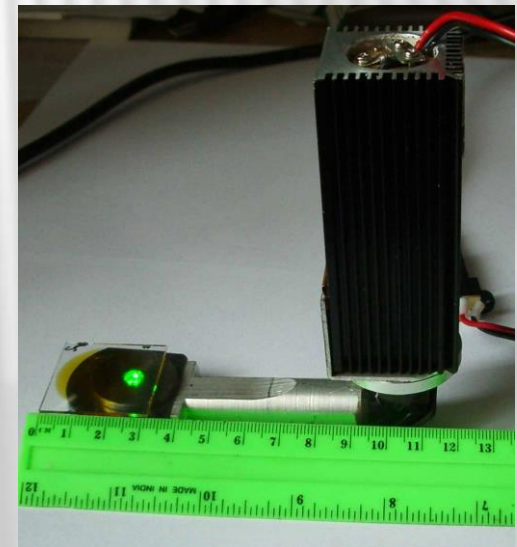
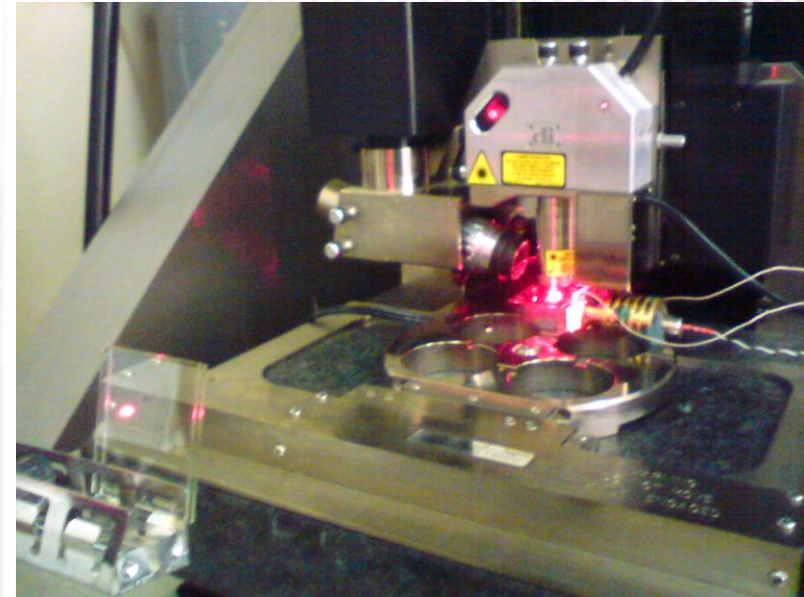
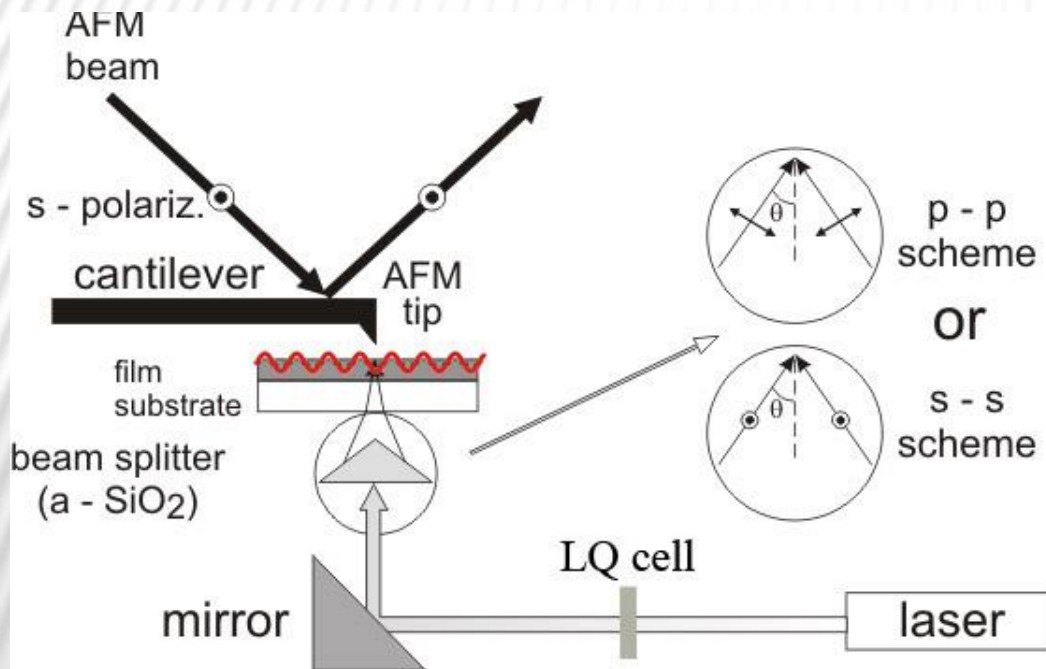
Kalkogenid réteg
Szubsztrátum

E-sugár: 5-30 kV, $I = 0.5-10 \text{ nA}$,
(Hitachi 4300 SEM), 10 nmre fókuszált
Lézerek: 535, 630 nm.
 $I = 0.3-50 \text{ W/cm}^2$

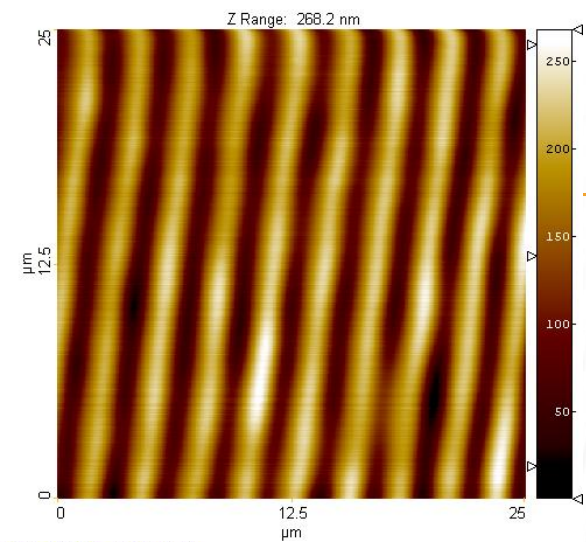
Amorf nanomultirétegeket számítógép vezérelt ciklikus termikus párologtatással hoztuk létre, melyek alapjául szintén ezek a kalkogenidek szolgáltak, valamint Sb és Bi. A struktúrák modulációs periódusa $\Lambda = 3-6 \text{ nm}$ volt, a teljes vastagsága pedig $0.5 - 1.5 \mu\text{m}$



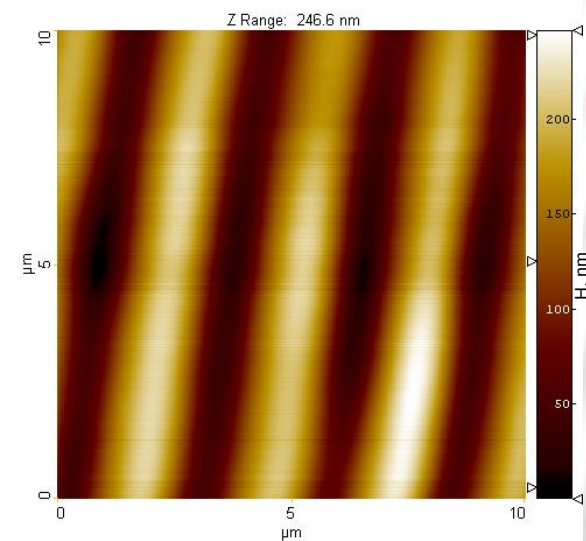
In situ felületi változások vizsgálata kalkogenid vékonyrétegekben



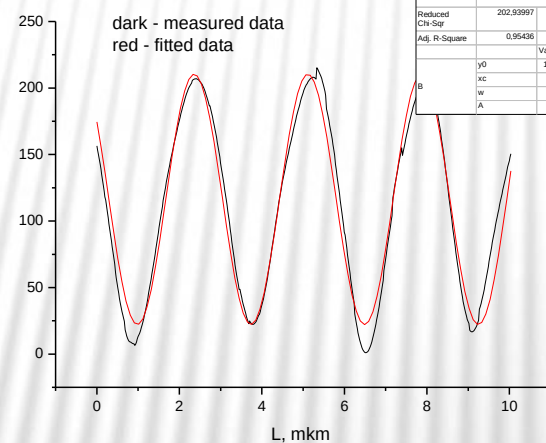
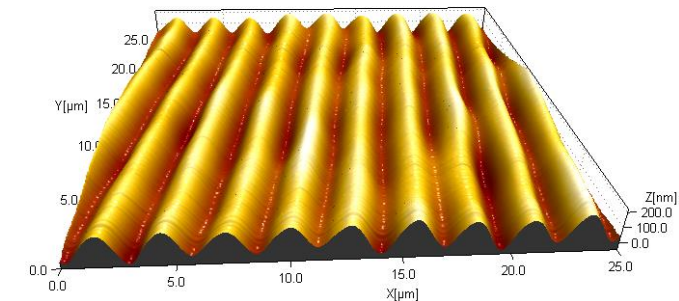
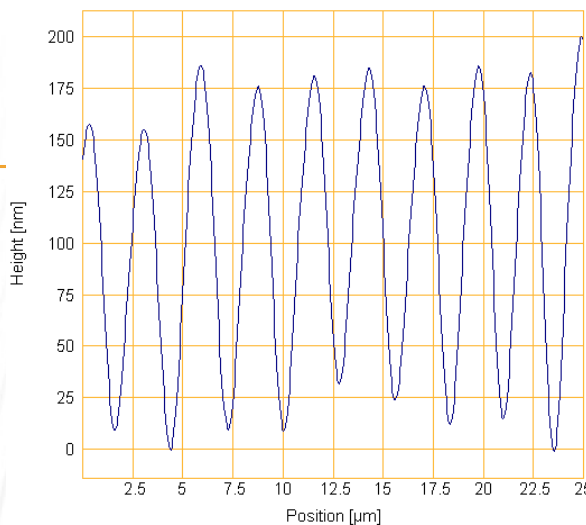
M. TRUNOV, P. LYTVYN, V. TAKATS, I. CHARNOVICH,
S. KOKENYESI, Journal of Optoelectronics and
Advanced Materials 12 (2009) 1959



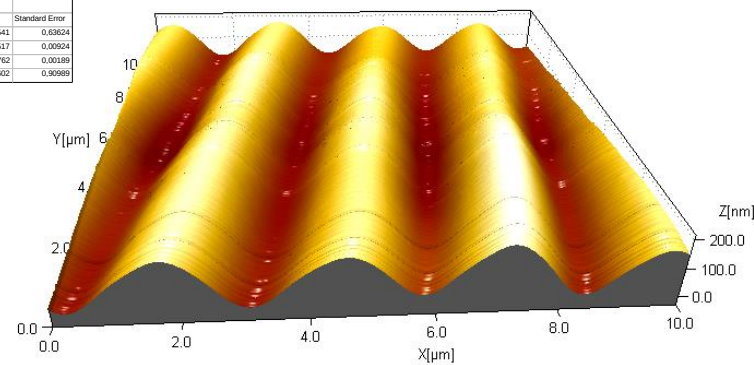
misa_2008_09_16.014.urh90



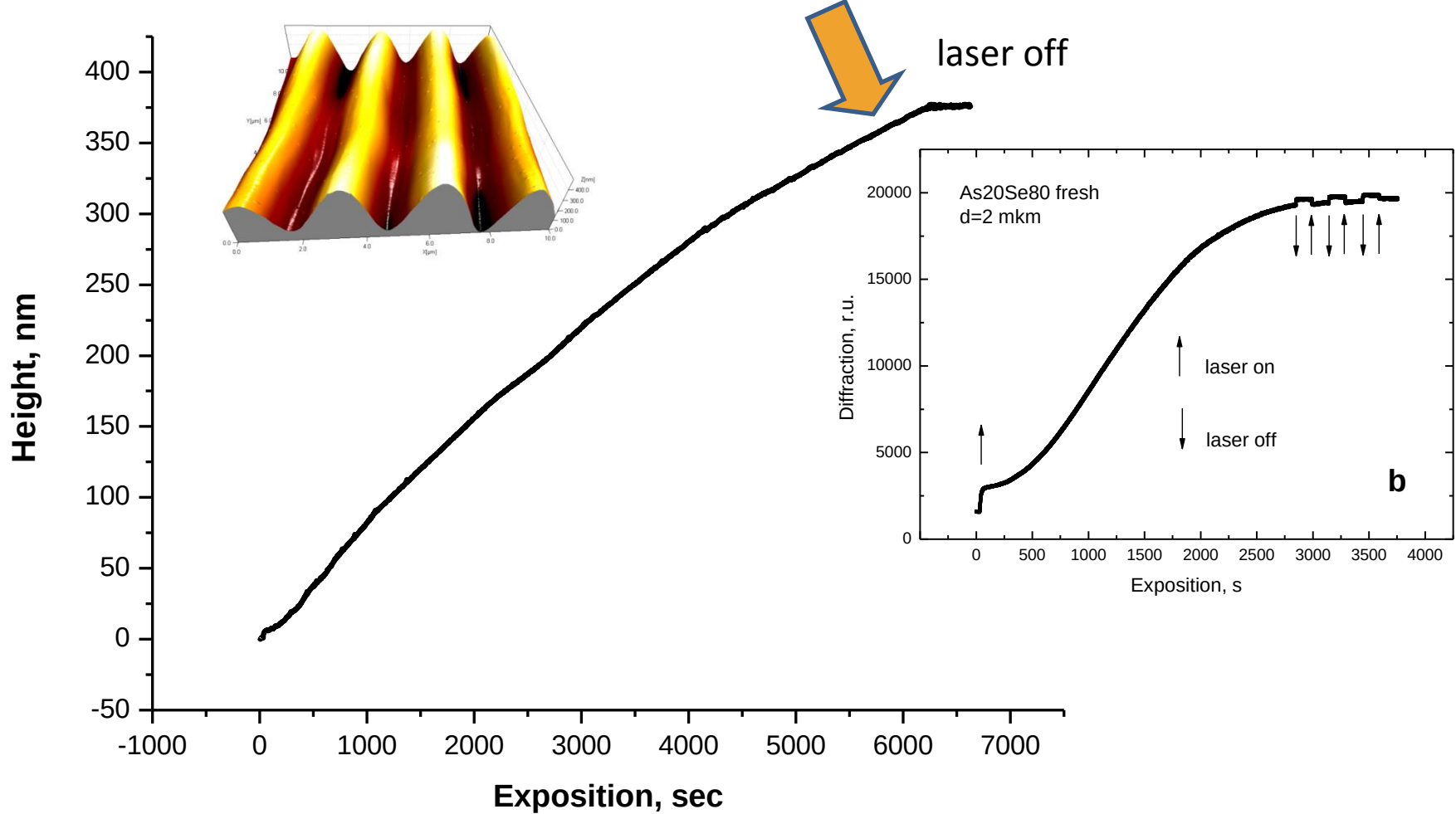
Line No: 256



Model	Sine		
Equation	$y=y_0+A*\sin(p*(x-xc)/w)$		
Reduced Chi-Sqr	202.93997		
Adj. R-Square	0.95436		
	Value	Standard Error	
y0	116.33541	0.63624	
xc	-1.08517	0.00924	
w	1.37762	0.00189	
A	94.11602	0.90989	



2 μm vastagságú $\text{As}_{0.2}\text{Se}_{0.8}$ rétegen előállított holografikus rácsok atomerőmikroszkópos felvételei.

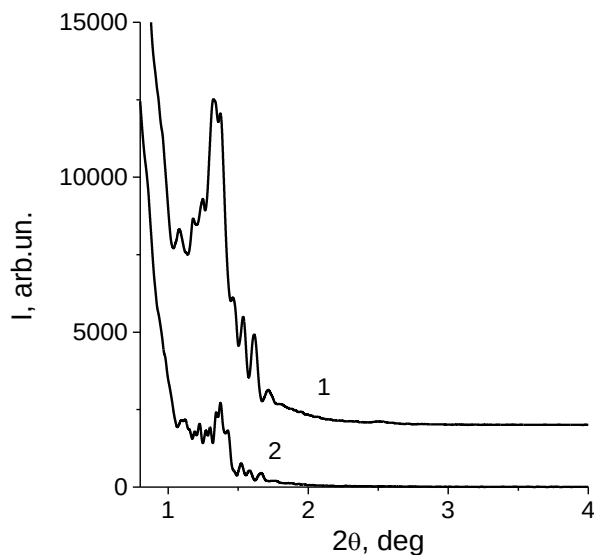


A holografikus rács kialakulásának és időbeli változásának vizsgálata in situ bevilágítás során 2 μm vastagságú As_{0.2}Se_{0.8} vékonyrétegen.

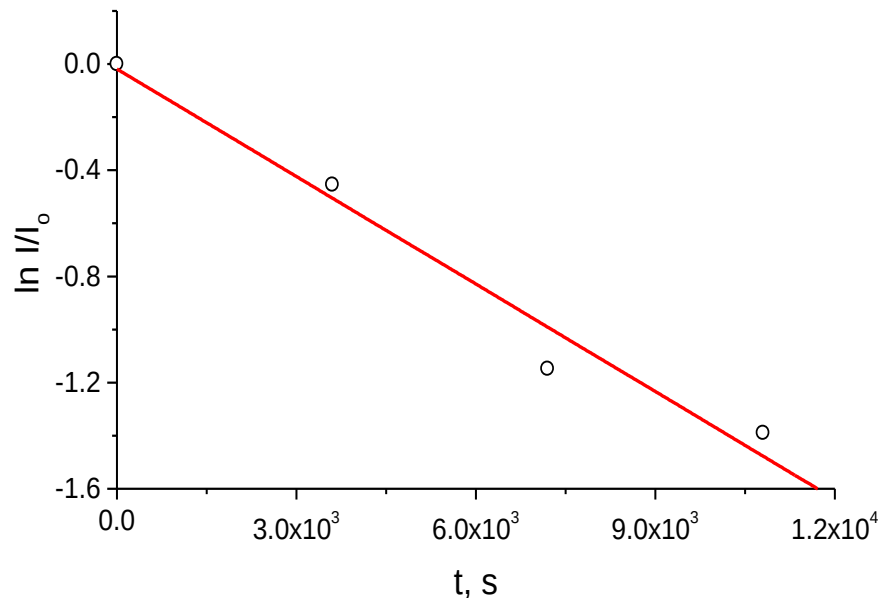
A rács magasságának időbeli változását összevetettük a rács diffrakciós hatásfokának változásával is.

A térfogat változásnak két komponense van: szabad térfogat változás és laterális tömegtranszport.

Stimulált tömeg transzport amorf nanomultirétegekben

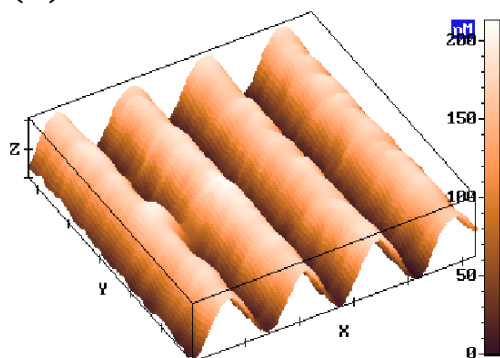


Se/As₂S₃ nanomultiréteg
XRD spektruma a
bevilágítás előtt (1) és után
(2)

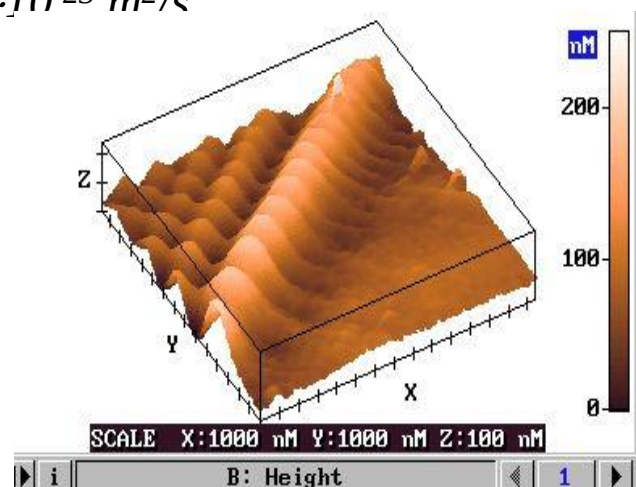


Diffúziós együttható He-Ne lézerrel ($P=0.1$ W/cm²) történő bevilágítás során :

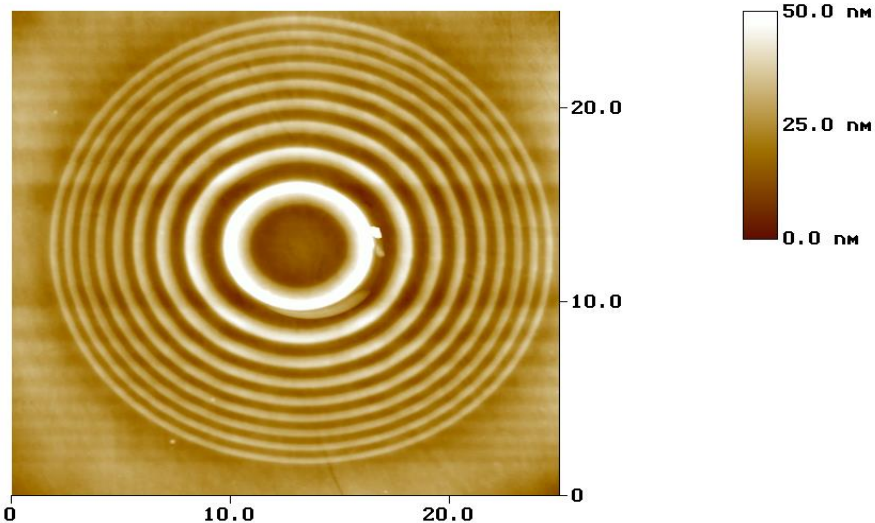
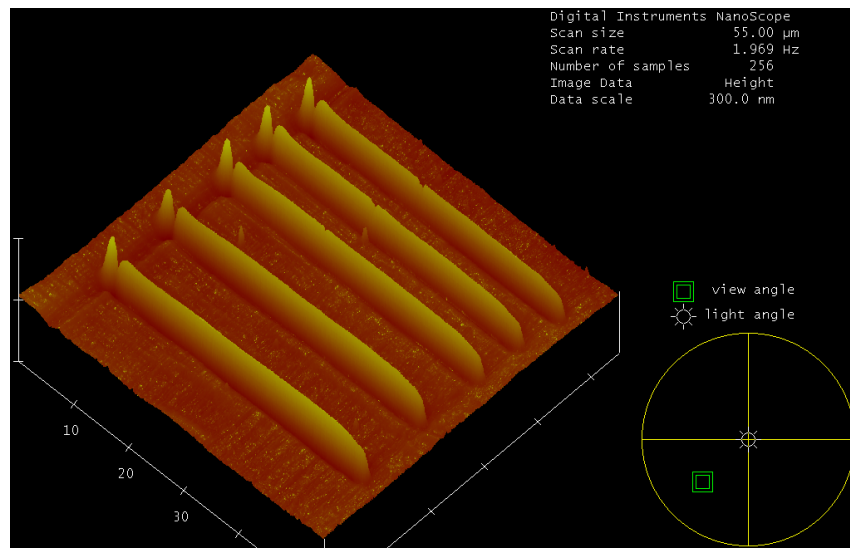
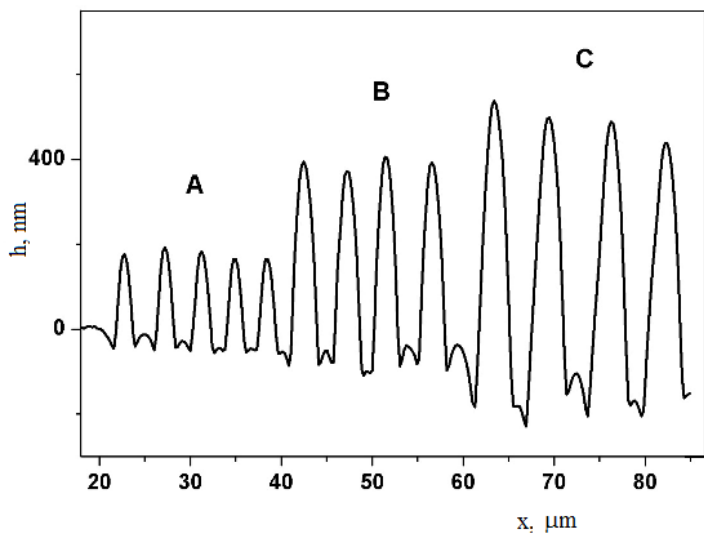
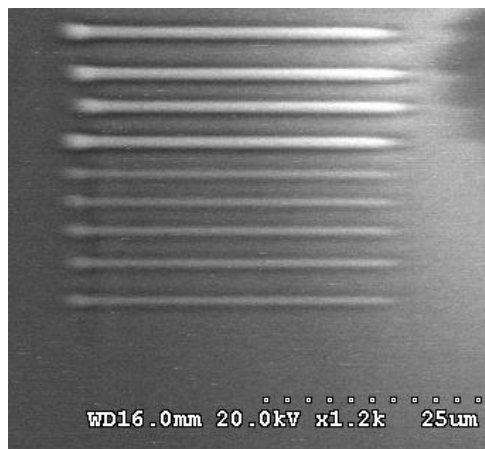
$$D = 7,2 \cdot 10^{-23} \text{ m}^2/\text{s}$$



$x = 1000 \text{ nm}$, $y = 1000 \text{ nm}$, $z = 100 \text{ nm}$



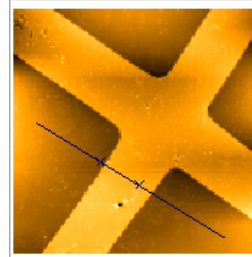
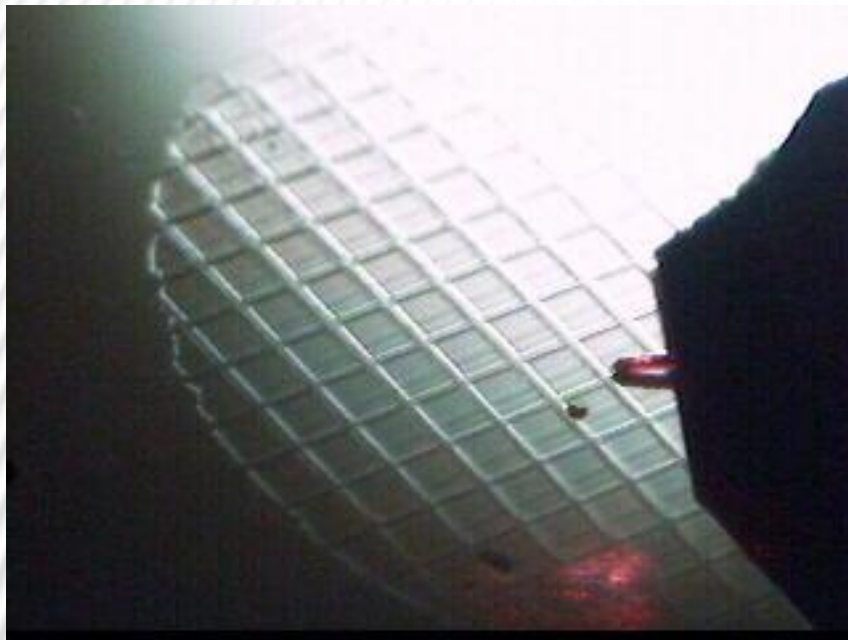
Elektron sugárral történő írás kalkogenid rétegekben



Az elektronsugár okozta változások profiljai a $\text{As}_{20}\text{Se}_{80}$ rétegen különböző bevilágítási idő alatt: 10 s (A), 30s (B) és 60 s (C). (20 kV, 7 nA)

A réteg felületének változásához a vízszintes (mikrométeres tartományban) és a függőleges (nanométeres tartományban) változás tartozik, A legjobb eredményeket a 2 μm vastagságú $\text{As}_x\text{Se}_{100-x}$ ($10 \leq x \leq 30$) és 3 μm $\text{As}_{40}\text{S}_{60}$ vékony rétegekben érték el. Az elektronsugaras írás (7 nA, 20 kV) gigantikus, 10-30 %-os felületi változásokhoz vezetett

Ion implantáció kalkogenid rétegekben



Line Width:
1 pts

Line Type:
☐ Hori ☐ Vert ☒ Var

Line 1: 105

Enlarge Image

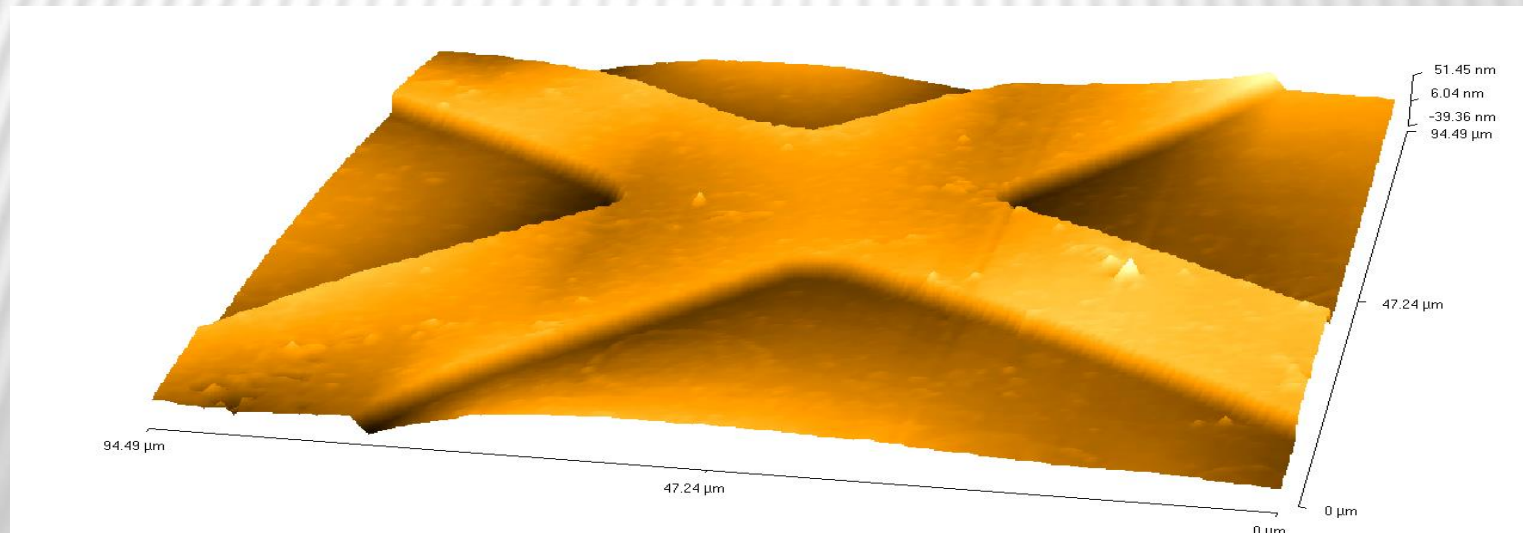
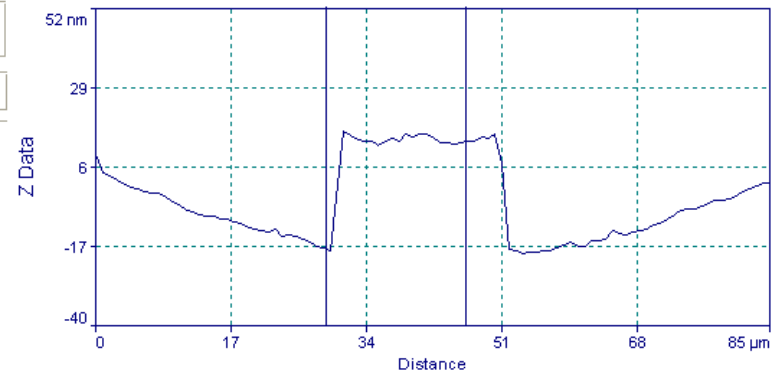
Exit

File Information:

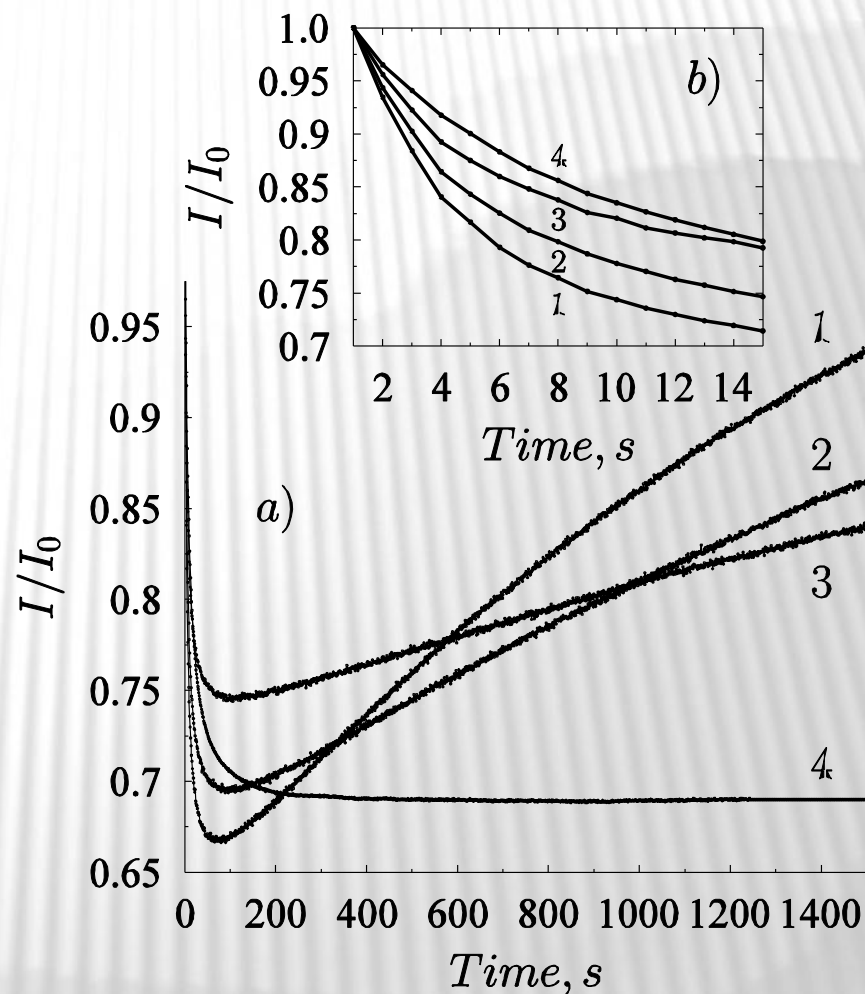
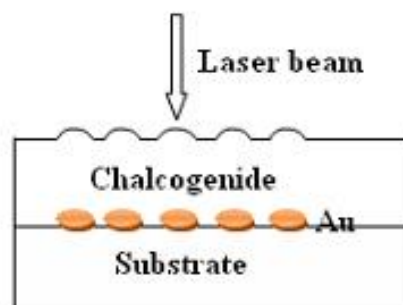
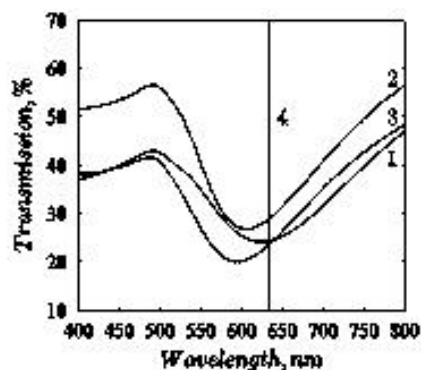
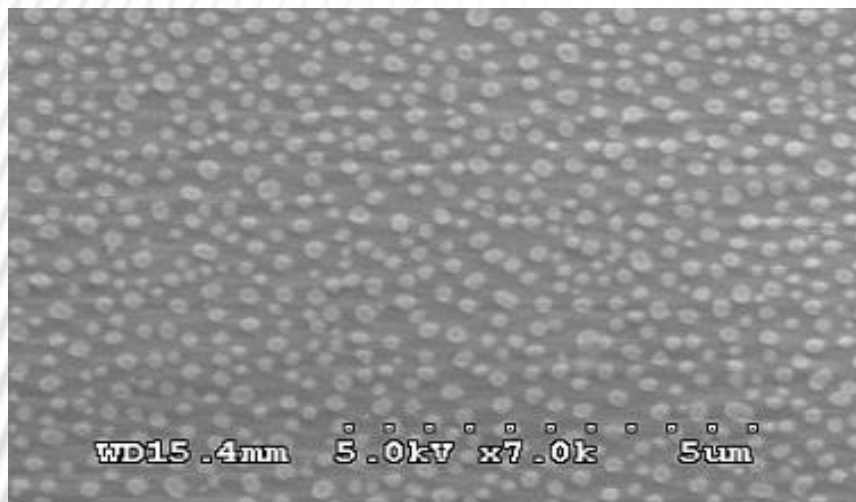
Zmin: -39.364 nm Zmax: 51.450 nm Scan Range: 94 μ m Resolution: 128 x 128

Result:

	Line1		Line2		Line3	
	IXI (μ m)	Z (nm)	IXI (μ m)	Z (nm)	IXI (μ m)	Z (nm)
Point1:	46.4	13.398				
Point2:	28.8	-17.047				
Diff:	-17.6	-30.445				
Length:	17.581 μ m					
Pt Angle:	0.10°					



Plazmonok hatása a fotoindukált változásokban



Kalkogenid:

$$\Delta n/n = 0,5 \%$$

$$\Delta d/d = 4,3 \%$$

Kalkogenid + Arany nanorészecskék:

$$\Delta n/n = 1 \%$$

$$\Delta d/d = 8,2 \%$$

Köszönettel tartozom a velem együttműködő kollégáknak:

Dr. Kökényesi Sándor, Dr. Szabó István, Dr. Beke Dezső, Dr. Cserhádi Csaba, Dr. Csík Attila, Dr. Erdélyi Gábor, Dr. Takáts Viktor, Glodán Györgyi, valamint egy sor külföldi kollegának .

Köszönöm figyelmüket !

A kutatásunkat a TAMOP 4.2.1./B-09/1/KONV-2010-0007 és a TAMOP 4.2.2./B-10/1-2010-0024 számú programjainak keretein belül végezzük, amelyet az Európai Unió és az Európai Szociális Alap támogat.

