

# *Hőkezelés hatása az a-Si:H, a-Ge:H és a-SiGe:H rétegekben*

Serényi Miklós

Energiatudományi Kutatóközpont, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi  
Intézet

## FELHASZNÁLÁS

### - amorf napelem

„Ez a legelterjedtebb típus, mert olcsó az előállítási költsége. A hatásfoka 4-6% között van, ami alulmarad a többihez képest... Az élettartamuk csak 10 év körül van.”

- vékonyréteg tranzisztor, **Schottky –dióda**
- „**fekete réteg**”, kijelzők háttere, bolométer

## AMORF ANYAG

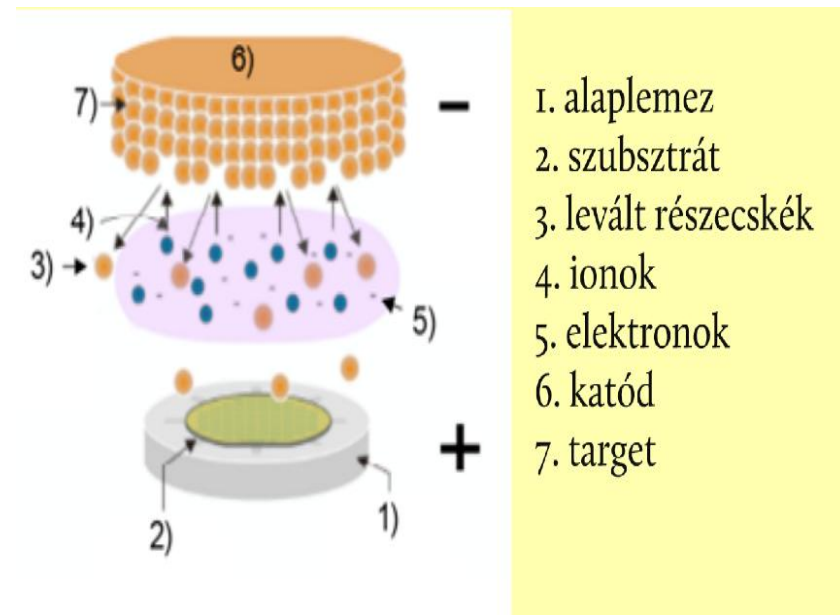
- **a-Si, a-Ge és a-SiGe** rövidtávú rend, periodikus potenciál eltűnik
- **Si-Si (Ge-Ge)** kötések felhasadnak : dangling bonds
- töltéshordozó lokalizáció és a sáv szerkezet változása ⇒ **optikai paraméterek változnak**
- rekombinációs centrumok száma megnő ⇒ **elektromos tulajdonságok romlanak**

## KOVALENS KÖTÉS KIALAKÍTÁSA

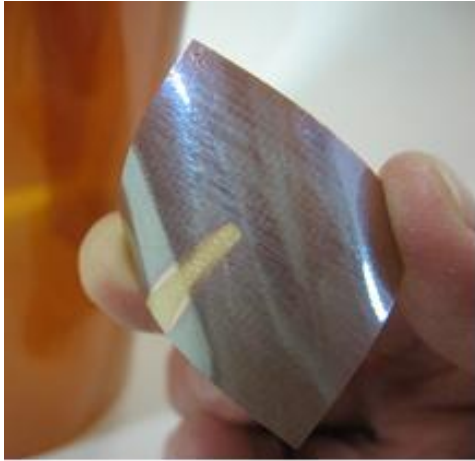
- ✓ Si-H és Ge-H, kötési energia ~ 3.3 és 3.00 eV
- ✓ Dangling bond passzívációja
- ✓ Hibasűrűség csökken  $10^{20}/\text{cm}^3$  -ról  $5 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ -ig

**Technológia:** szilán, germán

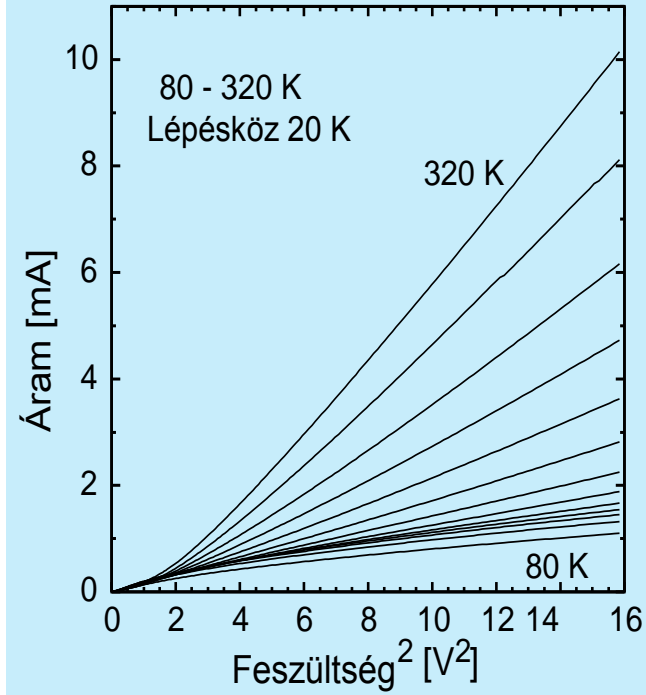
**Cél:** porlasztás  $\text{Ar} + \text{H}_2$



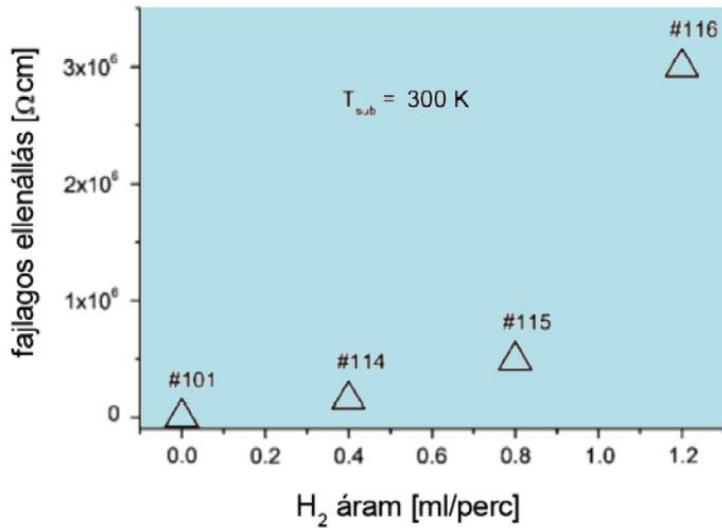
# Korábbi eredmények



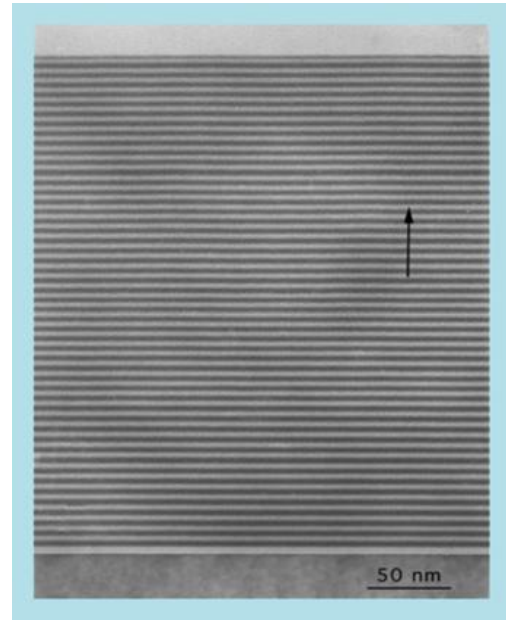
a-SiGe:H  
vékonyréteg



Négyzetes Schottky dióda

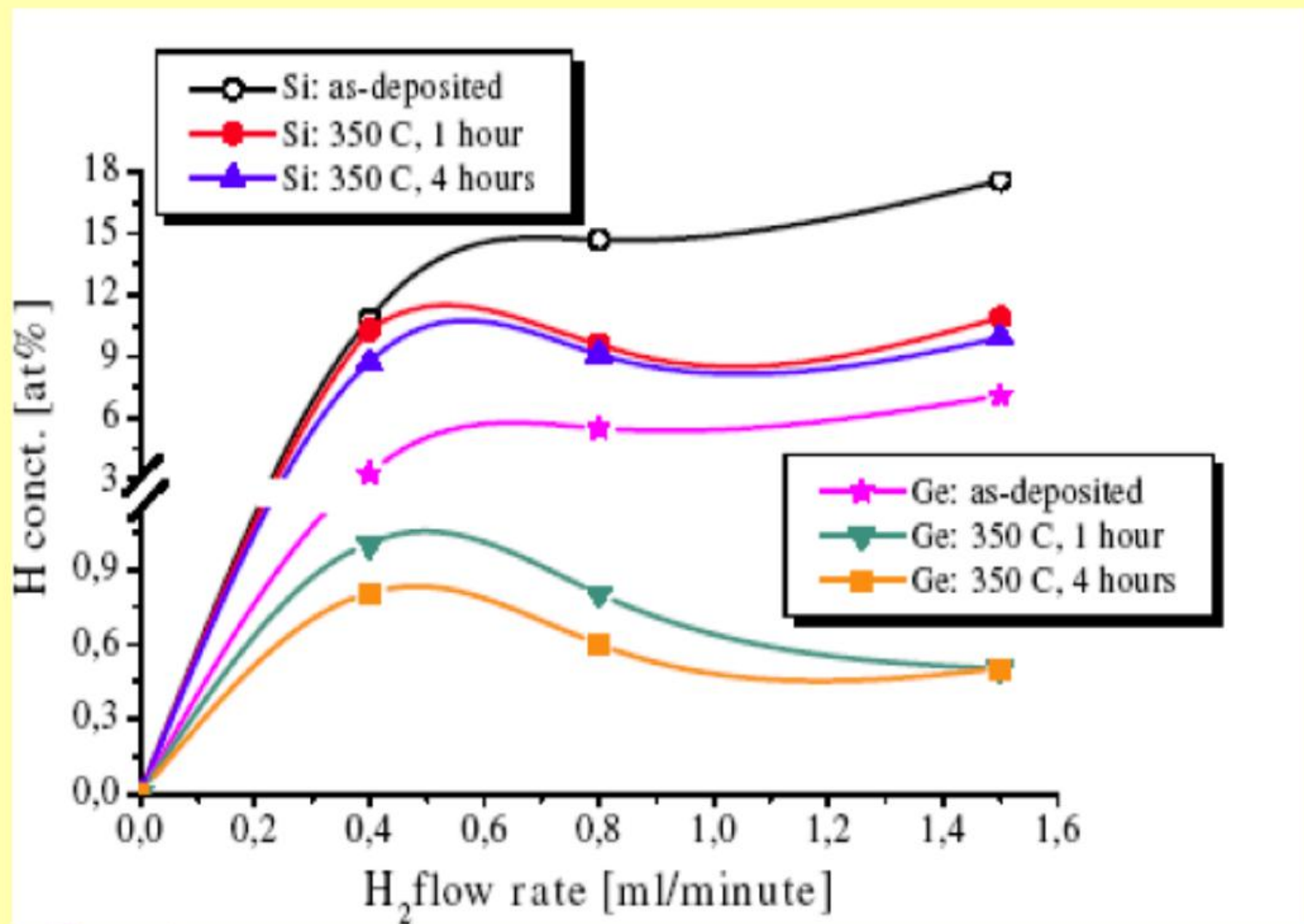


A fajlagos ellenállás a gázkeverék hidrogénáramának függvényében

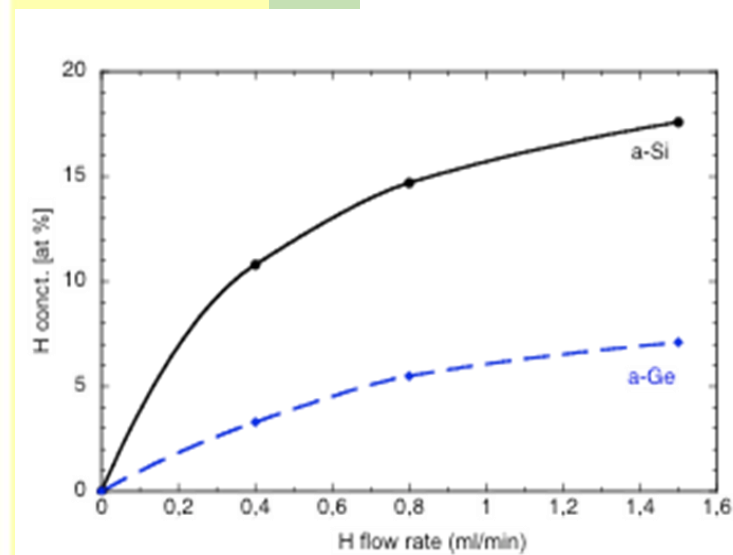


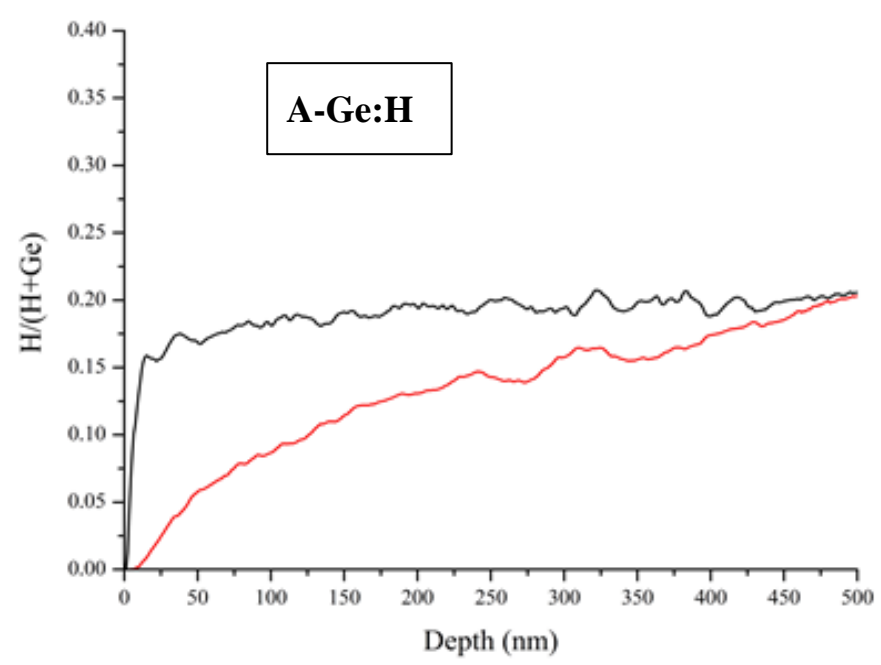
5 nm vastag rétegekből álló a-Si/Ge:H multiréteg

Si és Ge réteg hidrogéntartalma a porlasztáshoz használt H<sub>2</sub> gázáram függvényében.  
(ERDA)



preferential  
attachement ratio ~3

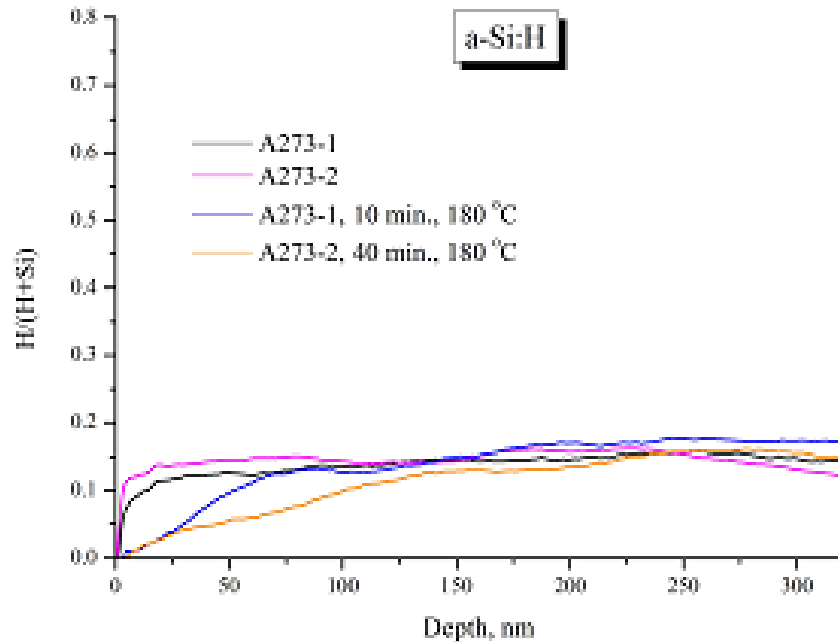




## H veszteség a felület változása nélkül

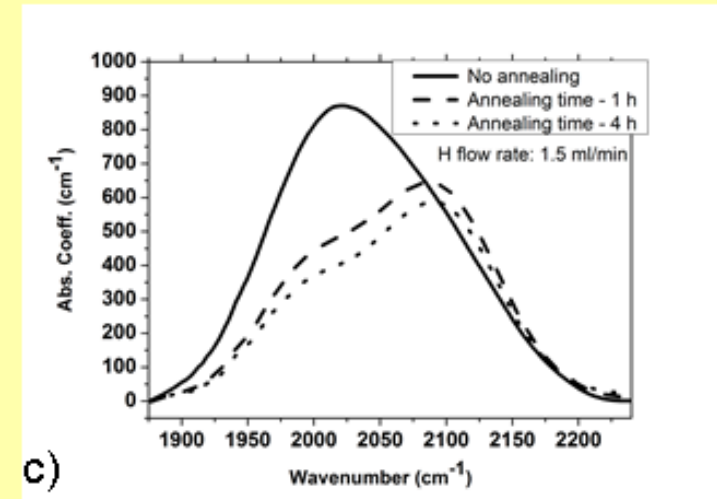
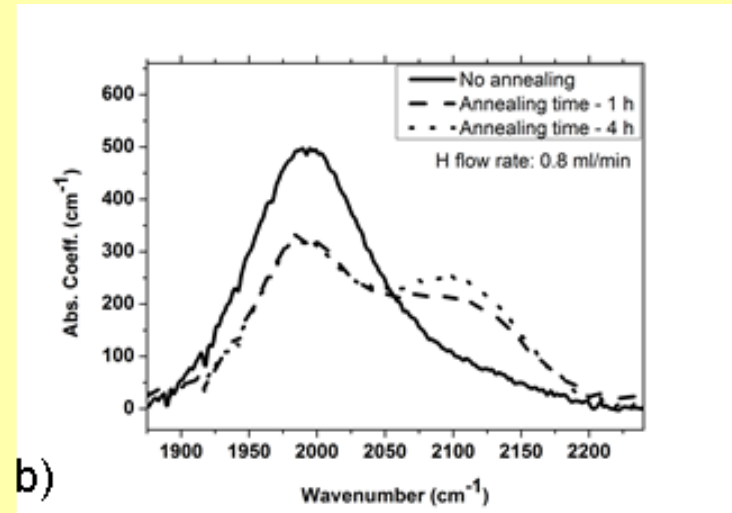
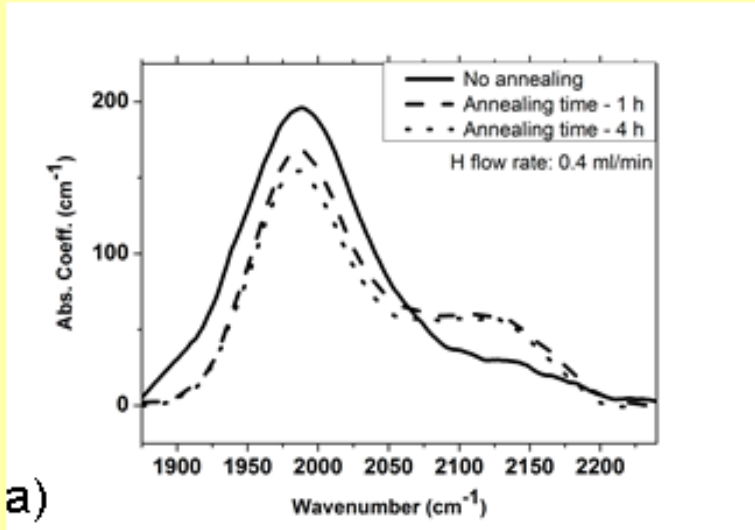
SNMS (Secondary Neutral Mass Spectrometry) eredménye 135 °C 10 perc (fekete) és 40 perces (piros) hőkezelés után.

M. Serényi, C. Frigeri, A. Csik, N. Q. Khánh, A. Németh and Z. Zolnai, CrystEngComm, 2017, DOI: 10.1039/C7CE00076F.



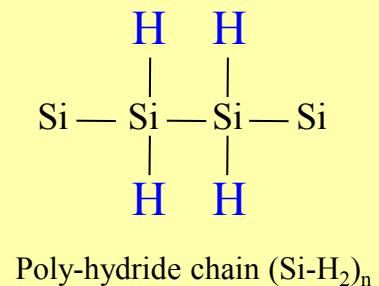
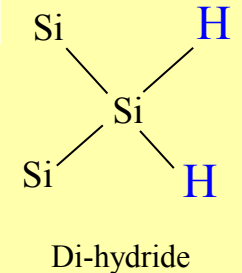
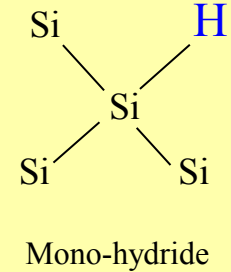
SNMS (Secondary Neutral Mass Spectrometry) eredménye 180 °C 10 perc és 40 perces hőkezelés után.

# Infravörös spektroszkópia: a modulus koncentrációja a görbe alatti területtel arányos

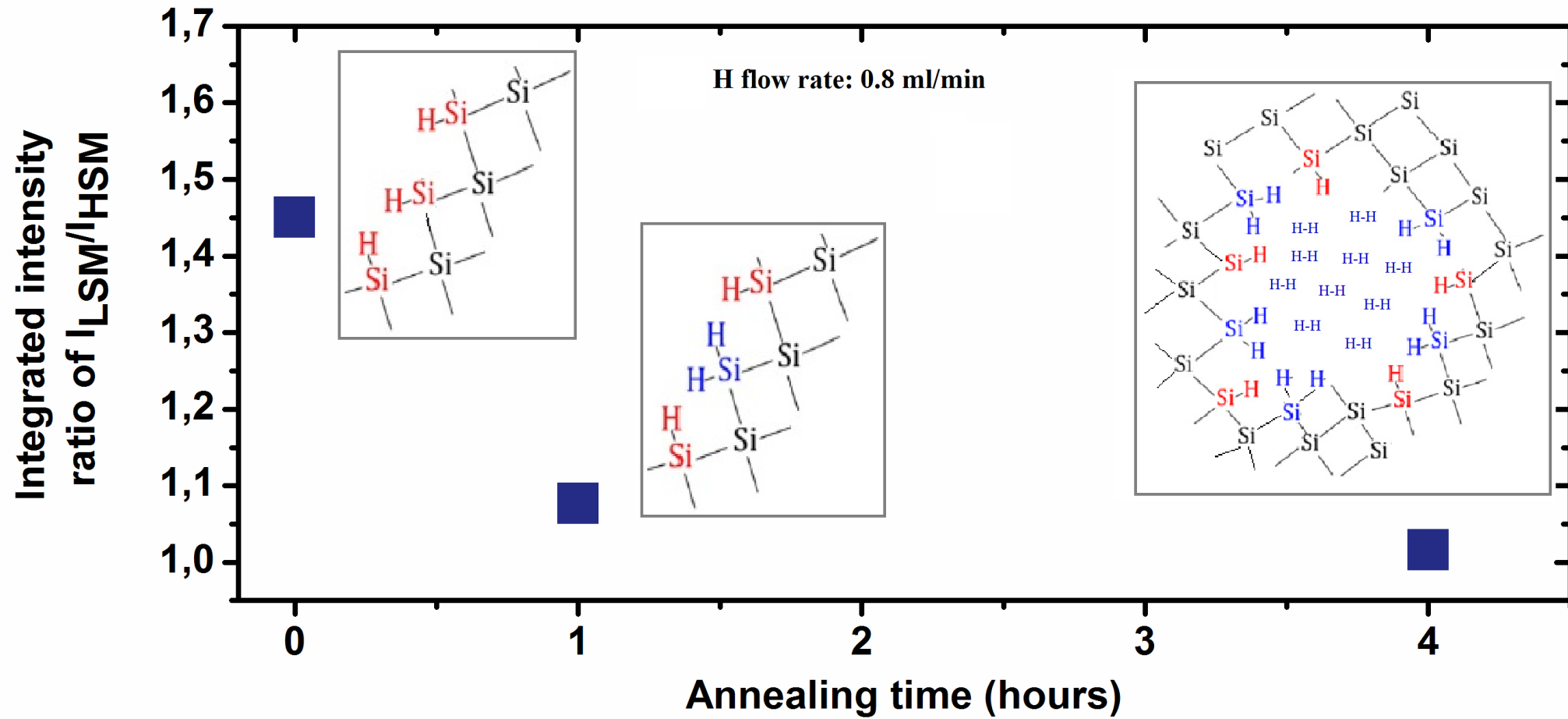


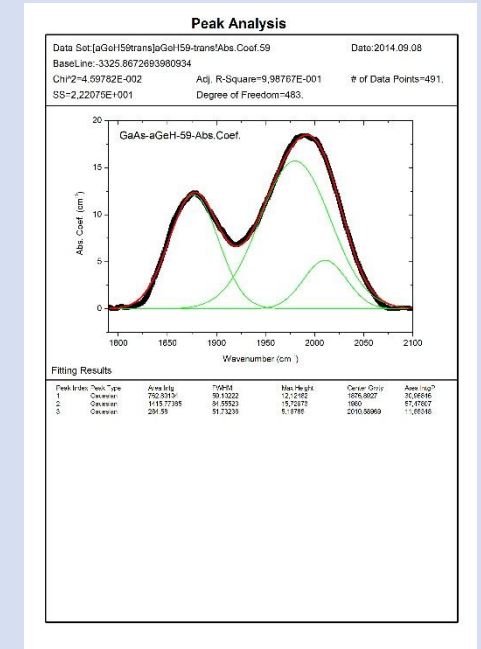
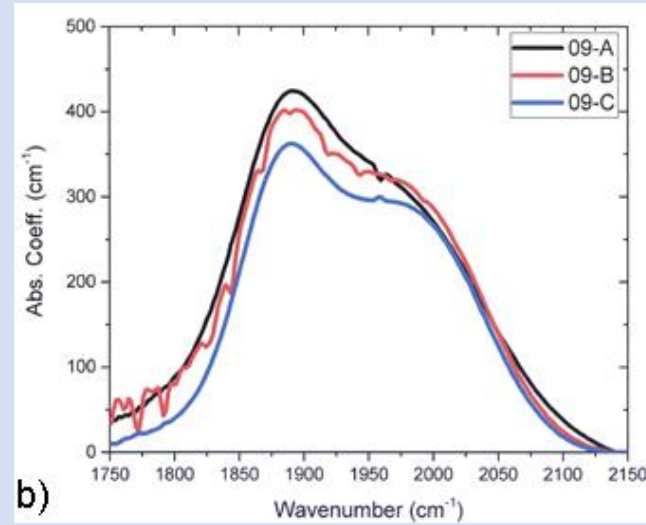
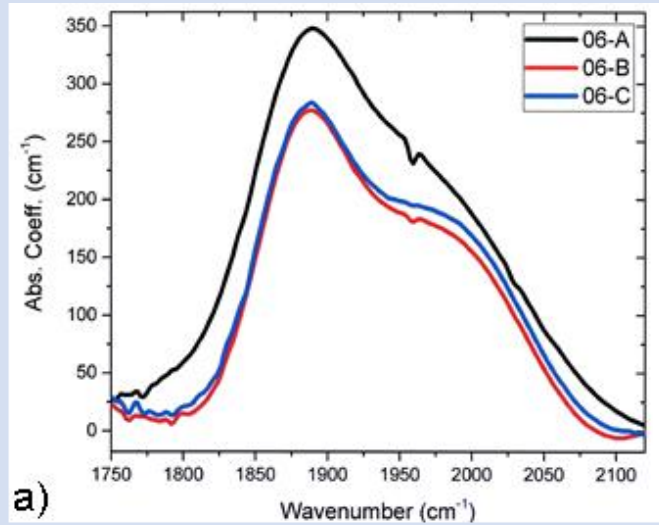
Typical IR absorption spectra in the stretching mode range of the wavenumber for the H content of a) 10.8, b) 14.7, c) 17.6 at%. For each plot the spectra for the unannealed (solid curve), annealed for 1 h (dash curve) and for 4 h (dot curve) at 350C.

<b>Stretching</b>	2005 [1/cm] 2090* 2140* *	Si-H Si-H <sub>2</sub> (Si-H <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> Si-H <sub>3</sub>
<b>Bending</b>	650 845-890 * 862-907 * *	Si-H Si-H <sub>2</sub> Si-H <sub>3</sub>
<b>Wagging</b>	640	all hydrides



# Infravörös spektroszkópia eredménye: a-Si:H



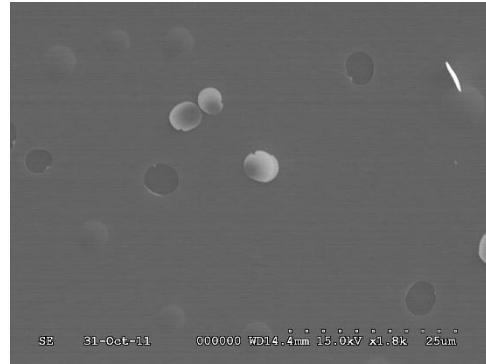
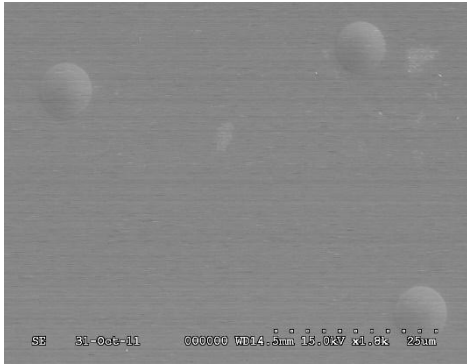


a) Typical IR absorption spectra in the stretching mode range of the wavenumber for the H partial pressure of 0.6 for the three annealing (135C) times of 0 min (black spectrum A), 40 min (red spectrum B) and 120 min (blue spectrum C). b) As a) for the H partial pressure of 0.9.

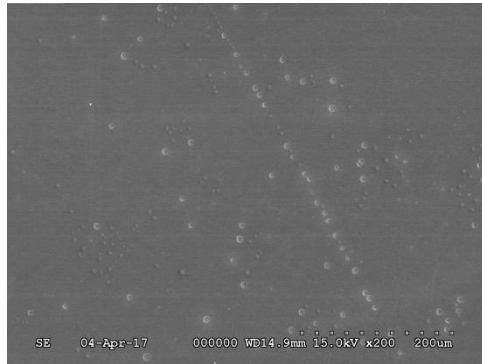
1855(80)	<b>Ge-H</b>
1980	<b>Ge-H<sub>2</sub> (Ge-H<sub>2</sub>)<sub>n</sub></b>
2050	<b>Ge-H<sub>3</sub></b>
755-782	<b>Ge-H<sub>2</sub> .... Ge-H<sub>3</sub></b>
vagy	
770-830	<b>Ge-H<sub>2</sub> .... Ge-H<sub>3</sub></b>
565	all hydrides



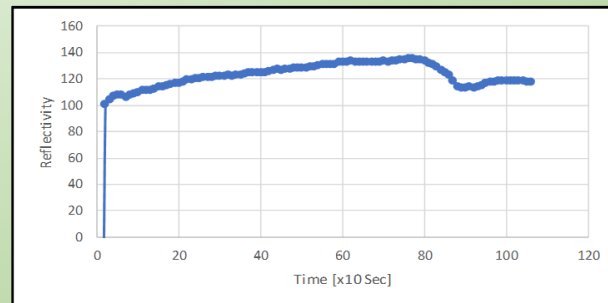
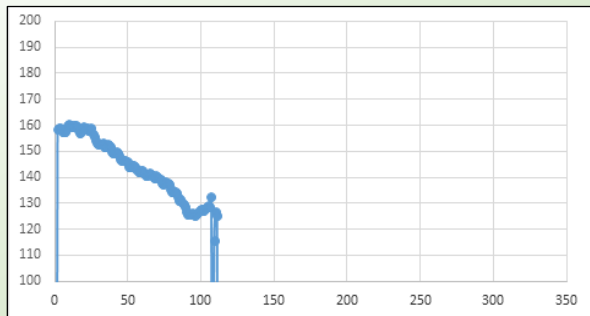
# H vesztes a felület megváltozásával



buborékképződés



a szubsztrát felülete

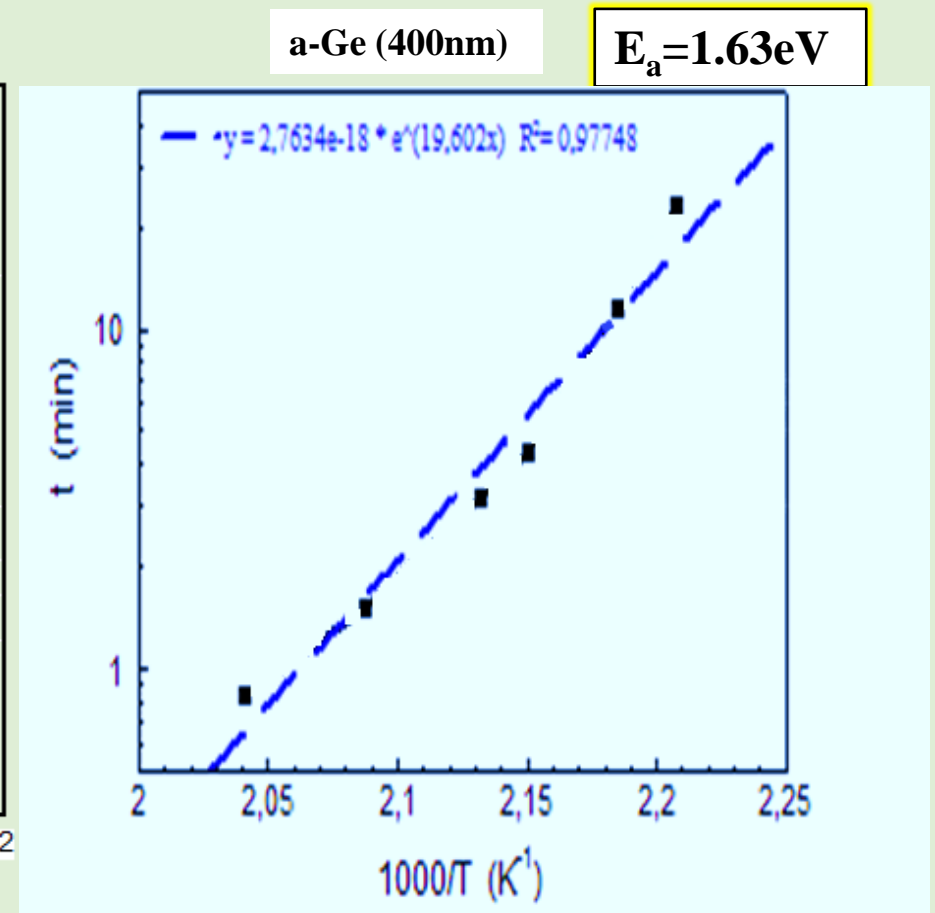
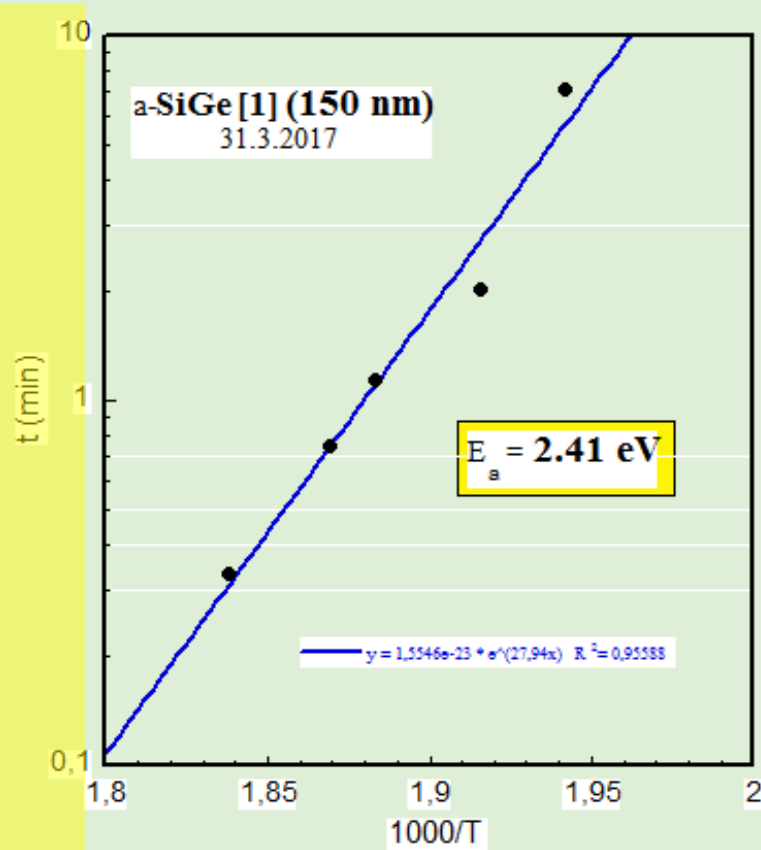
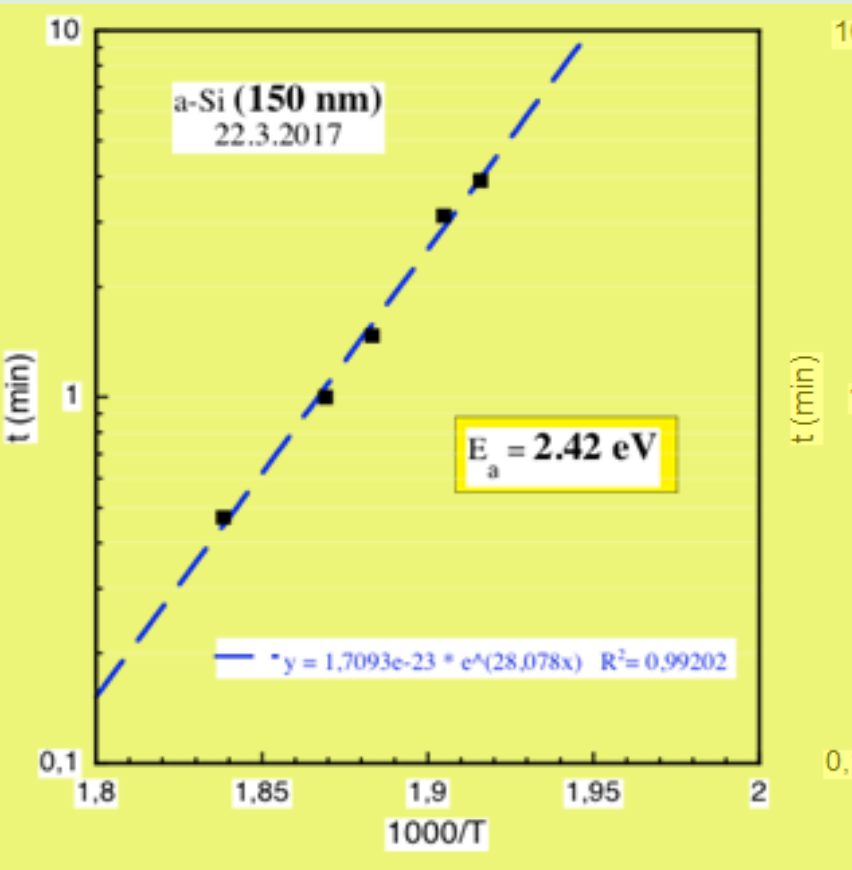


Felületi reflexió lézeres mérése

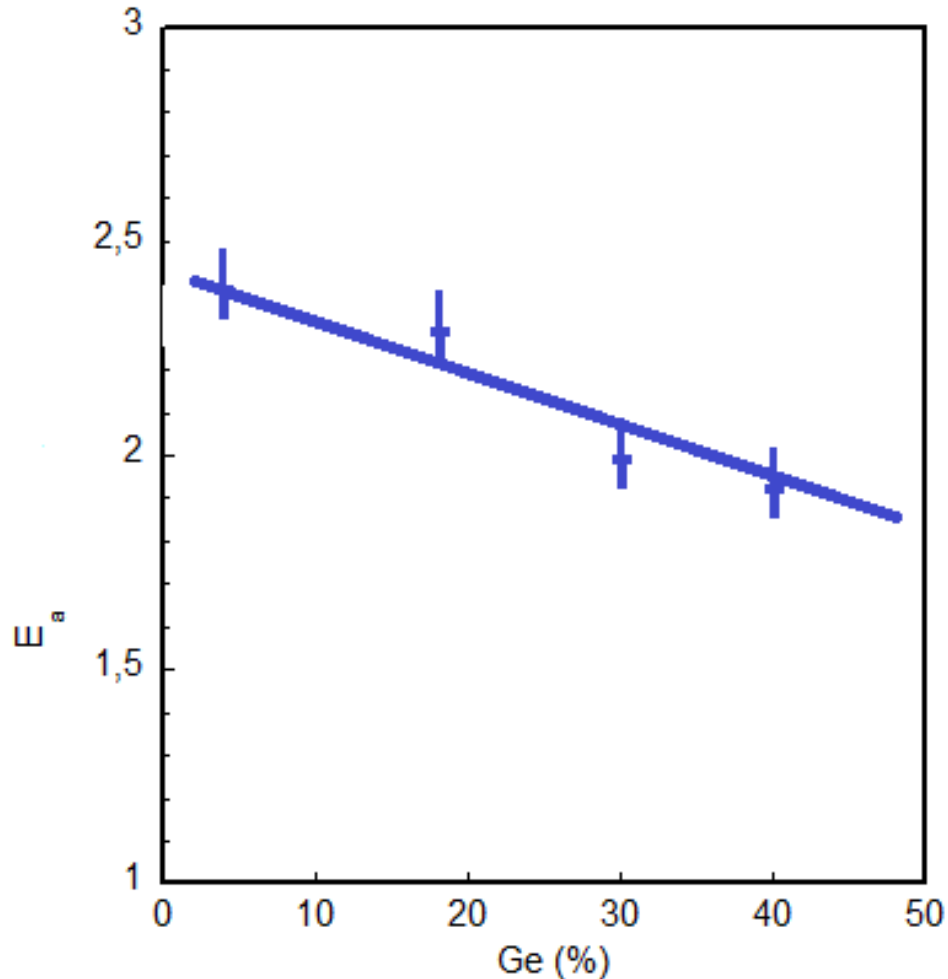
- buborékok kialakulásának ideje (t) megfeleződik minden ~10C fok emelkedés során.
- Arrhenius-egyenlet egy egyszerű, áttekinthető formula a buborékok kialakulási idejének, a folyamat sebességének jellemzésére
- a folyamat  $E_a$  aktivációs energiával jellemezhető  $1/t = A \cdot \exp(-E_a/kT)$
- méréseink szerint  $E_a = 1.63 \text{ eV}$  a-Ge:H rendszerre  
 $E_a = 2.42 \text{ eV}$  a-Si:H rendszerre
- $E_a$  aktivációs energia értelmezése:  $E_a = 2 \varepsilon(\text{GeH}) - \varepsilon(\text{H}_2)$ .  
 $\varepsilon(\text{GeH}) = 2.99\text{-}3.33 \text{ eV}$        $\varepsilon(\text{H}_2) = 4.5 \text{ eV}$

M. Serényi, C. Frigeri, A. Csik, N. Q. Khánh, A. Németh and Z. Zolnai, CrystEngComm, 2017, DOI: 10.1039/C7CE00076F.

# Hőkezelés hatása az a-Si:H, a-Ge:H és a-SiGe:H rétegekben



# Hőkezelés hatása az a-SiGe:H rétegekben



$$n = 2[ X \cdot n(\text{SiH}) + (1-X) \cdot n(\text{GeH}) ] - n(\text{H}_2)$$

X a Si tartalom

H helyett:

- SiGe egykristály (13% Ge)
- nano-, mikrokristályos rétegek

Ellipszometria az összetétel meghatározására

Köszönöm a figyelmet!