



Hidrogénezett szilíciumnitrid vékonyrétegek fejlesztése

Hegedüs Nikolett¹

Témavezetők:

Dr. Balázs Csaba² és Dr. Balázs Katalin²

¹ Óbudai Egyetem, Anyagtudományok és Technológiák
Doktori Iskola, 6. félév

² ELKH, Energiatudományi Kutatóközpont

Alkalmazási területek

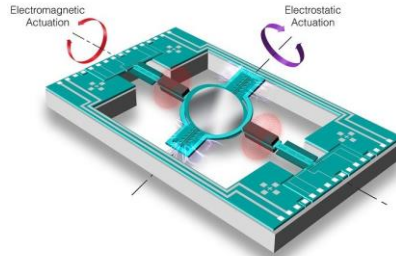


SILICON SOLAR CELL



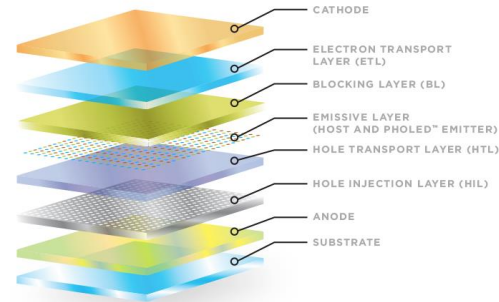
Antireflexiós tulajdonságú
passzíváló réteg

MICROELEKTROMECHANICAL SYSTEM



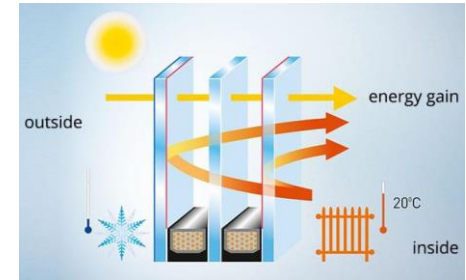
Védő és passzíváló réteg,
valamint maró stop réteg

ORGANIC LIGHT EMITTING DIODE



Átlátszó védőréteg

HEAT INSULATING GLASS UNIT

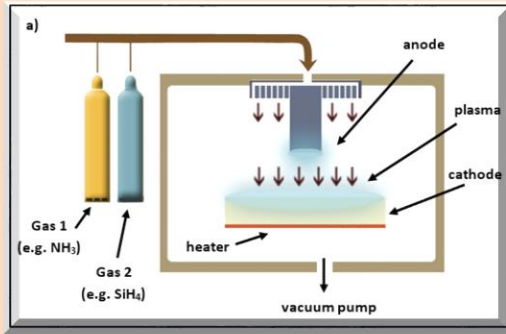


Felső szigetelő réteg

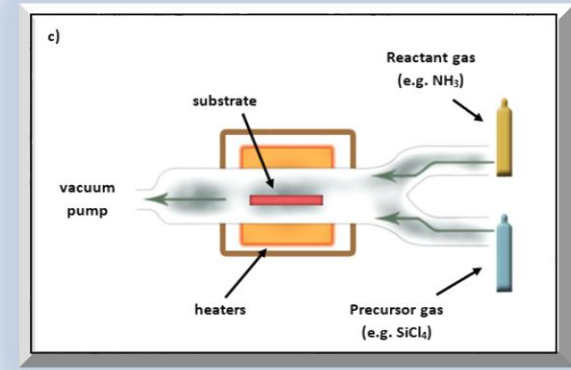
SiNx:H vékonyrétegek leválasztása



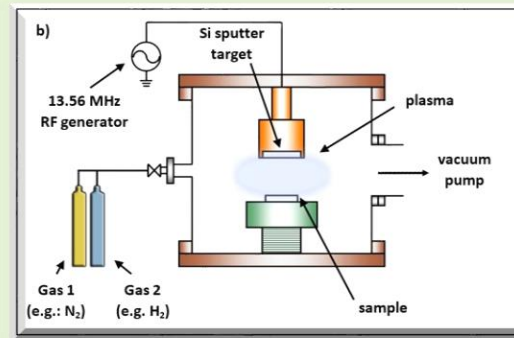
Plazmával segített kémiai gőzfázisú leválasztás



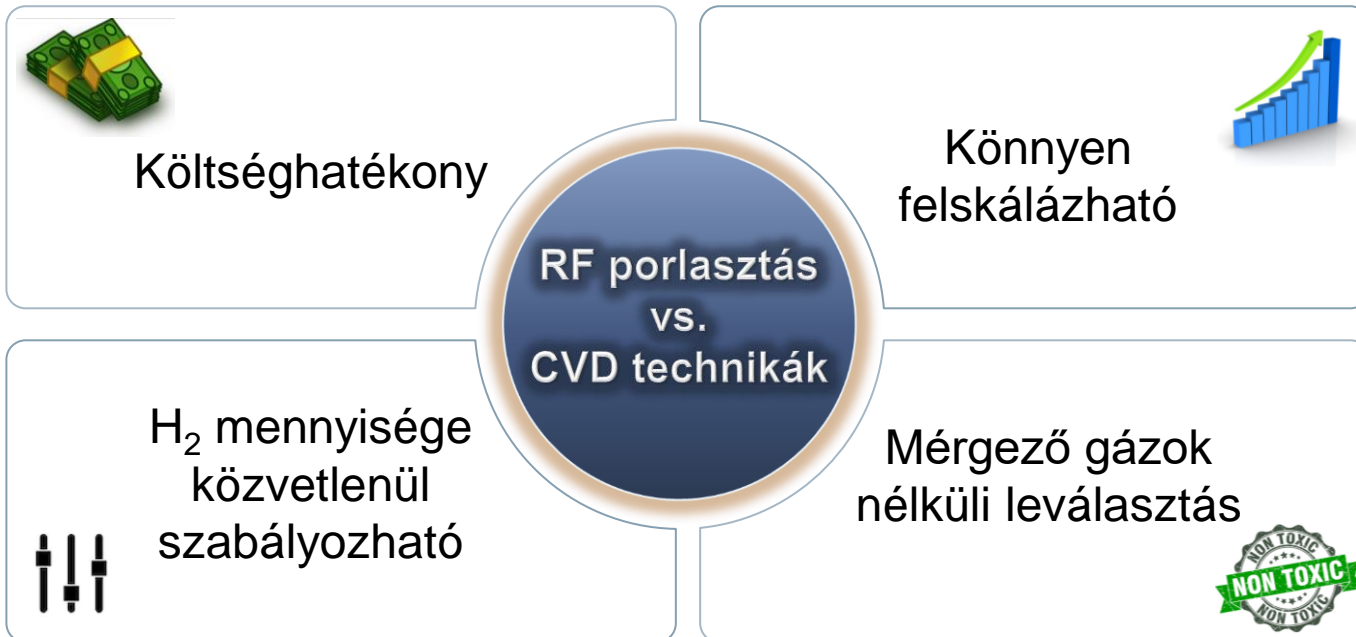
Atomi rétegleválasztás



Rádiófrekvenciás porlasztás



SiNx:H rétegleválasztás

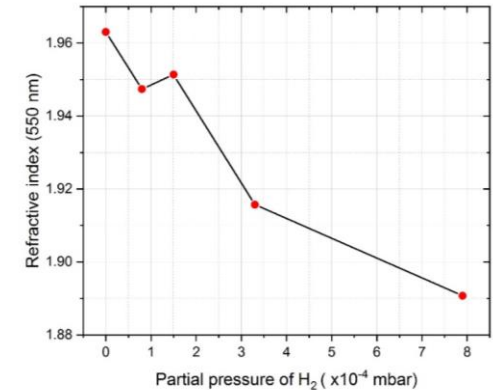
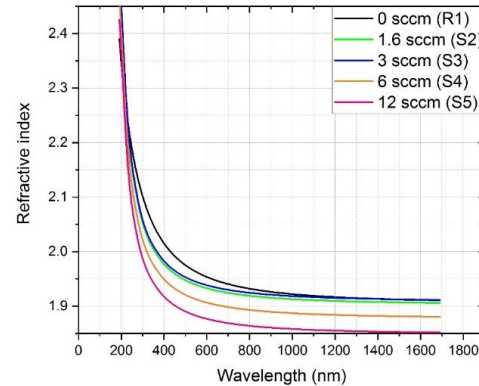
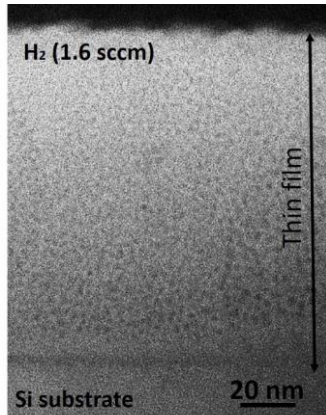
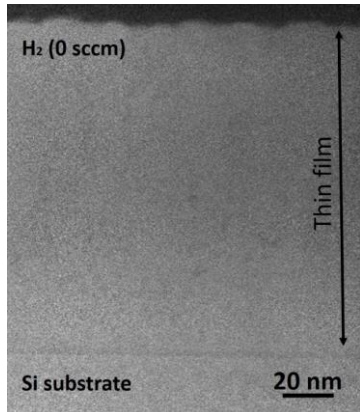


Korábbi eredmények



CVD technikával készített rétegekhez hasonló optikai tulajdonságok érhetők el

Hidrogén mennyiségének növelése → csökkenő törésmutató

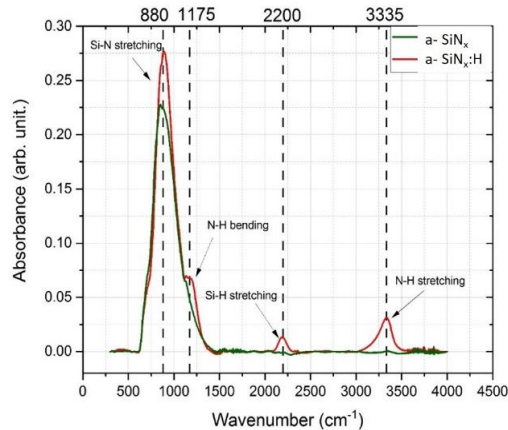


Amorf szerkezet kristályos fázisok nélkül

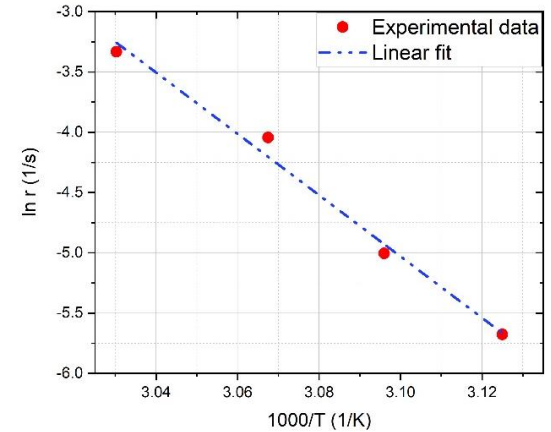
Hidrogénezés hatására nanométer nagyságrendű pórusok alakulnak ki

N. Hegedüs, et al., Examination of the Hydrogen Incorporation into Radio Frequency-Sputtered Hydrogenated SiNx Thin Films, Coatings 2021, 11, 54.

Korábbi eredmények

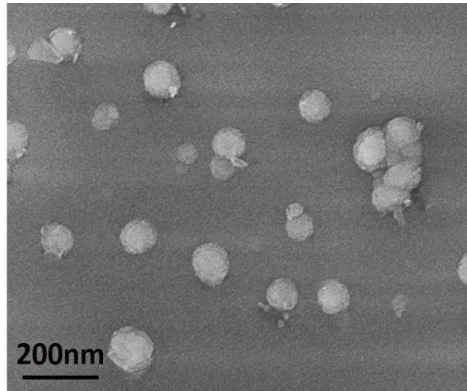


~65 °C-on történő hőkezelés következtében a felületen 100 nm nagyságrendű hólyagok alakulnak ki



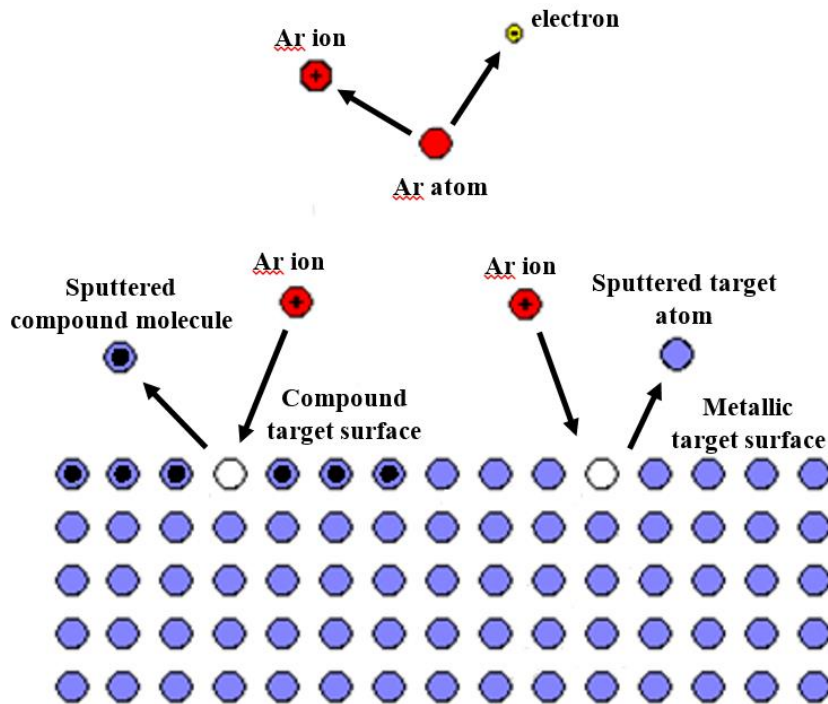
Si-N, Si-H és N-H vegyértékrezgésekhez tartozó csúcsok

Molekuláris formában beépült hidrogén jelenléte (ERDA)



Az Arrhenius-egyenletből számított aktivációs energia (~2.2 eV) molekuláris hidrogén távozására utal

Berg-modell, paraméterek



Y_c

Ar ion porlasztási tényezője
kompozit felületre

α

A reaktív gázmolekula és a
targetatom kölcsönhatási
valószínűsége

Y_m

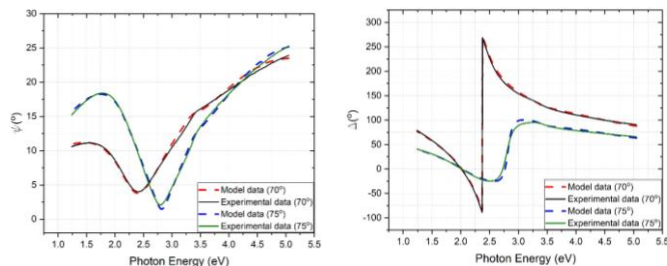
Ar ion porlasztási tényezője
fémes felületre

Berg-modell, mintakészítés



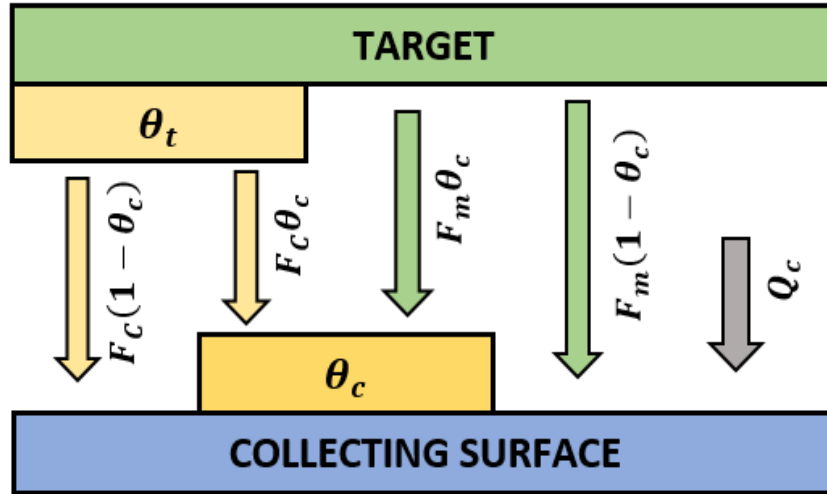
#	$P_{\text{össz}}$ (Pa)	H_2 flow (sccm)	t (s)	d (nm)	C_H (at%)
1	2	0.4	420	48	10.8
2	2	0.8	420	51	14.7
3	2	1.5	420	56	17.6

Ellipszometriai modellezés (Tauc-Lorentz modell):



ERDA mérés

Berg-modell, eredmények



Eredmények: $Y_c = 0.51$
 $\alpha = 0.003$
 $Y_m = 0.98$

3 különböző porlasztásra alkalmazva:
 3 egyenletből álló, 3-ismeretlenes egyenletrendszer

$$Y_c \cdot D_{tot} \frac{J}{q} + \alpha \cdot 2FD_{tot} - Y_m Y_c \cdot \frac{J^2}{q^2} A_t - \alpha Y_c \cdot \left(4F \frac{J}{q} A_t + F(1 - \theta_c) A_c \frac{J}{q} \right) - \alpha^2 \cdot F^2 (1 - \theta_c) A_c = 0$$



- A hidrogén beépülésének folyamata RF porlasztás során leírható a Berg-moddelllel Si:H rétegek leválasztására vonatkozóan
- A modellezés a hidrogén atomok és a Si-céltárgy atomjai közötti reakció valószínűségére kis számot eredményeztek, mely utal a hidrogén rétegbe való korlátozott beépülésére
- A fentiek miatt a szilícium vegyületek, például SiO_2 vagy Si_3N_4 hidrogénezése RF porlasztással alacsony hidrogénmennyiség mellett célszerű





- N. Hegedüs, Cs. Balázsi, K. Balázsi, Examination of the hydrogen formation in Radio Frequency sputtered hydrogenated SiNx thin films, **ECerS 2022 hallgatói előadói verseny magyarországi elődöntője**, 2021. május 8. -> Magyarország képviselete a döntőben 2022-ben
- N. Hegedüs, Cs. Balázsi, K. Balázsi, Examination of the Hydrogen Incorporation into Radio Frequency Sputtered Hydrogenated SiNx Thin Films, **14th International Conference on Solid State Chemistry**, 13-17 June, 2021, online konferencia **(szóbeli előadás)**
- Nikolett Hegedüs, Cs. Balázsi, Katalin Balázsi, Examination of the Hydrogen Incorporation into Radio Frequency-Sputtered Hydrogenated SiNx Thin Films, **European Congress and Exhibition on Advanced Materials and Processes**, 2021. szeptember 12-16. **(absztrakt elfogadva szóbeli előadásra)**
- Nikolett Hegedüs, Cs. Balázsi and K. Balázsi, Silicon nitride and hydrogenated silicon nitride: Applications and fabrication methods, **European Congress and Exhibition on Advanced Materials and Processes**, 2021. szeptember 12-16. **(absztrakt elfogadva poszter prezentációra)**



- N. Hegedüs, R. Lovics, M. Serényi, Zs. Zolnai, P. Petrik, J. Mihály, Cs. Balázsi, K. Balázsi, Examination of the Hydrogen Incorporation into Radio Frequency-Sputtered Hydrogenated SiNx Thin Films, **Coatings** 2021, 11, 54. **(folyóiratcikk, IF = 2.436)**
- N. Hegedüs, M. Furkó, K. Balázsi, C. Balázsi, Környezetbarát energiatermelés, energiahatékonyság és közlekedés szempontjából kritikus üvegek, kerámiák és fémek, **Anyagok Világa**, 2021, 14, 1. **(folyóiratcikk)**
- N. Hegedüs, R. Lovics, M. Serényi, Zs. Fogarassy, P. Petrik, J. Mihály, Zs. Zolnai, Cs. Balázsi, K. Balázsi, Hydrogen formation in Radio Frequency (RF) hydrogenated silicon nitride thin films, *cikk folyamatban*
- N. Hegedüs, Cs. Balázsi and K. Balázsi: Silicon nitride and hydrogenated silicon nitride: Applications and fabrication methods, *cikk folyamatban*

Tervek a következő félévre



- Folyamatban lévő publikációk befejezése
- Berg-modellezés folytatása, kiterjesztése $\text{SiN}_x\text{:H}$ és hidrogénmentes SiN_x rétegekre vonatkozóan
- Disszertáció írás



Köszönetnyilvánítás



- Dr. Balázs Csaba¹ (témavezetés)
- Dr. Balazsi Katalin¹ (témavezetés)
- Dr. Lovics Riku¹ (RF-porlasztás)
- Dr. Serényi Miklós¹ (RF-porlasztás, Berg modellezés)
- Dr. Mihály Judith² (FTIR-mérések)
- Dr. Petrik Péter¹ (SE-mérések)
- Dr. Zolnai Zsolt¹ (ERDA-mérések)

¹ Energiatudományi Kutatóközpont

² Természettudományi Kutatóközpont



Köszönöm a figyelmet!