



Arccal a nap felé – Vékonyréteg napelemek és intelligens üvegek Lábadi Zoltán MTA TTK MFA

A megújuló energiákban rejlő óriási potenciál



Source: Nitsch F. "Technologische und energiewirtschaftliche Perspektiven erneuerbarer Energien, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)", 2007.

© EPIA 2009 - www.setfor2020.eu

Napelemes energiatermelés I: Földrajzi lehetőségek

Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries





Éves villamos energia fogyasztás: 40TWh 2500x!!

De....

 1 kWp napelemes rendszer évente "csak" 1100kWh energiát termel ! (8760 kWh helyett) ezért:
 Paks II 2GW teljesítményével 14 GWp napelemes rendszer lenne egyenértékű
 Szakaszosan termel ⁽²⁾

A szakaszos termelés problémája



A megújulók aránya a világban



A világ PV ipara



Napelemes modulok ára – "grid parity"

A napelem szerkezete



- Veszteségek:
- alacsony energiájú fotonok 25%
- sávszélesség feletti energia 40%
- kitöltési tényező 10%
- reflexió, szóródás, stb.

Bonyolultabban....



Tandem

Groove contact

Two-sided

Vékonyréteg napelem: üveg, fém, polimer hordozóra leválasztott félvezető rétegek

A PV anyagok összehasonlítása

-c-Si: jó hatásfok (24% max.), de az alapanyag a probléma 2011: 288 000t 20-25EUR/kg

- -Vékonyréteg:
- a-Si:H: rosszabb hatásfok (~6-8%), olcsóbb, degradáció
- -- CdTe: közepes hatásfok (~11%), de Cd mérgező
- CIGS: jó hatásfok (21% max), de még drága
- A katalógustermék "csak" 10-15% fejlesztés lehetősége

Szilícium és/vagy vékonyréteg

Best Research-Cell Efficiencies



Szilícium és / vagy vékonyréteg



Gyártókapacitás

Megtérülési idő



Napelemkutatás az MTA keretei között

 NKTH projekt
 Cél: CIGS napelem integrált vákuum rendszer 30x30 cm méretben

Cu(In,Ga)Se₂ napelem

Vékonyréteg technológiaJó hatásfok, stabilitás







Integrált vákuumrendszer









Főbb anyagtudományi problémák a CuInGaSe rendszerben

- Rézhiányos környezetben növesztett sekély akceptor nívók (autoadalékolás)
- Optimális sávszélesség kialakítása az In/Ga arány változtatásával, valamint "graded bandgap" CIGS Irétegek leválasztása
- Szemcseméret eloszlás hatása a réteg tulajdonságaira
- Na diffúzió a szubsztrát üvegből

Hungarian National Research Fund (OTKA) Project NK 73424



. Model for the growth of polycrystalline $\operatorname{Cu}(\operatorname{In},\operatorname{Ga})\operatorname{Se}_2$ in the presence of a quasi-liquid surface film of CuySe on top of the Cu(In,Ga)Se2 grains (according to [41])



1.0

1.6

Rétegépítés reaktív porlasztással





Önfenntartó kisülés (plazma) – DC, RF

Reaktív: oxigén szerepe

Paraméterek: hőmérséklet, gáznyomás, teljesítmény, munkatávolság Magnetron elve: ionizációs hatásfok növelése, "sűrűbb" plazma

Kontaktusréteg leválasztása: reaktív porlasztás l



Kontaktusréteg leválasztása: reaktív porlasztás II

Dinamikus sajátosságok





Hiszterézis

Kontaktusréteg leválasztása: reaktív porlasztás III

A reaktív plazma tartományai





Kontaktusréteg leválasztása: reaktív porlasztás IV

TCO leválasztás
subsztrát fűtés nélkül
plazma emisszió monitorozásával és visszacsatolással

Layer parameters	Data
Specific resistivity [Ωcm]	7,3*10 ⁻⁴
Reproducibility [%]	>90
Mobility [cm ² /Vs]	25
Charge carrier concentration [cm ⁻³]	3,5*10 ²⁰
Transparency (VIS)	>85%

ALD (Atomic Layer Deposition)



Picosun Sunale R-100 4' reaktor 4 független gáz: TMA, DEZ, TiCl4, H2O Impulzus üzemű gázadagolás – monoréteg leválasztás lehetősége



ALD (Atomic Layer Deposition) ZnO pufferréteg leválasztása polikristályos CIGS rétegre



11% eszközhatásfok (Helmholtz Centre Berlin)

sputtered ZnO

ALD-ZnO

CIGS



Epitaxiális növesztés



Hetero-Epitaxiális ALD ZnO 270°C-on növesztve

R&D háttér

- MTA MFA: elektronmikroszkópia (SEM, TEM)
- röntgendiffrakció
- fotolumineszcencia
- Hall mozgékonyság
- ATOMKI : elektronspektroszkópia, SNMS
- Szegedi Egyetem: lézervágás

Az ATOMKI szerepe a projektben

Leválasztott rétegek minősítése XPS, SNMS módszerrel



- A felület porlasztása ionokkal
- Elemösszetétel, elemtérkép, mélységprofil
- Al szubrétegek azonosíthatóak a mélység függvényében

Az ATOMKI szerepe a projektben



 A felület gerjesztése röntgen tartományban

 XPS spektrum kimutatja, hogy az Al adalék oxigén kötésben van jelen a rétegben

Zs. Baji, Z. Lábadi, Z. E. Horváth, I. Bársony,

Structure and morphology of aluminium doped Zinc-oxide layers prepared by atomic layer deposition, Thin Solid Films 520 (2012), 4703

Napszimulátor





Főbb jellemzők



- Manufacturer: Energy Equipment Testing Service Ltd. (E.E.T.S) UK
- Type PVMT 11250 Module Tester
- Mode of illumination: continouos, 750-1250 W/m2
- Area of illumination: 1,5 x0,
- Accuracy: IEC 904-9 Class
- Reference cells: mono-Si, poly-Si
- Range and resolution:
- Measured: I-V and P-V characteristics, Isc, Voc, (corrected to standard temperature)

Elektrokróm rétegek - Bevezetés

- Alapfogalmak: Mi az elektrokróm hatás Eszközök típusai
- Alkalmazások
 - Elektrokróm rétegek kutatása az MTA TTK MFA-ban
- Berendezés bemutatása
- Reaktív porlasztás elve
- Kutatási célok

Mi az elektrokróm effektus?

Chromos (görög) = szín Egy anyag színe változhat többféle hatásra (termo, foto, piezo ...) Elektrokromizmus: színváltozás elektromos potenciál hatására Ismert anyagcsoportok, amelyeken ilyen hatás fellép: a., szerves pigmentek (reverzibilis redox reakciók) b., vezető polimerek (polaron képződés) c., fémoxidok

Alkalmazási területek

1968 óta ismert jelenség
Kijelzők
Tükrök és üvegek ("Smart windows")
Autóipar
Optikai szűrők

Építészeti alkalmazás



Energetikai szerep



GLASS/ITO/NiO/Inorganic Electrolyte/WO₃/ITO/GLASS



Kulcsfontosságú tulajdonságok

Reverzibilis átalakulás kell
Kapcsolási idő
Kontrasztarány (átlátszóság változása a látható spektrumban)
Memória (megmarad-e az állapot)
Stabilitás (sok kapcsolás)

Elektrokróm rétegek az MTA TTK MFA-ban

Reaktív porlasztásos leválasztás
Vákuumtechnológia
Mo és W oxidok
30x30 cm üveg hordozóra

A rétegleválasztó berendezés



Vizsgálandó tulajdonságok

Molibdénoxid rétegek optimalizált leválasztása Egyenletesség Összefüggés a réteg sűrűsége és porozitása valamint az elektrokróm tulajdonság között Nanoméretű szemcsék képződése a rétegben és azok hatása az eszköz paraméterire Minősítés: SEM, XRD, ellipszometria Eszközminősítés: Madras

Elektrokémiai és optikai jellemzés







Porózus amorf WO3 rétegek transzmissziós elektronmikroszkópiai képe





Kromoamperometria és transzmissziós spektrum "coloured" és "bleached" állapotban



Magyar – Indiai Kutatás – Fejlesztési Program No. TÉT 10-1-2011-0305

Köszönöm a figyelmet!