

Az optikai módszerek egyre nagyobb teret hódítanak el a metrológiai eljárások között. A félvezetők klasszikus optikai vizsgálatai (abszorpciós és reflexiós spektroszkópia) mellett előtérbe kerültek a reflexió során fellépő polarizáció-változást detektáló ellipszometriai módszerek, és a szilárdtestek sáv- és kötősszerkezetéről információt adó fotolumineszcencia és Raman-spektroszkópiai vizsgálatok. A kutatásaink során főleg ezen módszerekkel vizsgálunk félvezető- és napelemiparban használt anyagokat.

A félvezető-optikai csoport kutatás-fejlesztési pályázatok és ipari együttműködés során alakult ki. A Semilab Félvezető Fizikai Laboratórium ZRt. támogatásával kialakítottunk egy hallgatói laboratóriumot. Itt a hallgatók az alapvető félvezető-optikai mérésekkel projekt munkák és labormérések során ismerkedhetnek meg.

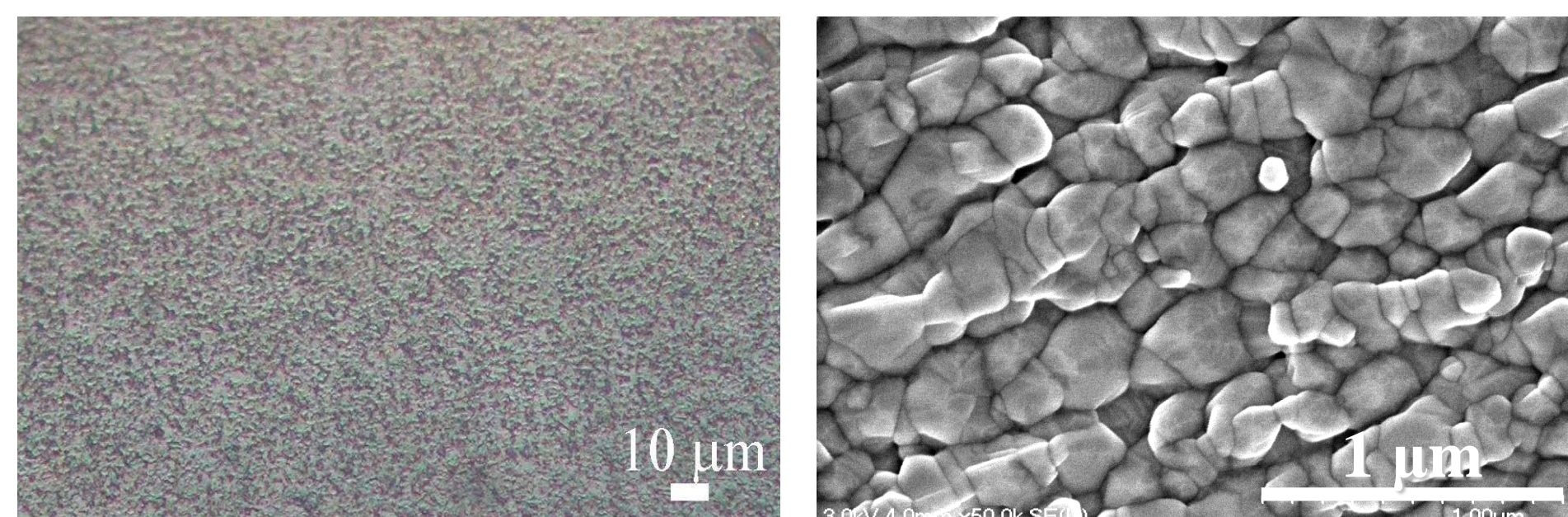
Kutatási módszerek és eszközök



Depolarizáció

Az ellipszometriai mérés során a mintáról reflektált fény polarizációs állapotának megváltozását detektáljuk. Segítségével a vizsgált minta optikai tulajdonságai (pl. n , k), illetve rétegrendszer esetén az egyes rétegek vastagságai meghatározhatóak. Érintés- és roncsolásmentes, nagy pontosságú mérési módszer, az iparban széles körben alkalmazzák, többek között a napelemiparban is.

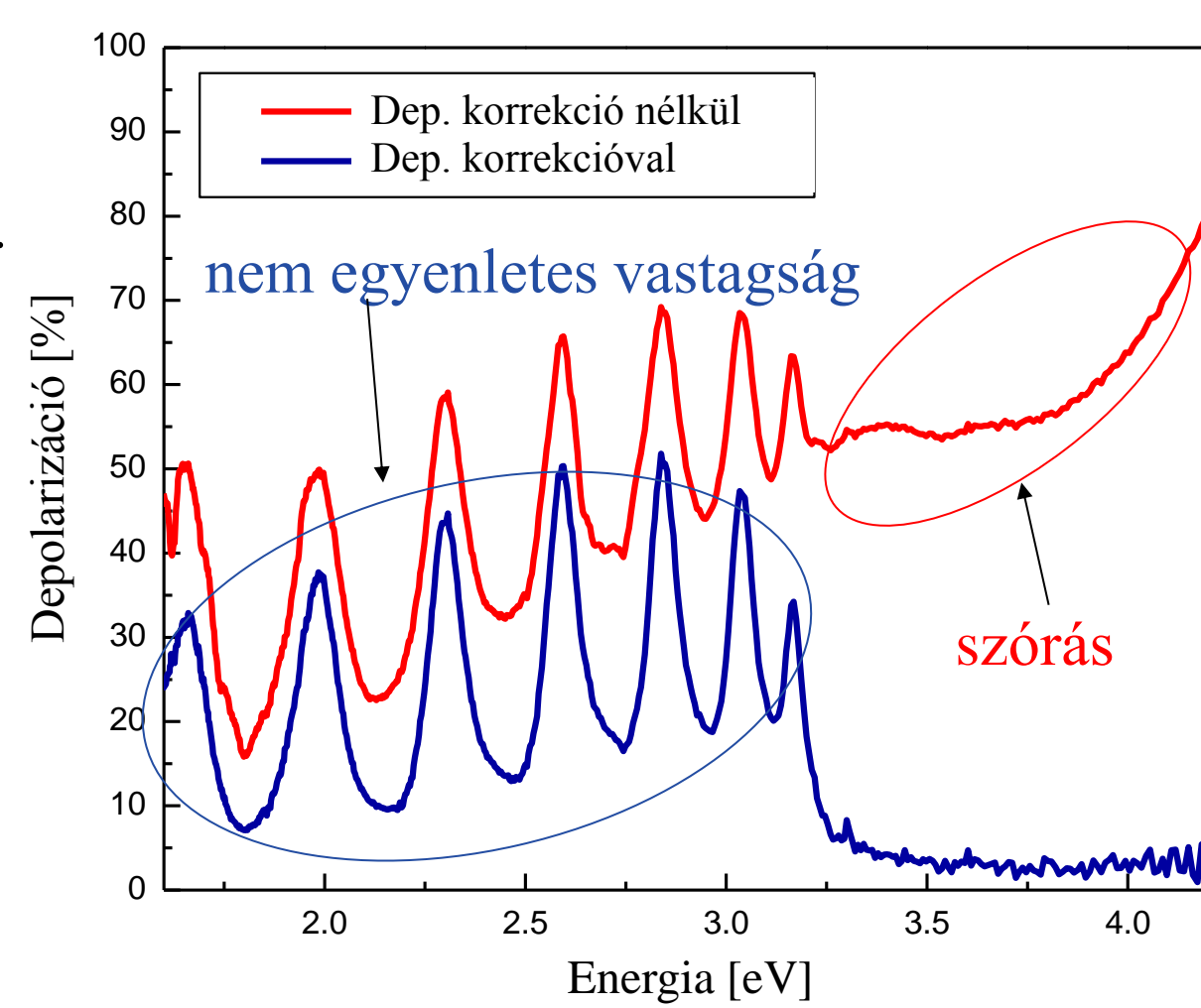
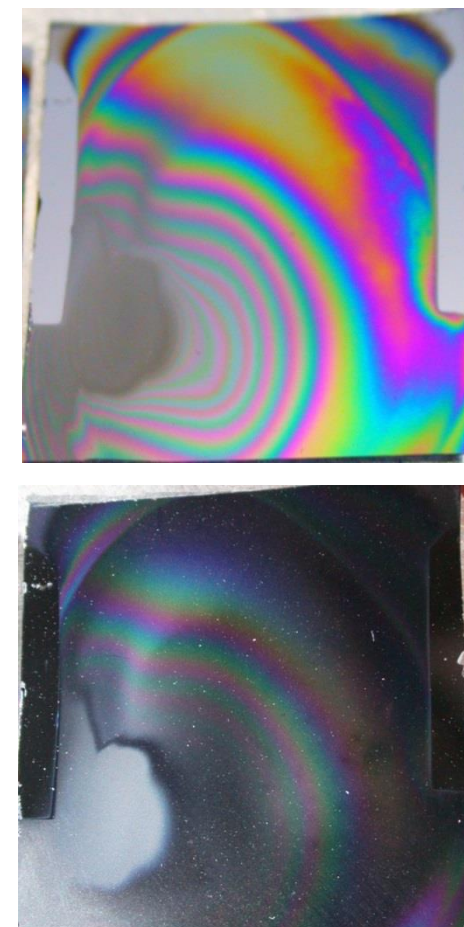
A vékonyréteg-napelemeknél alkalmazott felületi struktúrák lecsökkenthetik a fény polarizációfokát, ami megnehezíti az ellipszometriával mért adatok pontos kiértékelését. A pontos kiértékeléshez szükséges, hogy ismerjük ennek a polarizációfok-csökkenésnek (depolarizáció) okait és hatásait. Kutatásaink során impulzuslézeres párologtatással előállított ZnO vékonyrétegek depolarizációját vizsgáltuk meg.



A ZnO vékonyréteg optikai és elektronmikroszkópos képe.

Kutatómunkánk eredményeként sikerült egy olyan eljárást megadnunk, amely lehetőséget biztosít a szórás miatt fellépő depolarizáció elkülönítésére.

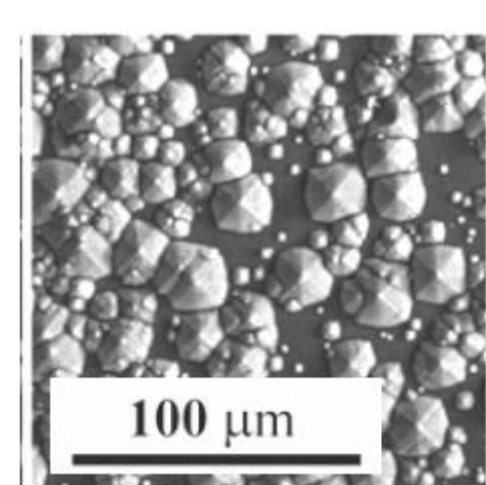
Az előállított minta fényképe fluoreszcens lámpa fényében (fent) illetve napfényben (lent).



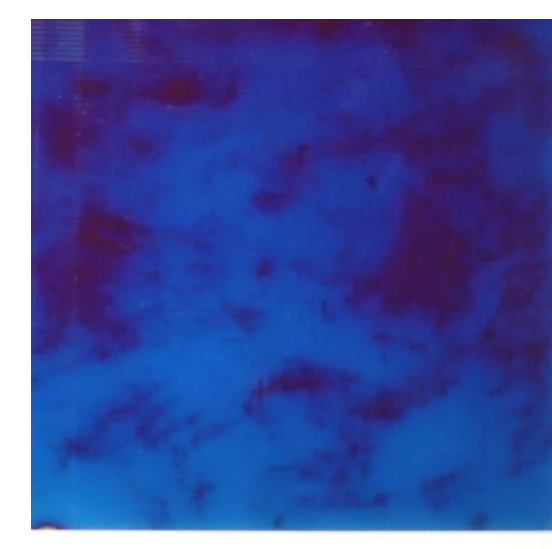
A ZnO vékonyréteg depolarizációja és annak korrekciója.

Kutatási eredmények

Napelemek



A texturált szelet elektronmikroszkópos képe és fényképe.

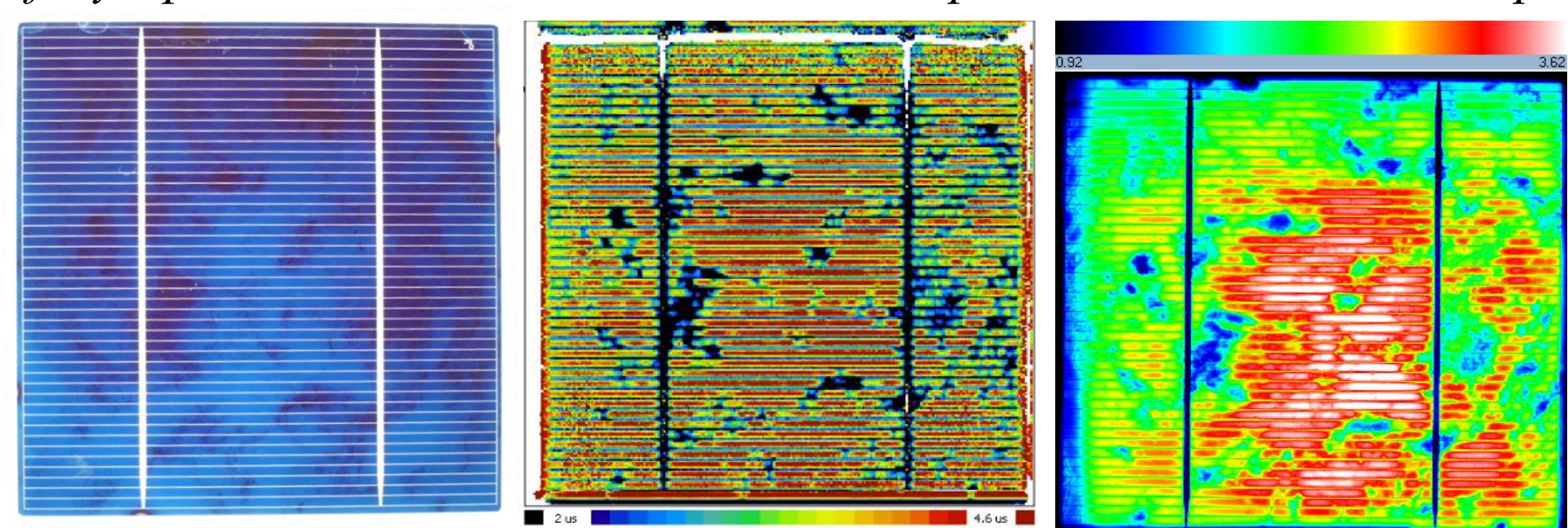


Az antireflexiós réteggel ellátott szelet fényképe.

A leggyakrabban előforduló napelemek anyaga a szilícium. A nyers szilíciumszeletből soklépéses (min. 5) eljárás során készül a napelem. Az egyik lépés során a felületen struktúrákat hoznak létre kémiai marással, ezek a leggyakrabban az elektronmikroszkópos felvételen látható piramisos struktúrák. A piramisok feladata a fénybecsatlás hatásfokának növelése. A majdnem kész, a kontaktálás előtt álló napelemet antireflexiós réteggel is bevonják. A gyártás során fontos az egyes lépések után a szeletek minőségi ellenőrzése.

A napelemgyártás hat különböző fázisából származó szilíciumszeleten végeztünk töltéshordozó-élettartam és lumineszcencia-méréseket. A töltéshordozó-élettartam közvetlenül, a lumineszcencia közvetlenül ad számot a kristály minőségéről, a kristályban található kristályhibákról, repedésekről. A mérések hasonló térképeket eredményeztek (lásd színes képek). A két mérés jellegében eltér egymástól, azonban a hasonlóság arra utal, hogy a két folyamat hasonló eredetre vezethető vissza. A gyártósoron mindössze néhány másodperc áll rendelkezésre a mérés elvégzésére, ezért a jóval rövidebb idő alatt elvégezhető lumineszcencia-mérés a napelem-alapanyagok minősítésére jól alkalmazható.

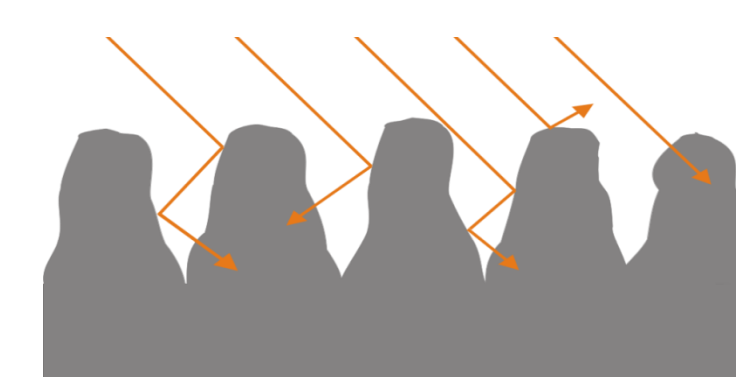
A kontaktált minta fényképe,



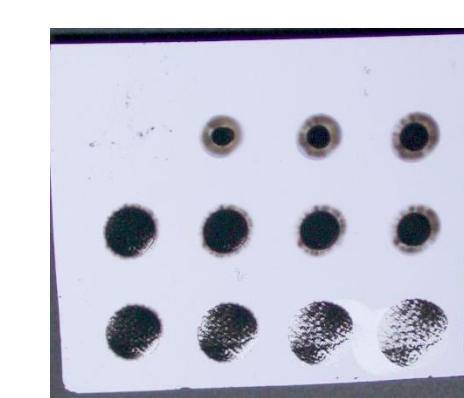
élettartam-térképe és lumineszcencia-térképe.

Fekete szilícium

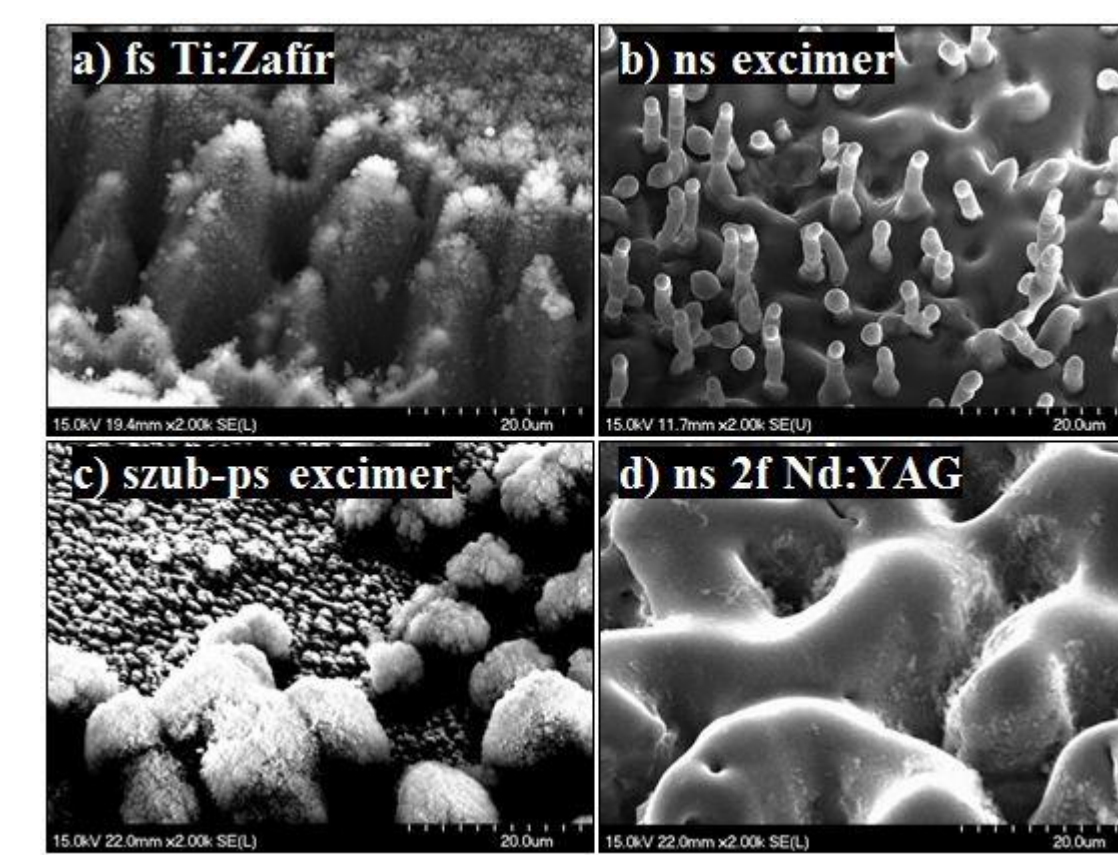
A napelemek hatásfokának növelésére a felületen struktúrákat alakítanak ki. Lézerekkel előállíthatóak szilíciumon olyan felületi struktúrák, amelyekkel a többszörös reflexió révén a fénybecsatló-képesség jobb, mint a kémiailag mart struktúrák esetén. Kutatócsoportunk négyféle lézert hozott létre felületi struktúrákat szilíciumon, majd megvizsgáltuk ezek optikai tulajdonságait. A legalacsonyabb reflektanciával (~2%) a szub-ps-os KrF excimer lézert előállított felületek rendelkeznek, ezek szabad szemmel teljesen feketének látszanak. Az ilyen alacsony reflexióval rendelkező szilícium-szeleteket fekete szilíciumnak (black silicon) nevezik.



A többszörös reflexió.

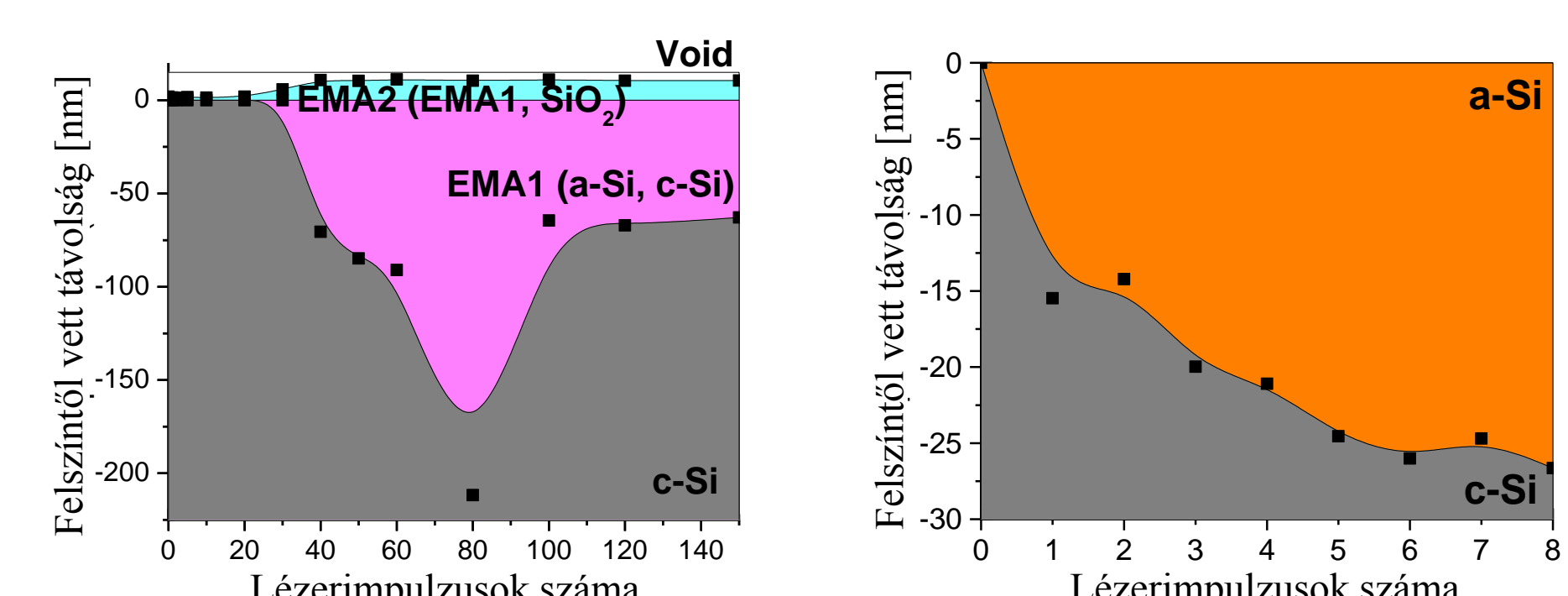


A szub-ps-os excimer lézertel készített minta fényképe.



A négyféle lézertel kezelt felületek elektronmikroszkópos felvételei.

Az alacsony lövesszámmal előállított mintákon elvégzett ellipszometriai mérések alapján következtetni tudunk a struktúrák kialakulásával járó folyamatokra. 30 ns és 480 fs impulzushosszú KrF excimer lézerek mintái esetén különböző mértékű amorfizáció (a-Si) mutatható ki. Ezt a Raman-spektroszkópiai mérések is alátámasztották.



Az amorf rétegek vastagságának változása a lövesszám növelésével. KrF 30 ns KrF 480 fs



University of Szeged • Department of Optics & Quantum Electronics
Semiconductor Optics Research Group

Main research projects of the group:

Optical investigations on semiconductors are fast, nondestructive and high precision measurements. Our research group applies ellipsometry, Raman-spectroscopy, optical microscopy, carrier lifetime and luminescence measurements on semiconductors.

A student laboratory was established, with the support of Semilab Ltd., where students can get acquainted with the basic optical measurements on semiconductors through project works and laboratory measurements.

Collaborations, projects:



Semilab Semiconductor Physics Laboratory Co. Ltd.

Our most important studies in the last years:

- **Depolarization:** The evaluation of ellipsometric measurement can be complex on depolarizing samples like ZnO films produced by pulsed laser deposition. Our aim was to investigate the sources of depolarization and to give a method for handling scattering-caused depolarization.
- **Solar cells:** The classification of silicon wafers during solar cell production is done by carrier lifetime measurement. This provides information on the quality of the crystal. The decrease in the intensity of photoluminescence can be correlated to crystal defects, so it can be also used for classification.
- **Black silicon:** Producing surface textures by multiple laser pulses is a promising process to produce black silicon surfaces which may enhance efficiency of solar cells. We have investigated the optical properties and the development of the resulted surface structures. The samples prepared by 480 fs KrF laser pulses are completely black to the naked eye as they have the lowest (~2%) reflectance.

Együttműködések, projektek



Semilab Félvezető Fizikai Laboratórium ZRt.

Kutatócsoport-vezető:

Név: Dr. Tóth Zsolt

e-mail: ztoth@physx.u-szeged.hu

