

SZERZŐ: S. K.

Önszerveződő nanostruktúrák molekulásugár-epitaxiával

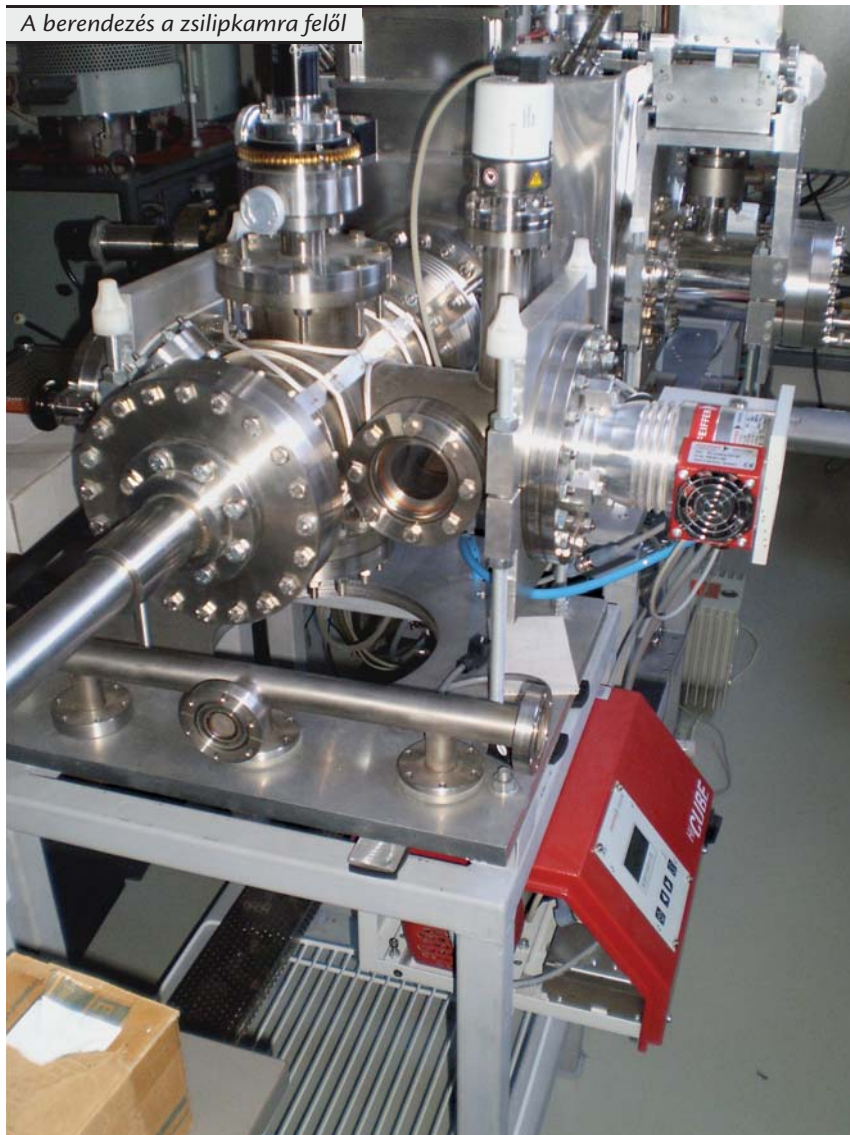
A japán, olasz és magyar résztvevők együttműködésén alapuló nanostruktúras kutatási projekt (Concer-Japan ERA-NET FemtoTera [NKFIH-OTKA-NN114457]) vezető kutatója magyar részről **Nemcsics Ákos**, az Óbudai Egyetem Mikroelektronikai és Technológiai Intézetének (ÓE-KVK-MTI) professzora. Vele beszélgettünk az eredmények és ezek hazai hozadéka kapcsán. A projekt a terahertzes sugárzás generálását GaAs alapú nanostruktúra-komplexek segítségével célozza megvalósítani. E nanostruktúra-komplexek előállítása molekulásugár-epitaxiás eljárással történik. Az alábbiakban szó lesz e kulcsfontosságú technikáról és hazai lehetőségeiről is.



Először erről a fontos technikáról, illetve berendezésről kérdezem. Mi a molekulásugár-epitaxia, és miért kulcsfontosságú a szerepe?

– Valóban az eljárás kulcsfontosságú része a projektünknek. Ezzel az eljárással lehet kézben tartható módon nanostruktúrákat előállítani. Ráadásul a berendezéssel a növekedést *in situ* meg is lehet figyelni. Az eljárás atomi pontosságú kristálynövesztést tesz lehetővé. A növesztést önszerveződő módon csináljuk, mivel a nanostruktúrák előállításánál kevésbé „kifizetődő” és ritkán alkalmazható a mikroelektronikából ismert direkt „megmunkálási” technológia. Az adott rendszerben inherensen meglévő kormányzó erőket használjuk ki a tervezett nanostruktúra előállítására. Ez azt jelenti, hogy a növesztés körülményeit úgy állítjuk be, hogy az növekedjen, amit mi szeretnénk. Természetesen ezt a fázist sok-sok kutatómunka kell, hogy megelőzze. Jelen esetben a nanostruktúrákat egy teljesen új technikával, az ún. csepp-epitaxiával hozzuk létre. (Ennek a növekedésfolyamatai még jórészt megértésre várnak.) A mi feladatunk a projekt keretében a növekedés-kinetika feltérképezése, megértése, melyet MFA-s (MTA Energiatudományi Kutatóközpont Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet – a szerk.) kollégákkal együttműködve végzünk. Itt kell név szerint megemlíteni **Tóth Lajos** kollégámat, akivel régi és nagyon gyümölcsöző az együttműködésünk. **Amint az érzékelhető, az eljárás ismerete elengedhetetlen a kinetika feltérképezéséhez, megértéséhez. Honnan szerzett annyi tapasztalatot, hogy ez lett a magyar fél feladata a projektben?**

A berendezés a szilipkamra felől



– Kollégáimmal már az MFA jogelődjében (MTA Műszaki Fizikai Kutatóintézet) foglalkoztunk GaAs és rokon félvezető anyagok epitaxiális növesztésével és a keletkezett rétegstruktúrák vizsgálatával. Az epitaxiális eljárás egyfajta kristálynövesztés, mellyel vékonyrétegek, nanostruktúrák állíthatók elő. Az epitaxiának több módja lehetséges, ezek egyike a molekulásugár-epitaxia. Ez a technika – a hozzá tartozó berendezés igen magas ára miatt – hazánkban nem volt elérhető. Az 1990-es évek elején néhány évig a Kieleti Egyetem Kísérleti Fizikai Intézetében dolgozhattam egy ilyen berendezéssel. Ez a kutatómunka alapozta meg az elköteleződésemet az MBE (molecular beam epitaxy – *a szerk.*) iránt. Ezt követően később több MBE laborban is jártam, illetve dolgoztam több hónapot.

Az MBE miben különbözik más eljárásoktól?

– Mint említettem, a dolog nem volt előzmény nélküli. Kutatóintézetünkben nagyon erős volt a III-V anyagok epitaxiája. Különböző epitaxiális berendezéseink (gőzfázisú, folyadékfázisú) voltak, de MBE sajnos nem volt. Az MBE nemcsak egy UHV (Ultra-High Vacuum; ultranagy vákuum – *a szerk.*) terű technológia, hanem a vizsgálat lehetősége is benne van. Tehát egy komplett kutatólaboratórium. A növekedés nagyon precízen szabályozható, és a növekedő felület elektronsugaras technikával *in situ* meg is figyelhető. Tehát lehetőségünk van arra, hogy a növesztés időbeli lefolyásáról információkat szerezzünk, esetleg növesztés közben is korrigálhassunk a paramétereken. Már akkor lehetett tudni, hogy az MBE a jövő technológiája lesz. Gondolkodtam, hogy hogyan lehetne egy ilyen berendezésre szert tenni, mert az ára a kiépítéstől függően több száz millió forint. Pályázatokkal próbálkoztam, sajnos, sikertelenül.

Mi indította arra, hogy egy ilyen berendezést próbáljon beszerezni?

– A gondolat a kielői kutatómunka során született. Abban az időben teljesen általános volt az arzénhátter melletti struktúranövesztés. Amikor már elegendő tapasztalatot szereztem a területen, felvettem a kielői kollégáknak, hogy csináljunk egy arzénhátter nélküli kísérletet. Amikor az ember külföldön dolgozik, általában nem kap szabad kezet a kísérletezésben. Sajnos én sem kaptam meg a jóváhagyást, arra való hivatkozással, hogy ez a próbálkozás biztosan kárba vész. Ekkor fogalmazódott meg bennem először, hogy kell egy hazai berendezés, hogy szabadon kísérletezhessünk. Itt jegyzem meg, hogy a nem engedélyezett kísérlet esetleg elvezethetett volna bennünket a – mostani japán projektünk alapjául szolgáló – csepp-epitaxiához. Ugyanis a csepp-epitaxiának is ez a növesztési mód az alapja. Körülbelül egy évvel később **Koguchi Nobuyuki** japán kutató és munkatársai publikálták ez irányú eredményeiket, amit ma a csepp-epitaxia kiinduló műveként idézünk. A munka jelentőségét csak több mint egy évtized múlva fedezték fel. Ekkor indult „hódító” útjára a csepp-epitaxia. Nem sokkal az említett publikáció megjelenése után egy konferencián volt szerencsém találkozni és beszélgetni Koguchi professzorral. Ő már akkor tisztában volt az eredmény jelentőségével.

Sikerült-e, illetve hogyan sikerült az álmod megvalósítani, már ami az MBE berendezést illeti?

– A berendezéshez egy véletlen során jutottunk. A Kieleti Egyetem a régi MBE helyett egy másik berendezést vett, és a régiti alkatrésznek az egyetem pincéjében akarták elhelyezni. Aztán kiderült, hogy a pince levegője túl nyirkos a hosszú távú tároláshoz. Ekkor elsőként engem kérdeztek meg, hogy igényt tartunk-e egy ilyen berendezésre. Annak idején nemcsak használtam ezt a berendezést, de több fejlesztésben is aktívan részt vettem. Tehát jól ismertem a berendezést. Nagyon megörültem az ajánlatnak. A berendezést ingyen adták, de néhány egységet átadás előtt sajnos leszereltek róla. Hazaszállítás után az egyetemünk



A berendezéshez tartozó vezérlőelektronika

jogelődje (a Budapesti Műszaki Főiskola) és az MTA-MFA (jelenleg MTA-EK-MFA) közötti megállapodás alapján létrehoztunk egy MBE labort csillebéri telephellyel.

Hogyan sikerült a hiányzó alkatrészeket pótolni?

– Nagy elánnal fogtunk neki a laborépítésnek. Kollégák és hallgatók bevonásával folyt a munka. Egyetemünk és jogelődje a szakképzési alap terhére több millió forintot investált a fejlesztésbe. Ebből a pénzből a hiányzó komponensek nagy részét beszereztük. Mint már a beszélgetésünk elején utaltam rá, a növesztés során lehetőség van az *in situ* megfigyelésre és a növesztés szabályozására, ezért egy robusztus szabályzórendszer is építettünk a berendezéshez. A laborfejlesztési munkákban nagyon sok hallgató vett részt. Nemcsak a mi hallgatóink, hanem voltak hallgatók Németországból és Svájcban is. Tíznel több szakdolgozat, valamint sok publikáció is született e munka során. Igazi sikertörténetként könyvelhető el ez az időszak. A hallgatók is motiváltabbak, ha high-tech technológiához kapcsolódóan szerzik meg a mérnöki ismereteiket. Itt kell megemlítenem **Tényi V. Gusztáv** kollégámat, aki nemcsak szakmailag vett részt a munkákban, de igen jó pedagógiai érzékkel kiváló hallgatókat irányított erre a területre. A nem egyetemi kollégák közül név szerint említendő **Réti István**, **Harmat Péter**, **Csik Attila**, akik sokat tettek az ügy érdekében.

Hogyan tovább?

– A szakképzési támogatás megszűnése sajnos megtorpanást hozott a mi munkánkban is, de nem adjuk fel. A munka során egyetemünkön kialakult egy kutatókból, mérnökökből álló, az MBE iránt elkötelezett csoport, melyet számos érdeklődő hallgató is erősít. Ez a hazai viszonylatban unikális, ugyanakkor kis költségvetésű, kutatóberendezés és a hozzá kötődő team jó alap arra, hogy a jelenleg futó projekthez hasonló kutatási együttműködésekben eredményesen vehessünk részt. Természetesen a munkánk az együttműködő intézmények vezetésének támogatása nélkül nem jutott volna ebbe a stádiumba – itt kell megemlíteni (ábécésorrendben) **Bársony István** (MFA), **Lendvay Marianna** (ÓE-MTI) és a korábbi, illetve jelenlegi dékánunk, **Turmezei Péter**, illetve **Vajda István** (ÓE-KVK) nevét –, melyért ezúton is köszönetet kell mondjak. ●