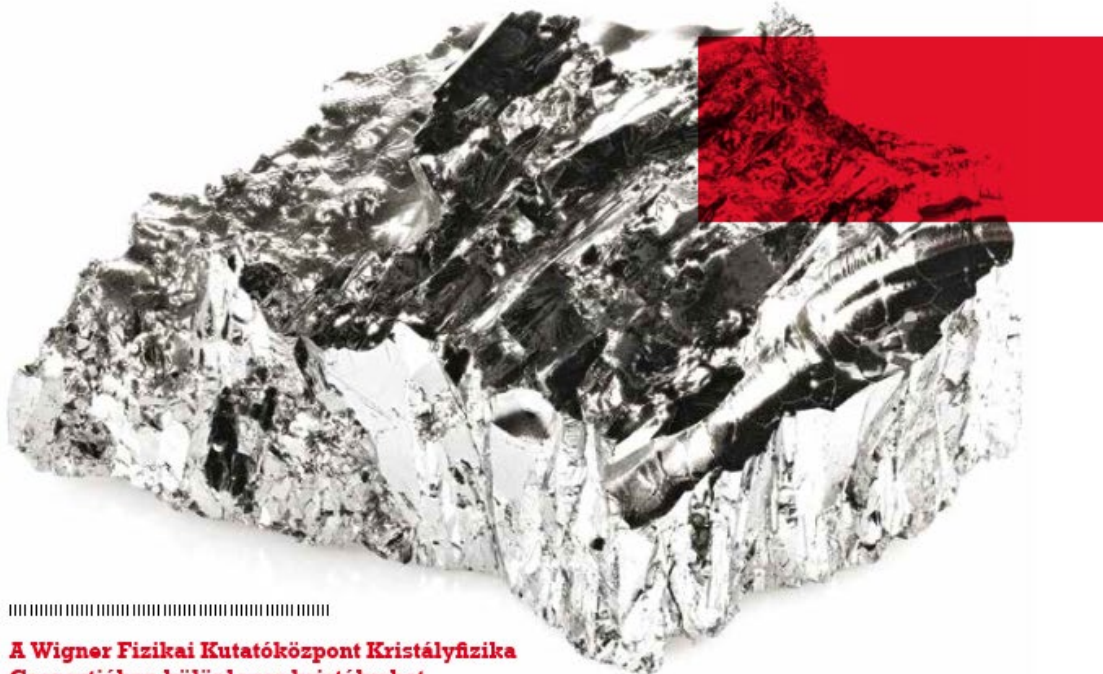


A mesés tellúr-dioxid

KRISTÁLYNÖVESZTÉSTŐL AZ AGYKUTATÁSIG



A Wigner Fizikai Kutatóközpont Kristályfizika Csoportjában különleges kristályokat növesztenek, melyek ipari és orvosi alkalmazása folyamatosan bővül. Az alábbiakban összefoglaljuk a kristálynövesztés legfontosabb hazai kutatási eredményeit és ipari alkalmazásukat.

„Kutatási céljaink között szerepel az optikai egykristályok növesztése elektro-optikai, akusztó-optikai, nemlineáris optikai, lézerfizikai és sugárzásdetektálási kutatásokhoz” – mondta a GyártásTrendnek Szaller Zsuzsanna, a Wigner Fizikai Kutatóközpont Kristályfizika Csoportjának munkatársa. A kutatásokat saját tervezésű

és kivitelezésű, számítógéppel vezérelt kristálynövesztő berendezésekkel végzik, melyeket folyamatosan fejlesztenek.

A laboratóriumban növesztett kristályok négy anyagcsoportba oszthatók:

- niobátok (LiNbO₃, K₃Li₂Nb₅O₁₅),
- borátok (-BaB₂O₄, Li₂B₄O₇, CsLiB₆O₁₀, YAl₃(BO₃)₄, Li₆Y(BO₃)₃),

- Bi₂O₃-alapú oxidok (Bi₄Ge₃O₁₂, Bi₁₂Si₂O₂₀, Bi₂Te₅ stb.),
- tellúr-dioxid (TeO₂).

Hely hiányában csak kettőt emelünk ki közülük. A legszélesebb körben alkalmazható kristály a litium-niobát. Különlöleges piezo-, piro-, ferroelektromos, valamint elektro-, akusztó-, nemlineáris



16

MŰVELT MÉRNÖK » FÓKUSZBAN: ANYAGTUDOMÁNY



// Szaller Zsuzsanna,
Wigner Fizikai Kutatóközpont
Kristályfizika Csoportja

optikai, fotoelasztikus, fotorefraktív és fotovoltatikus tulajdonságai révén már alkalmazást nyert sok berendezésben. Így például ultrahang-átalakító, akusztikus felületi hullámszűrő, rezgés- és infradetektor, elektro-optikai modulátor, frekvenciakonverter, optikai hullámvezető, holografikus tároló, nagy energiájú THz impulzus-keltő eszközökben találhatjuk meg ezt az anyagot.

Ezekben az ipari alkalmazásokban fontos a növesztett kristályok homogenitása és kiváló optikai minősége. Ezen tulajdonságának köszönhetően a kristályok integrált optikai felhasználási területe folyamatosan fejlődik és bővül. Megvalósult hazai alkalmazása a paksi atomerőműben rezgésdetektorként, ill. a Femtonics Kft. 3D szkennereinek akusztó-optikai (AO) deflektorában ultrahang átalakítóként.

TELLŰR-DIOXID: EGY KÜLÖNLEGES ANYAG

E cikk keretében az egyik legkedvezőbb tulajdonságú akusztó-optikai anyagra, a tellúr-dioxidra fókuszálunk. A Kristályfizika Csoportban már a 70-es évek óta állítanak elő TeO₂ egykristályt saját fejlesztésű növesztő berendezésekkel (1. ábra). „A 20 mm-es szabályozott átmérőjű kristály mérete és minősége akkor a világszínvonalat jelentette. Jelenleg 50 mm átmérőjű, 45 mm

hengerhosszú kristályt tudunk növesztetni (2. ábra) és kristályvágó berendezéseinkkel megmunkálni” – mondta Szaller Zsuzsanna, aki hozzátette: mivel a legtöbb eszközben az akusztó-optikai cellák legnagyobb mérete merőleges arra a kristálytani irányra, amelyben a kristályt növesztjük, ezért ezt a méretet a kristály átmérője korlátozza.

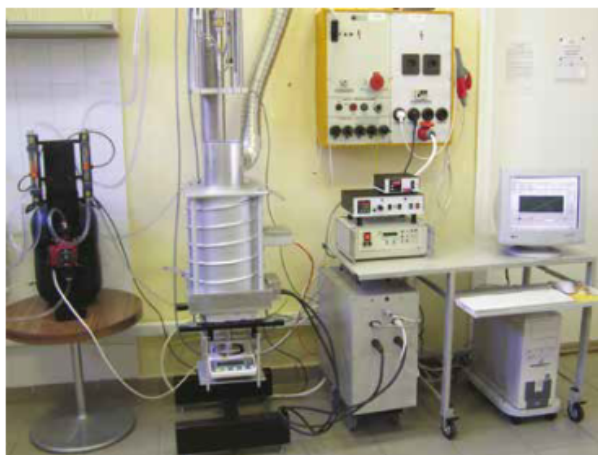
A paratelluritnak, -TeO₂ (továbbiakban TeO₂) különleges szerkezete van unikális fizikai tulajdonságokkal, nagy törésmutató-

val, széles optikai áteresztési tartománnyal (0.35-5.5μm), nagy anizotrópiájú Young modulussal. Ez utóbbiból következően a kristálybeli hangterjedés sebessége is anizotróp, azaz egy adott kristálytani irányban különösen alacsony a hang terjedési sebessége. Ennek eredményeképp a TeO₂ az egyik legjobb akusztó-optikai anyag, amit deflektorok, modulátorok, elektromosan hangolható szűrők készítésében használnak fel.

Az akusztó-optikai berendezések teljesítménye függ a kristályban létrejövő fényhang kölcsönhatás erősségétől, az alacsony akusztikus veszteségtől, a hőmérsékleti stabilitástól, a kristály méretétől és minőségétől. Az eszközgyártók TeO₂ egykristállyal szemben támasztott követelményei a fenti okok miatt magasak. Csak a makroszkopikus hibáktól (ikresedés, szemcsehatár, zárvarnyok, gázbuborékok, növekedési átméregyenletlenségek) mentes, optikailag kiváló minőségű és egyre nagyobb méretű kristályokat keresik. Ennek a kihívásnak nem könnyű megfelelni, mert a kristálynövesztésnek számos buktatója van.

A MEGMUNKÁLÁS FOLYAMATA

A TeO₂ növesztése ellenállás-fűtésű kályhában Czochralski-módszerrel történik. Ennek lényege, hogy hűtőspirállal körülvev-



// 1. ábra. A Wigner FK Kristályfizika csoportja által kifejlesztett Czochralski-típusú növesztőberendezés

kerámiaúdra megfelelő kristálytani irányban orientált kristálymagot rögzítenek, amit forgatás közben a kályhában lévő tégelyben megolvastott TeO_2 -olvadékba mártanak. Az olvadékból az anyag fokozatosan a magra kristályosodik. Az átmérőszabályozás érdekében egy számítógépes program szerint hűtik a kályhát, miközben a kristályt lassan kihúzzák.

és a forgatási sebesség gondos megválasztása szükséges. A kristály jellemzője, hogy hőtágulása is nagyon anizotróp, vagyis egyik irányban négyszer akkora a hőtágulási együtthatója, mint rá merőlegesen. Az ebből eredő repedésveszély miatt a kristálynövesztés utáni lehűtést és a megmunkálást is nagy gondossággal kell végezni, elkerülve a legkisebb hőlökést is.

ULTRAHANG-ALAPÚ SZKENNEREK, LÉZER MIKROSKÓPÓK

Mint említettük, a TeO_2 kristályok legfontosabb alkalmazása az akusztó-optika, amely fénynyalábok spektrális szűrését, térbeli irányítását, illetve fázis vagy intenzitás-modulációját teszik lehetővé a kristályban terjedő ultrahang segítségével. Az ultrahang alapú szkennerek a tükrös szkennereknél nagyságrendekkel gyorsabbak és mechanikailag stabilabbak a mozgó alkatrészek hiánya miatt.

„Az ultrahang-alapú szkennerek egyik kiemelt alkalmazási területe a lézer-mikroszkópia – pl. kétfoton mikroszkópia –, amelyben az akusztó-optikai szkennerek megfelelő felépítéssel és vezérléssel a fluoreszcenciát gerjesztő lézer-fókuszolt valós idejű, gyors mozgására képesek háromdimenziós térben” – mondta lapunknak Maák Pál, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Atomfizika Tanszékének docense. Mindez világszínvonalon egyedülálló méréseket tesz lehetővé, így például az idegrendszer, a bőr, illetve különböző típusú biológiai minták vizsgálata során. A gerjesztés térbeli mozgásának és sebességének akusztó-optika által lehetővé tett viszonylag szabad megválasztása lehetővé teszi az idegi folyamatok közvetlen vizsgálatát, az ingerületek útjának követését akár éber és viselkedő állatokban is, nagymértékben elősegítve az agyműködés, pl. a tanulás megértését.

Magyarországon a Femtonics Kft. által előállított világszínvonalú csúcstechnológiát jelentő 3D kétfoton-mikroszkópok lelke az akusztó-optikai eltérítő, amelyekhez a Kristályfizika Csoportban növesztett tömbi TeO_2 kristályokat és LiNbO_3 ultrahangkeltő kristálylapkákat használnak fel. „Az újabb konfigurációkban egyre jobb paraméterekkel (ultrahang-sávszélesség, optikai átvitel, hangolási sebesség) rendelkező eltérítőket dolgozunk ki változatos kristálytani orientációjú és méretű kristályokra építve. Ezekkel a jelenleg is széles mikroszkóp-termékpallettát tovább szélesítjük, nagy nemzetközi érdeklődés mellett, gyakran specifikus alkalmazásokra, biológiai vizsgálati feladatokra koncentrálna” – mondta Maák Pál.

■ Ember Zoltán



II 2. ábra. Tellúr-dioxid egyik kristály

A kristálynövesztés nehézsége abban rejlik, hogy a TeO_2 olvadéka a növesztéshez használt platina tégely anyagát megtámadja. Platina-tellurid, valamint platina csapadékszemcsék és oxigén gáz keletkezik az olvadékból, ami fekete zárvány, ill. fátyol- vagy hajszálszerű megjelenést mutató gázbuborékok formájában beépül a kristályba. A platina-telluridot növesztés előtt valamilyen fizikai módszerrel el kell távolítani az olvadékból. A gázbuborékok eltávolítása az olvadékból a nagy viszkozitás miatt nem lehetséges. A kristálynövesztési paraméterek nagyon gondos megválasztásával azonban az oxigén buborékok kristályba történő beépülésének mértéke csökkenthető, ill. a legkedvezőbb esetben meg is szüntethető. Ennek érdekében megfelelő termikus gradiens, kis kihúzási sebesség,

„A mintakészítés során az akusztikus rezgés irányában igen precízen, 1' (szögperc) tűréshatárral kell megmunkálni a kristályt” – mondta lapunknak Tichy-Rács Éva, a kristálymegmunkálás vezetője. A vágóberendezésekkel az orientációt átlagosan 6', vagyis 0,1° pontosságú goniméterrel tudják beállítani. A kristálytani síkokat egykristály-röntgendiffraktométerrel ellenőrzik, melynek leolvasási pontossága 10" (szögmásodperc). A Mohs-skálán 4-es keménységgel jellemezhető, aránylag puha kristályt az optikus kézzel csiszolja a kívánt pontosságúra. A fentebb említett hőlökés elkerülése érdekében csak szakaszosan lehet polírozni, nehogy túlzottan felmelegedjenek a tömbök, továbbá a lemosást csak szobahőmérsékletű (± 1 °C) vízzel szabad végezni.