

Az EIVRT műszaki-tudományos együttműködése a szovjet elektronikai iparral

ETO 001.83(439:47):621.38

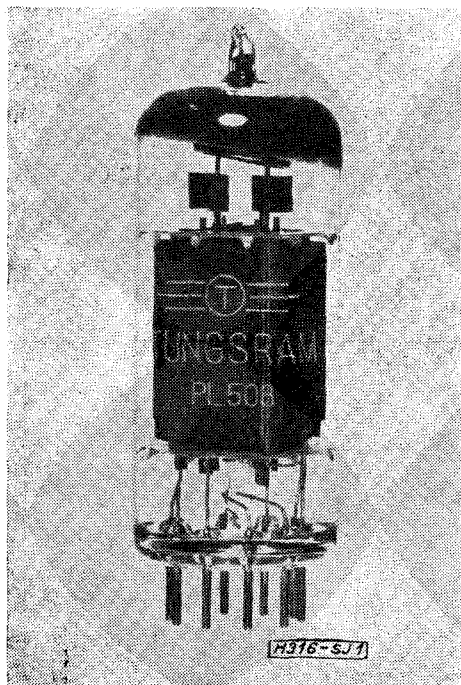
A szovjet elektronikai ipar és az Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt. kapcsolatai szinte azonnal a felszabadulás után létrejöttek, s az együttműködés azóta is számos területen folyik. A közös tevékenység tematikája egyre bővül, s ma már nemcsak a híradástechnikai ipar elektronikai-vákuumtechnikai ágazatait öleli fel, hanem kiterjed egyéb, az EIVRT profiljához tartozó területekre is.

Kapcsolataink öt szovjet minisztérium — Elektrotechnikai Ipari Minisztérium, Elektronikai Ipari Minisztérium, Építőipari Minisztérium, Gyógyszeripari Minisztérium és Kultúra Minisztérium — iparágaival állnak fenn, mivel egyes gyártó berendezéseink ezek speciális igényeinek kielégítésére is alkalmasak, pl. gyógyszerampulla gyártó gépek vonatkozásában.

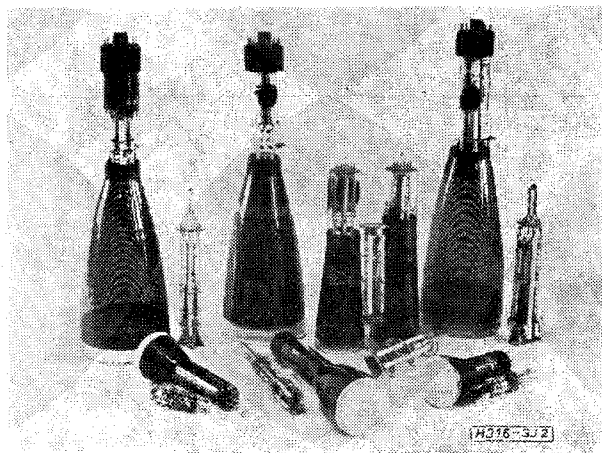
Együttműködésünk szovjet partnereinkkel igen hatásos a gépgyártás, a fényforrások és ezek alkatrészeinek kutatási-fejlesztési vonatkozásában. Az Össz-szövetségi Fényforráskutató Intézet (VNYIISz) egyik legfontosabb partnerünk, de ez irányú kapcsolataink kiterjednek a szovjet fényforrás gyártó ipar valamennyi fontos centrumára.

Az együttműködés nem korlátozódik az információk irásos cseréjére, hanem felöleli szakemberek kölcsönös tanulmányútjait, ami az egyes konkrét gyár-

Beérkezett: 1974. június 12.



1. ábra. Televízió video-végfokozati cső



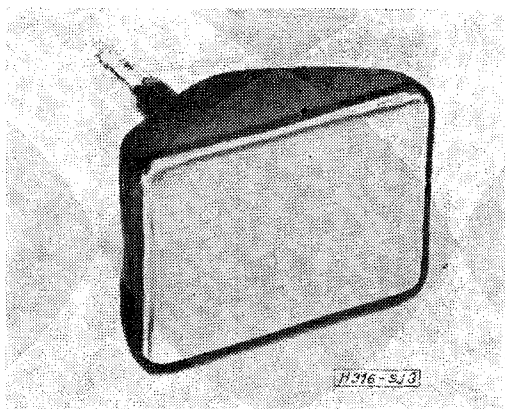
2. ábra. Elektronsugárcsővek és szerelvényeik

tási feladatokhoz kapcsolódva meggyorsítja a gyakorlati kivitelezést. Ez jelentős megtakarítást is eredményez a kutatási kapacitás vonatkozásában.

Az elektronikai ipar területén legfontosabb közös témáink a következők:

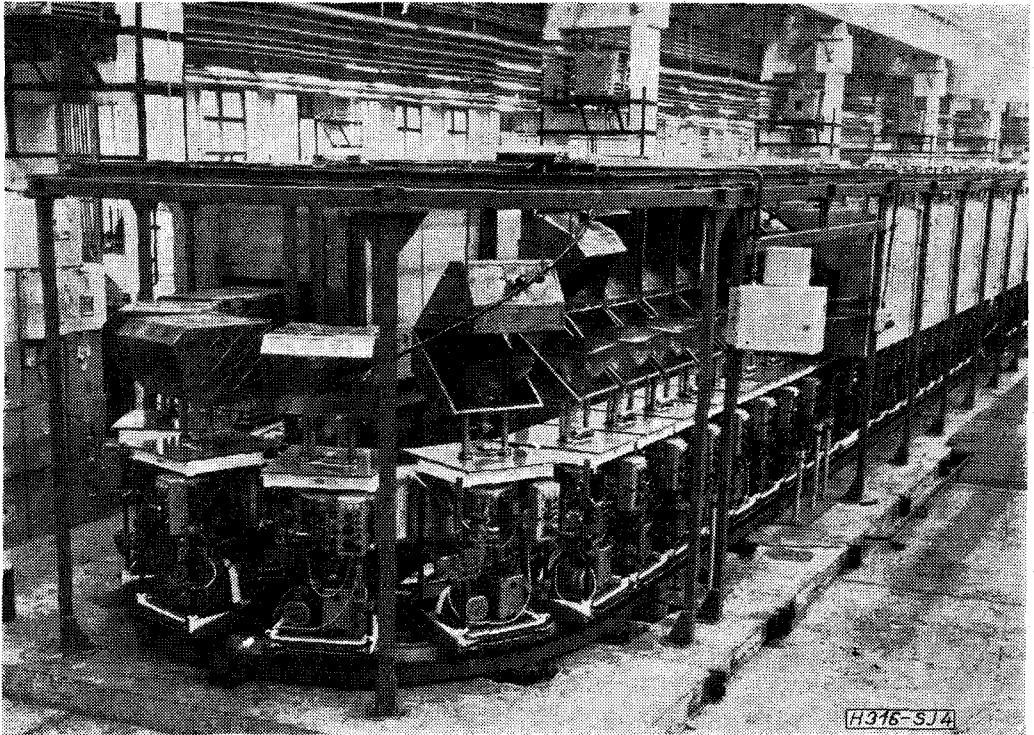
- nagyfeszültségű vevőcsövek, elsősorban televízió vevőkészülékek video-végfokozatához (1. ábra),
- oszcilloszkóp képcsövek különféle változatai (2. ábra),
- monitorcsövek (3. ábra),
- televízióképcső-gyártó gépsorok, ide értve a színes képcsöveket gyártó gépsorokat is (4. ábra),
- adócsövek,
- félvezető eszközök.

E főbb területeken számos altémában folynak a részletes kutatások, tapasztalatcserék, technológia-cserék és más együttműködési formák keretei között.



3. ábra. Televízió monitorcső raszteres ernyőkivitellel

4. ábra. Szovjet dokumentáció alapján, a Szovjetunió részére az EIVRT Vákuumtechnikai Gépgyárában készült szivattyúautomata, színes televíziós képesővek gyártásához



Az alábbiakban ismertetünk néhány olyan témát, amelyeket az együttműködés keretében dolgoztunk ki, s amelyek eredményeit azóta is hasznosítjuk a gyakorlati munka során.

Adócsövek

A karbidszerkezet hatása a formatartásra és az emisszióképességre

Több ezer órát égett adócsövek katódjait vizsgálva megállapítottuk, hogy a formatartó, ill. a deformálódott katódok karbidszerkezetének irányítottsága eltérő. Ez a felismerés szükségessé tette, hogy megállapítsuk azokat a feltételeket amelyek mellett a különböző irányítottságú alfa- W_2C kristályok kialakulnak. Tapasztalatok szerint a keletkezett kristályok irányítottsága (a választott elvezetés szerint) lehet pikkelyes, sugaras és tengelyes.

Pikkelyes irányítottságnál a W_2C kristály hossz tengelye kb. 60° -os szöget zár be a húzaltengellyel. A kitüntetett irány a W_2C kristály egyik piramidális síkjának (101) normálisa, amely egybeesik a húzaltengelyével (5. ábra).

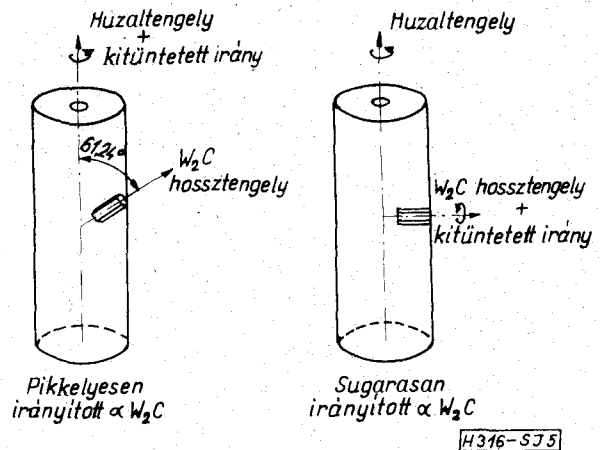
Ezzel szemben sugaras irányítottságnál a karbid-kristályok kitüntetett iránya a kristály hossz tengelye, amely a húzal sugarának irányába esik. Látható, hogy a húzal kitüntetett iránya, azaz a húzaltengely hossz tengelye egymásra merőlegesek.

Újabban tengelyes irányítottságú alfa- W_2C -t is felismertek. Ilyenkor a hexagonális cella hossz tengelye párhuzamos a húzal tengelyével. Az ilyen irányítottságú karbid kialakulása és hatása még nem tisztázott.

Pikkelyes irányítottságú alfa- W_2C -nél a karbid kialakulásakor fellépő anizotróp térfogatnövekedés által okozott feszültségek nagyrészt kiegyenlítődnek, mivel a méretnövekedés nem a hossz tengely irányába,

hanem radiálisan történik. Sugaras alfa- W_2C képződésénél viszont a kerületi és sugárirányú méretváltozások közel kiegyenlítik egymást, míg a húzási irányban közel 15%-os méretnövekedés következik be. Ez az egy irányba eső méretnövekedés adja a teljes térfogatváltozást. A húzal wolfrámmagja ezt a megnyúlást nem tudja követni, benne feszültségek keletkeznek, a fonal deformálódik, és nagy húzási igénybevétel esetén el is szakadhat. Azáltal, hogy a karbid-kristályok kitüntetett iránya merőleges a wolfrám-alaphúzal kristályainak kitüntetett irányára, a két réteg között fellépő feszültségek deformációhoz vezetnek. A deformáció pontos kristály-mechanikai magyarázata még nem teljesen tisztázott, az erre vonatkozó kísérletek folyamatban vannak.

Vizsgálataink eredményeiből megállapíthattuk, hogy a formatartó katód karbidszerkezetének pikkelyes irányítottságúnak kell lennie.



5. ábra

A karbidréteg kristályszerkezetének irányítottságán kívül fontos még a réteg szövetszerkezete is. A masszív és a lamellás szerkezetű karbidok az irodalomból is ismeretesek. Lamellás szerkezetű karbidnál a karbidizált zóna W_2C -ből és wolfrámból áll. A wolfrám oldhatósága ugyanis wolfrámkarbidban a hőmérséklet csökkenésével egyre kisebb, ezért lehűléskor az oldott wolfrám kiválik, és az ismert lamellás szerkezet keletkezik.

Masszív szerkezetű karbidnál a karbidizált zóna lényegileg csak di-wolfrám-karbidból áll. Meleg-ellenállása alacsonyabb mint a lamellás szerkezetű karbidé, azonos hideg-ellenállás értékek esetén. A felületi adottságok is eltérők: masszív karbidfelületnél azonos betáplált teljesítmény mellett a fonal hőmérséklete alacsonyabb.

Tapasztalataink szerint a masszív, ill. a lamellás karbidszerkezetű katódok emissziós tulajdonságai is eltérnek. Azonos felületi hőmérsékleten a lamellás szerkezetű katód emissziója kb. háromszorosa ($8-10 A/cm^2$) a masszív szerkezetű katód emissziójának ($2-3 A/cm^2$).

A lamellás szerkezetű katódok és a palládiummal aktivált katódok közel azonos emissziós értékei arra engednek következtetni, hogy a jó emissziós értékek azonos szövetszerkezet következményei. A lamellás katódoknál ugyanis a palládiummal aktivált katódok szerkezetének periodikus ismétlődése áll fenn: di-wolfrám-karbid és wolfrám rétegek váltakoznak.

Az eddigiekből lesűrhető, hogy a formatartás szempontjából pikkelyes irányítottságú, emissziós szempontból lamellás szerkezetű katódot célszerű kialakítani. Kísérleteink során ezért meghatároztuk a karbidizáló szénhidrogén atmoszféra nyomásának és a fonal felületi hőmérsékletének függvényében a különböző irányítottságú és szerkezetű karbid kialakulását.

A karbidizálás szabályozható nyomású szénhidrogén atmoszférában — áramló toluolban — vákuumrendszerben történt. A karbidizálás után szerkezetstabilizáló izzítást végeztünk. Megállapítottuk, hogy irányítotttság szempontjából két tiszta tartomány határolható el: a tisztán sugaras tartomány a magas hőmérséklet- és nyomásértékekhez, míg a pikkelyes tartomány alacsony nyomásértékekhez rendelhető. A két tartomány között vegyes, sugaras és pikkelyes irányítottságú tartomány van.

Megfigyeléseink szerint sugaras irányítottságú karbid akkor keletkezik, ha a szerkezetstabilizáló izzítás előtt a fonal felületén WC-fázis jön létre, amely azután a stabilizáló izzítás során W_2C -fázissá alakul. Ezt a megfigyelést alátámasztja az a tény is, hogy a sugarasan irányított alfa- W_2C kitüntetett irányra merőleges az eredeti wolfrám kristályok kitüntetett irányára, ami pedig csak úgy lehetséges, hogy az átalakulás közben WC-fázison, jelen esetben WC-fázison keresztül történt. A vegyes irányítottságú karbidfelület akkor alakul ki, ha a stabilizáló izzítás előtt a fonalon, a WC-fázison kívül, W_2C -fázis is keletkezik. A két fázis aránya határozza meg a létrejövő két, eltérő irányítottságú kristályok arányát. Tisztán pikkelyes irányítottságú létrejöttének feltétele, hogy a szerkezetstabilizáló izzítás előtt a felületen ne legyen WC-fázis.

Szövetszerkezet szempontjából is feloszthatjuk a vizsgált tartományt: lamellás, pöttyös és masszív részekre. A kialakuló szövetszerkezetet az határozza meg, hogy mekkora a felületen a szénutánpótlás sebességének és a huzalban a szén diffúziós sebességének a viszonya, továbbá mekkora a különböző hőmérsékleteken a wolfrám oldhatósága a wolfrámkarbidban. A masszív szerkezet ezek szerint akkor keletkezik, ha a felületen a szénutánpótlás sebessége nagyobb mint a szén diffúziós sebessége a huzalban, és a wolfrám oldhatósága a wolfrámkarbidban kicsi. Ez nagy nyomás és kis hőmérséklet-értékeken jön létre. A lamellás szerkezet kialakulásához ellenkező tendenciák érvényesülése szükséges.

Más szénhidrogén atmoszférát vagy eltérő minőségű anyagot alkalmazva az értékek eltolódnak, de a diagram tendenciája várhatóan azonos marad. Ez utóbbi feltételezést benzol-hidrogén atmoszférában, valamint naftalinban végzett ellenőrző kísérleteink igazolták is.

A kidolgozott karbidizálási technológiát alkalmaztuk 20% réniomot tartalmazó tóriumos wolfrámfonalak karbidizálásánál is. Így olyan katódokat állítottunk elő, amelyek fajlagos emissziója $6-8 A/cm$ értéket ért el, szemben az ezen anyagokra már elfogadott $1,4 A/cm^2$ értékkel. Ezt az emissziós áramot az irodalom szerint szükséges aktiválási folyamat alkalmazása nélkül, pusztán a kidolgozott jó karbidizálási paraméterek mellett kaptuk.

A kidolgozott karbidszerkezet és irányítottság nyomás-hőmérséklet diagramja alapján kijelölhető az a nyomás- és hőmérséklettartomány, amelyen belül a formatartó és jó emissziós tulajdonságú katódok kialakíthatók.

Félvezetők

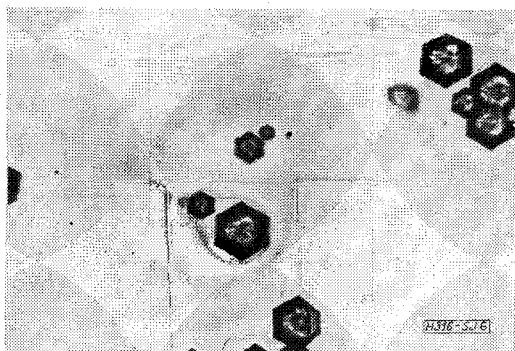
Adalékanyagok anomális diffúziója szilíciumba, szabad bróm jelenlétében

A félvezetőkben végbemenő anomális diffúzió jelenségei a következő főbb folyamatokkal jellemezhetők:

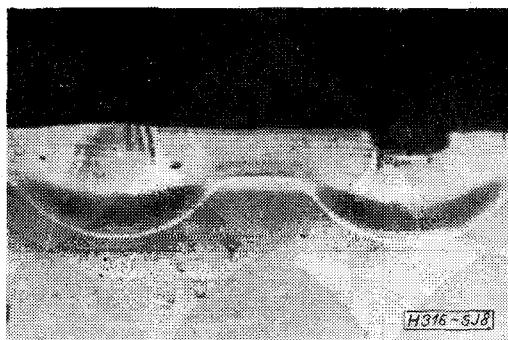
- adalékanyagok diffúziójakor a kristály rácsállandója változik. Nagy szennyező-gradiens esetében a kristályban jelentős feszültségek keletkezhetnek.
- a nagy koncentrációjú adalékanyag-front közelében vakanciák generálódnak (pl. foszfor diffúziónál). A vakanciák koncentráció-gradiense a felületre merőleges. A vakanciák koncentrációjának növekedése az adalékanyagok anomális diffúziójához vezet.
- egyes esetekben a magas adalékanyag koncentráció — pl. foszfor-diffúziónál — a diffúziós állandó csökkenését okozhatja.

Az anomáliák fő okozói egyrészt az energiatér-változásai a defektusok (pl. diszlokációk) közelében, másrészt a vakanciák mennyiségének időbeli és térbeli változása, diffúzió közben.

Egyes esetekben anomális diffúziót okozhatnak elektromosan inaktív szennyezők is. A diffúzió menetét a folyamat során a felület közelében található bár-



6. ábra. Maródási gödrök a Si felületén a szigetelő diffúziós csatornák közelében. Orientáció: (111)



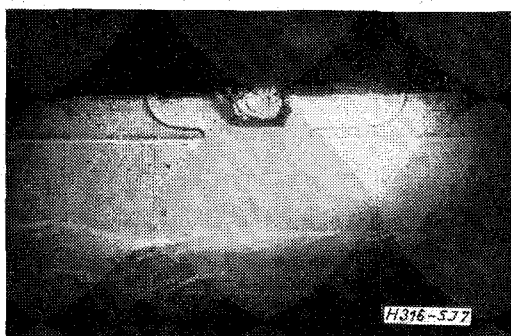
8. ábra. Maródási effektusok oldalirányú képe az (110) hasított síkon. Jól megfigyelhető, hogy a gödrök környezetében meggyorsult a diffúzió

mely anyag befolyásolhatja, ha az a folyamat végrehajtása során található az adott térben.

Ez az ún. harmadik komponens, amelynek szerepe a szakirodalmi közlésekből alig ismeretes. Vizsgálatainkat — amelyek eredményéről a következőkben beszámolunk — bór-tribromid jelenlétében végeztük, s célunk a bór diffúziójának megfigyelése volt. Hasonló jelenségek más, harmadik komponenssel együttjáró diffúzióknál is fennállhatnak.

A folyamatnál elkerülhetetlen a szabad bróm jelenléte. Ez a harmadik komponens megfigyeléseink szerint a diffúzióknál az alábbi jelenségeket okozza:

- a szilícium felületén hatszög alakú bemarkódási gödrök keletkeznek. Ezek a gödrök még oxiddal védett felületeken is megfigyelhetők (6. ábra).
- a bemarkódási gödrök közelében a diffúzió sebessége jelentősen megnő (7. ábra).
- a diffúzió elfajult tartománya megnő a normál diffúzióhoz képest.



7. ábra. A szigetelő diffúzió oldalirányú képe hasított (110) síkon. A csatorna közepén maródási effektus

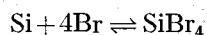
A bórt bór-tribromidból diffundáltattuk. A szubstrátum fajlagos ellenállása 0,1 ohm/cm, az adalékanyag pedig foszfor. A diffúziós folyamatot két lépésben hajtottuk végre:

- bór-üveg előállítása a kristály felületén. A folyamatnál a kristály hőfoka 1160 °C
- a bór behajtása 1300 °C-nál. A behajtás ideje 60 perc, a vívógáz oxigén. A művelet befejezésével 5 ohm/kvadrát ellenállású és 15 μm mélységű átmenetet nyerünk. E második művelet után jelennek meg a felületen a bemarkódási gödrök.

A bemarkódások jellegének és természetének megismeréséhez szükséges, hogy valamilyen módon indikáljuk a kristály szerkezetében végbemenő változásokat. Különösen előnyös olyan módszer alkalmazása, amelynél azonosítani tudjuk az (111) felületen levő defektusokat, oldalirányú metszetükkel. A feladat megoldható az ún. „hasított sík”-módszerrel, amelynek alkalmazását a 8. ábra szemlélteti.

Véleményünk szerint az anomális diffúziót az adott esetben a szabad bróm okozza. Kísérleteink tanúsága szerint magas hőfokú diffúzióknál az alábbi jelenségek figyelhetők meg:

- a szabad bróm a kristály felületével az alábbi kémiai reakcióba léphet



s ennek következtében hatszögletű maródási gödrök keletkeznek, mivel a reakció sebessége struktúra-érzékeny

- az oxid felületén keletkezett bórüveg a réteg lokális kristályosodásához vezet. Az átkristályosodott helyeken a szabad bróm a fentiek szerint marja a felületet. Így az oxid felületén is megjelennek a hatszög alakú maródási gödrök.

Meggyőződésünk, hogy az ismertett folyamat szerint keletkezett maródási gödrök az anomális diffúzió okozói: a maródások helyén a diffúziós profil megváltozik, a diffúzió mélysége megnő.

Vizsgálataink szerint a szabad bróm a felületet nemcsak marja, hanem abba be is diffundálhat. Feltételezhető az is, hogy a defektusok közelében a felületen magasabb bór-tartalmú góccok keletkeznek.

Ismeretes, hogy a szilícium atomok közötti távolság kisebb, mint a bór-atomok átmérője (ez az atom- és ion-sugarak arányaiból nyilvánvaló). Ez a tény a maródási gödör közelében repedéseket okoz. A repedéseken keresztül a bór-atomok nagyobb mennyiségben kerülnek az anyag belsejébe mint normál diffúzióknál. Ebből következik, hogy a diffúzió anomális szakasza megnő, az alfa elfajulási együttható értéke elérheti a 0,9-et.

Tekintettel arra, hogy a fentiekben leírt bróm — harmadik komponens — hatását a nagy felületi ellenállású rétegek készítésénél nem (vagy csak hibás műveletnél tapasztaltuk, feltételezzük, hogy a bemarkódások létrejöttéhez a nagy koncentrációjú bór és bróm egyidejű jelenléte szükséges. Úgy tűnik,

hogy a nagy felületi koncentrációjú diffúziós réteg hajlamos a bróm — harmadik komponens — jelentős mennyiségének abszorpciójára a leválasztási műveleteknél, majd deszorpciójára a behajtásnál.

Az ismertetett anomáliák megakadályozhatók, ha a felületet megvédjük vékony oxid-réteggel. A védő oxid vastagsága néhány Å. Az oxidréteg átkristályosodása megakadályozható, ha a magas hőfokú diffúzió előtt a felületről a bór-üveget eltávolítjuk. Az átkristályosodás nagymértékben befolyásolható a bór-tribromid megfelelő adagolásával is. Az adagolás mértékét befolyásolják a diffúziós rendszer geometriai méretei, amelyek az adott rendszerre konkrét beállítást igényelnek.

Gondosan ügyelni kell magának a rendszernek és

az alkalmazott gáznak a tisztaságára is. Különösen káros a nedvesség jelenléte.

*

Csupán két fontosabb területet mutattunk be részletesebben, azonban ezek is illusztrálják, hogy a műszaki tudományos együttműködés alapvető kérdések tisztázására is kiterjed.

I R O D A L O M

- Псурцев:* Итоги и задачи (Вестник Связи 1973/4).
Псарев: Новые горизонты строительства средств связи (Вестник Связи 1971/8).