

Lézer technológia az elektronikus iparban

ETO 621.375.826:621.3.049.77:621.9.048

Az elektronikus műszerek gyártástechnológiájában korszerű és perspektivikus irányzat a lézertechnológia, mely egyben a kvantumelektronika egyik első és széles alkalmazási területe.

A lézertechnológiát jellemző kontaktmentesség és lokalitás, kis hőhatás zóna, valamint az átlátszó héjakon keresztüli hegesztés lehetősége jelentősen megkönnyíti a technológiai követelmények teljesítését, nagy pontosságot eredményez, az egységek szerelésekor is elősegíti az elektronikus termékek miniaturizálását és növeli azok integrációs fokát.

A gyártás nagy sorozat esetén nagy termelékenységgel technológiai folyamatok bevezetését teszi szükségessé. A lézertechnológiai ciklus rövid idejűsége, együtt a magas automatizáltsági szinttel és a programvezérléssel, teljesen megfelel ennek a követelménynek. A lézer alkalmazása lényegesen növeli a hibátlan termékek arányát, növeli azok minőségét és megbízhatóságát, csökkenti a gyártás munkaigényességét, mindezzel jelentős gazdasági hatékonyságot eredményez.

Az utóbbi években a lézertechnológiának a következő irányai fejlődtek a legintenzívebben:

- Pont- és varrathegesztés az elektrovákuum és félvezető műszerek, valamint az integrált körök területén;
- Vékony rétegek megmunkálása, integrált körök ellenállásainak és kvarc rezonátorok frekvenciájának szabályozása, diszkrét típusú fémhártya ellenállások spiráljainak vágása, fémbevonatolt fényképsablonok rajzolatának és retusának kialakítása;
- Integrált áramkörök félvezető és dielektrikum alátétlemezeinek vágása és szkrajberolása;
- Üveg vágása és hegesztése az elektrovákuum műszerek gyártásában;

Beérkezett: 1979. VII. 12.

- Sajtoló szerszámok, présformák és forgácsoló szerszámok szilárdító és éltartam növelő hőkezelése;
- Vékony rétegek előállításának technológiája. Ezen belül különös jelentősége van azoknak a kísérleteknek, amelyek a vákuumban történő gőzölögtetési rétegbe vonatolásra irányulnak.

Lézerhegesztés

Fémek és fémötvözetek lézerhegesztéséhez, főleg 1–30 joule energiájú 1–7 ms impulzushosszúságú szilárd testű impulzus lézereket alkalmaznak. Hegesztésnél az olvasztási mélység 0,1–0,7 mm, ponthegesztésnél a termelékenység eléri a 60 művelet/perc értéket, varrathegesztésnél pedig a 100–200 mm/perc sebességet.

A lézer alkalmazása elsősorban nehezen hozzáférhető helyeken, intenzív hőelvezetés feltételei mellett, könnyen deformálódó alkatrészek megmunkálásánál és minimális hőhatás zónák, valamint maximális technológiai tisztaságot igénylő alkatrészek esetében hatékony. Az ipar több típusú lézerberendezést állít elő, melyeknek jellemzői az 1. táblázatban találhatók.

Az elektrovákuum és nagyfrekvenciás eszközök, alkatrészek technológiájában széles körben alkalmazzák az „SLS-10-1”, „Kvant 10”, „Kvant 12”, valamint az A 306.17 és A 306.18 típusú lézerberendezéseket.

Magnetronok és klisztronok katódegyiségeinek szerelésénél a kontakthegesztés sok esetben az alkatrészek elektróda anyaggal való szennyeződéséhez vezet. Ez az anyag nagy hőmérséklet mellett elpárolog, majd lecsapódik a katód aktív felületén, rontva annak emissziós tulajdonságait. Egy másik a kontakt-hegesztést kísérő probléma, a konstrukció, ezen belül a nagyfrekvenciás műszerek elektronagyú egységének deformálódása. Az érintkezés nélküli

1. táblázat

Lézerhegesztő berendezések

Berendezés	Hegesztési eljárás	A megolvasztás maximális mélysége (mm)	A hegesztési pont átmérője (mm)	Termelékenység	A lézer típusa	Max. sugárzási energia (joule)	Impulzus (ms)	Impulz. frekvencia (Hz)
SLS-10-1	Ponthegesztés	0,30	0,4–1,5	30 pont/perc	üveg	8	2; 4	0,1–0,5
Kvant-10	Ponthegesztés	0,50	0,4–1,5	60 pont/perc	üveg	15 (30)	4	0,1–1
Kvant-12	Varrathegesztés	0,30	0,25–1	150 mm/perc	gránát	3	4	10
Kvant-16	Ponthegesztés	0,70	0,4–1,4 (2,0–6,0)	30 pont/perc	üveg	30	6–7	0,1–0,3
Kvant-17	Varrathegesztés	0,15	0,5–0,8	500 mm/perc	gránát	4	4	10

Zárójelben a lézerhőkezelésnél használatos fénypont tartományok vannak.

lézerhegesztés lehetővé teszi ezeknek a nehézségeknek a kiküszöbölését, növeli a hibamentes termék arányát és javítja azok mutatóit.

Az üvegballonon keresztül való hegesztés lehetősége jelentősen csökkenti a haladó hullámú csövek, de különösen az elektronikus optikai műszerek szerelési nehézségeit, mivel a nagy vákuum feltételei biztosíthatók a fotóérzékeny katódok kialakításához.

A lézer-megmunkálásra jellemző lokális hatás lehetővé tette a szuperminiatűr elektrovákuum alkatrészek és eszközök gyártásánál jelentkező technológiai feladatok megoldását.

A lézer-hegesztés tömeggyártási alkalmazására például szolgálhat a 6 Zs9P elektroncső anódlencsének hegesztése. A termelékenység növelése érdekében az SLS-10-1 berendezés lézerét és optikai rendszerét összevonták az egytetemes hajlítógép szerkezetével. Ennek a hajlítás és a hegesztés műveletét végző aggregátnak a termelékenysége 60 alkatrész/perc.

Jelentős hatékonyságot ad a Kvant 12 lézerberendezésnek az integrált körök fém-üveg tokok hermitizálásához való alkalmazása. Korábban általában ehhez a művelethez argon, ív- vagy mikroplazma hegesztést alkalmaztak. A túlhevítés miatt a kivezetések üvegszigetelői gyakran megsérültek. A Kvant-12 berendezés alkalmazása teljesen megszünteti ezt a selejtet.

A berendezések létrehozása és ipari bevezetése során egy sor technológiai megoldást is kialakítottak, melyek javítják a hegesztés minőségét.

Egyre jobban terjed a védőgázos lézerhegesztés. Széles körű vizsgálat alá vetették a hegesztendő munkadarab előkészítést: a felületi tisztítást, a megengedhető hegesztési hézagot, a hevítendő felületek elnyelő képességét növelő és kiegyenlítő bevonatolást.

A további kutatások iránya:

- a lézerrel hegeszthető különmemű anyagok választékának bővítése a hegesztési paraméterek speciális megválasztása útján;
- a megolvasztási mélység növelése a sugárzási energia és teljesítmény növelésével (különösen magas hővezetőképességű, például réz anyagoknál);
- elektronikus vékonyréteg eszközök elemeinek egymásközötti, valamint a huzal kivezetésekkel való egyesítési technológiájának korszerűsítése;
- olyan berendezések létrehozása, amelyben a hegesztés összevonható más technológiai folyamatokkal (tokozások kiszivattyúzása vagy gázzal való feltöltése; képlekenyalakítás stb.).

Vékonyrétegek megmunkálása

Ezen a területen a legszélesebb alkalmazást a hibrid integrált körök ellenálláshálózatának szabályozása jelenti. Vastag rétegű — rétegvastagság nagyobb mint $1 \mu\text{m}$ — ellenállások szabályozásához, melyeket sablon nyomtatással és keramikus alakban történő beégetéssel állítanak elő, Co_2 impulzus lézert és szilárd testű lézereket alkalmaz-

nak, melyek szabadgerjesztésű üzemmódban néhány wattos teljesítménnyel és 10^{-4} s impulzus-idővel működnek. A réteg eltávolítási sebessége $10-50$ mm/s. Több szabályozási sémát is kidolgoztak, mely figyelembe veszi a réteg anyagának tulajdonságát és az ellenállás konfigurációját.

Leggyakrabban azt a sémát alkalmazzák, amikor a durva szabályozást a lézersugár harántirányú —, a pontos szabályozást pedig annak hosszirányú mozgásával valósítják meg. A vastag rétegű ellenállások beszabályozási pontossága $0,5-2\%$.

A vékony rétegű (rétegvastagság $1 \mu\text{m}$ -ig) katód porlasztással vagy fémgőzölögtetéssel előállított ellenállások illesztéséhez (üveg, vagy szital alapra) a 10^{-4} s impulzus idejű lézerek alkalmazhatók. Az impulzus ideje alatt a darab felületi rétege olyan hőfokra melegedhet, hogy a felületi hőmérséklet-különbség felületi repedésekhez vezet. Ezenkívül a sugárzás zónahatárán kívül a hővezetés eredményeképpen nagy mennyiségű hártya-fém olvad meg. A kapillaris erők hatására a megolvadt fém csepp alakba húzódik össze és a gőz nyomása alatt kidobódik a hatászónából. Ez rontja a megmunkálás minőségét, növeli a folyamat instabilitását és csökkenti a beállítási pontosságot. Ezért a fémhártya rezisztorok beszabályozásához 10^{-7} s és rövidebb impulzus idejű lézereket használnak, ami lehetővé teszi a hőhatás nagy fokú lokalizálását, mint az alaplapon, mint pedig a rétegben és ezzel növeli a beállítás minőségét és pontosságát. Nitrogén lézer alkalmazásával, melyre a 10^{-8} s impulzus hosszúság jellemző, a hártyan $3-20 \mu\text{m}$ szélességű vágások alakíthatók ki $1 \mu\text{m}$ -es szélesség mellett az alaplapon károsodása nélkül. A pontosság ebben az esetben eléri a $0,01 \pm 0,05\%$ -ot.

A CO_2 , a neodimüveg, a nitrogén lézereket az UPR-1, UPR-5, Kristály-8, Kristály-10 és más, ellenállás szabályzó ipari berendezésekben használják (lásd 2. táblázat). Ezeknek a berendezéseknek a továbbfejlesztése Al-Y-granat felhasználásán alapul állandó töltés mellett akusztikoptikai reteszeléssel történő jóságmodulációval. Ezek a lézerek lehetővé teszik a nagy termelékenység (több mint 10 ezer művelet óránként, számítógépes vezérlés esetén) és a jó lokalizálhatóság egyesítését függetlenül a rezisztor-hártya típusától, ami azzal kapcsolatos, hogy ezek a lézerek rövid (10^{-7} s) impulzussal és közepes teljesítménnyel (néhány watt egy modulusú, és néhány tíz watt több modulusú generálási üzemmódban), valamint $1-40$ kHz frekvenciával üzemelnek.

Egyre szélesebb körben alkalmazzák a vákuumkvarc rezonátorok frekvencia beállításának lézeres módszerét. A beállítás a kvarc elemre felvitt elektródák tömegének szabályozott eltávolításával történik. A kvarcelem egy a lézersugárzás számára átható, lezárt ballonban helyezkedik el. Az anyagot az elektróda anyagának részleges vagy teljes elpárologtatása útján távolítják el a felületen elosztott pontokból. E közben a kvarcelem sérülésének lehetőségét a minimumra kell csökkenteni, mivel az a jósági tényező megváltozásához vezethet. Kvarcrezonátorok frekvencia beállításához a szignál —3 berendezést alkalmaznak. A berendezésben nitrogénlézert használnak.

Vékonyréteg megmunkáló lézerberendezések

Berendezés	Rendeltetés	Réteg- vastagságig (μm)	Vágási szélesség (mm)	Termelékenysé g	Megmunkálási pontosság	Lézer típusa	Közepes sugárzási teljesítmény (W)	Impulzus frekv. (Hz)	Impulzus hosszúság (s)
UPR—1	Vastagréteg ellenállások beszabályozása	5	0,15	900 művelet/óra	1%	CO ₂	5	100—150	0,2·10 ⁻³
Krisztái—8	ua.	5	0,07—0,2	2400 művelet/óra	1%	Üveg	5	20	10 ⁻⁴
UPR—5	Vékonyréteg ellenállások beszabályozása	1	0,03	500 művelet/óra	0,2%	Nitrogén	0,001	100	10 ⁻⁸
Krisztái—10	ua.	1	0,003	4 mm/s	0,2%	Nitrogén	0,001	100	10 ⁻⁵
Signal—3	Kvarcrezonátorok frekvencia beállítása	1	0,003	5 mm/s	(3—5) ¹⁰⁻⁶	Nitrogén	0,005	150	5·10 ⁻⁸
LNR—1	Diszkrét ellenállások vágása	1	0,1—0,2	800 db/óra	0,1—0,5%	CO ₂	5	300	10 ⁻⁴
Kizil	Rétegmegmunkálás projektív módszerrel	20	0,003*	1000 művelet/óra	—	Üveg	1	1	3·10 ⁻⁸
EM—551	Fotosablon retus	0,1	0,005— 0,02	100 művelet/óra	—	Nitrogén	0,001	100	10 ⁻⁸

* A vágást szélesség minimális értéke. A megmunkálás területén 1 impulzus alatt 1,5×1,5 mm.

nak fel, melynek a jellemzői legjobban megfelelnek ennek a rendkívül finom műveletnek a végzéséhez. A nitrogénlézer impulzushosszúsága (10⁻⁸ s) és könnyen ellenőrizhető fényenergiának a megmunkálás zónájába való irányítása biztosítja az anyag eltávolítását a kvarcelem megsérülésének minimális veszélye mellett. A kvarcrezonátor frekvencia beállításának pontossága 1 Hz az 500 Hz/s változási sebesség mellett.

A diszkrét típusú precíziós fémréteges rezisztorok vágásához és beállításához a CO₂ lézert felhasználó LNR—1 berendezést dolgozták ki. Gyorsműködésű ellenállásmérő automatával kombinálva, a lézeres vágás és illesztés, a rendszer alacsony kikapcsolási inerciaja következtében, 800 rezisztor/óra termelékenységet biztosít.

A fentebb áttekintett módszereknél a lézersugár általában kör alakú folt alakjában koncentrálódik (fokuszálódik), és a megmunkálandó kontúrt a munkadarab és a sugár megfelelő relatív mozgásával alakítják ki. Projekciós optikai rendszereknek technológiai lézerberendezésekben való felhasználása lehetővé teszi bonyolult rajz kialakítását egy lézerimpulzus alatt, a hártya elpárologtatása révén. Ez a rajz kisebbített léptékben a vetítendő maszk rajzolatát követi.

Ilyen optikai rendszert alkalmaznak a fém fotosablon kialakítására szolgáló „Kizil” berendezésben. A berendezés neodim üveglézerrel működik. A projekciós optikai rendszer segítségével a megmunkált felületen 1,5×1,5 mm² területű és 300 vonal/mm

feloldó képességű kép alakítható ki 2—3 μm minimális rajzelem méret mellett.

A projekciós optikai rendszer a fotosablonok retusálására szolgáló nitrogénlézert felhasználó EM—551 berendezésben is alkalmazzzák. Felrakodás, szelvényeltlenség, áthidalások stb. jellegű képhibák könnyen megszüntethetők. A berendezés optikai rendszere a megmunkálás zónájában a fénysugarat 5—20 μm oldal hosszúságú négyzetes formában alakítja ki. Vékony hártya ilyen alakú fénysugárral való megmunkálásánál a kép széle sokkal egyenletesebb, mint fotolitografikus eljárásnál. Közbenső etalon és munkafotosablonok lézeres retusálása csökkenti az előállítási költséget és növeli a hibamentes integrált körök részarányát a gyártásnál.

Integrált kör alátétek vágása és szkrajberolása

A gránátlézerek közepes teljesítményének növekedése lehetővé tette azok felhasználását integrált körök alaplap anyagainak (szitál, kerámia, szilícium stb.) vágásához. Ezzel jelentősen növelhető a termelékenység és a hibamentes hibaarány a mechanikus vágási eljárásokhoz viszonyítva. Integrált körök félvezető alaplapjai átvágására szolgál az Al—Y gránát-lézer 20 watt átlagos teljesítménnyel és 100 Hz impulzus frekvenciával a Kvant 11 berendezésben. Ennek a berendezésnek polikristályos nagyméretű integrált körök szitál alaplapjaiban ablak kivágásához való felhasználása lehetővé teszi a mi-

Méretes megmunkálásra és szkrajberolásra szolgáló lézerberendezések

Berendezés	Rendeltetés	Megmunkálási mélység (mm)	Vágási szélesség, furat átmérő (mm)	Megmunkálási sebesség (mm/pero)	Lézertípus	Sugárzási teljesítmény (W)	Maximális sugárzási energia (J)	Impulzus hosszúság (s)	Impulzus frekvencia (Hz)
Kvant—9M	fúrás	3	0,005—8,0	—	üveg	15	8,0	$0,5 \cdot 10^{-8}$	0,1—5
Korund	fúrás	0,5	0,04—0,1	—	üveg	9	0,5	$0,1 \cdot 10^{-8}$	1—10
Krisztal—6	fúrás	3	0,1—0,6	—	üveg	5	4,0	$0,15 \cdot 10^{-8}$	0,50—20
Kvant—11	vágás	0,5-ig	0,06—0,08	120	gránát	20	0,2	$0,15 \cdot 10^{-8}$	100
Kvant—14	tördeléselő-készítés	0,05	0,04	6000	gránát	5-ig	—	10^{-7}	4000—5000
Kvant—15	fúrás	10-ig	0,005—5,0	—	gránát	30	1,5	$0,2 \cdot 10^{-8}$	20

nőség fokozását és a termelékenységek 2—3-szoros növekedését az ultrahanggal való megmunkáláshoz viszonyítva.

Az utóbbi időben egyre nagyobb érdeklődés mutatkozik a lézernek az integrált körök félvezető alaplapjainak tördeléselőkészítéshez való felhasználásával kapcsolatban. Ez az eljárás a gyémánt megmunkáláshoz viszonyítva egy sor előnnyel rendelkezik: az érintkezésmentes ráhatás következtében nincs mechanikai feszültség és kiküszöbölhető a repedés és a csorbulás; s tördeléselőkészítés nagy mélységgel (50 μm -es és annál nagyobb) jó minőségű széttördelést biztosít az egyes kristályok és a lapvastagság méretviszonyától függetlenül; lehetővé válik tetszőleges félvezető anyagú (szilícium, germánium, gallium-arsenit) lemez tördeléselőkészítését.

A lézeres tördeléselőkészítés növeli a termelékenységet, lehetővé teszi félvezető anyag megtakarítását, mivel a vágás és defektes részek kis szélessége következtében a sémát sokkal szűkebb helyen el lehet helyezni (a defektes zóna szélessége nem haladja meg 50 μm -et). Az alaplemezek vágására és tördeléselőkészítésére szolgáló berendezések jellemzőt a 3. táblázat tartalmazza.

Üveg vágása és hegesztése

Elektrovákuum üveg vágására CO_2 folytonos működésű 100 W-os sugárzás teljesítményű lézert alkalmaznak. Szabályozható termikus lézerhevítés folyamatát használják fel, melynek során az üveg szétválása a sugármozgás pályája mentén megy végbe lokális, a repedés megfelelő irányban való kifejlődéséhez vezető termikus feszültségek hatására.

Kvarcüveg vágásához a szabályozható hőizmitás folyamata a kvarc alacsony hőtágulási együtthatója miatt nem alkalmazható. Ebben az esetben a vágást az anyag elpárologtatásának útján lehet megvalósítani. Bár a megmunkálási sebesség csökken, de az igen jó vágási minőség ezt a folyamatot az elektrovákuum és gázkiszűrő műszerek gyártásában igen perspektivikussá teszi.

A lézer hevítés lokalizáltsága lehetővé teszi, az üveg alkatrészek hegesztési pontosságának növelését.

Kidolgozást nyert a fotoelektronikus műszerek és hélium-neon gázlézerek sugárcsövei ablakainak behesztési technológiai eljárása is.

Fúrás

A furatok méretétől és pontosságától függően különböző paraméterű lézermegmunkálást alkalmaznak. A 3—4-es pontossági osztályú és 0,1—1 mm-es átmérőjű furatokat 1 ms hosszúságú és 1-től néhány 10 J-ig terjedő energiájú impulzusokkal munkálják meg. Az anyag nagyrésze folyékony fázisban válik le és a munkázónában képződő gáznymás hatására kidobodik a munkázónából. A gőzképződéshez csak igen kis mennyiségű anyag használódik el. Ilyen üzemmódban végzett fúrásnál maximális termelékenység érhető el.

Legnagyobb pontosságot (2—3-as osztály) furatmegmunkálásnál 0,1 J energiájú és 0,1 ms hosszúságú impulzus szériával lehet elérni (több impulzusos eljárás). Ebben az üzemmódban az anyag zömében pára formájában távolodik el, a hőhatás zónája kicsi (néhány μm), lehetővé válik a folyamat közbeni aktív mérés. A több impulzus megmunkálás a leginkább elterjedt.

Furatmegmunkáláshoz több típusú lézerberendezést is kialakítottak (lásd 3. táblázat). Ezeket a berendezéseket az elektronikus iparban alkalmazzák elektronsugaras készülékek diafragmáinak fúrásához, kerámia, szitál, szerszámacél, gyémánt és egyéb anyagok megmunkálásához.

Hőkezelés

A lézer hőkezelési célokra való felhasználása a következő okok miatt tarthat számot érdeklődésre: először is vékony felületi réteg lokális edzése csak a kopásnak kitett helyeken ugrásszerűen csökkenti az alkatrész belső feszültségét, csökkenti vagy teljesen megszünteti annak vetemedését és lehetővé teszi a befejező köszörülési művelet elhagyását. Másodszor a lézeredzés sokkal nagyobb felületi keménységet biztosít, mint a hagyományos hőkezelési eljárások

többsége, ami az igen nagy hűtési sebességgel magyarázható és az ezzel kapcsolatos kristályméret csökkenéssel és diszlokáció sűrűség növekedésével. Szerszámok hőkezeléséhez a Kvant.-16 berendezést használják. (Lásd 1. táblázat.)

Lézer felhasználása vékonyrétegek előállítási technológiájában

Vizsgálták termokémiai reakciók alkalmazásának lehetőségét vékony rétegű rajzok és struktúrák előállításához. Ilyen kémia reakciók mennek végbe lokális lézerhevítésnél. Kísérleti technológiát dolgoztak ki vékony hártályak gázfázisból történő kicsapásához az adott rajz szerint elemi szerves vegyületek gáz állapotában történő termikus bomlás eredményeképpen. A folyamat a pirolízisnek megfelelő vegyülettel feltöltött kamrában megy végbe. Az alaplapot, melyen a rajzot elő kell állítani, lokálisan a megadott rajznak megfelelő lézersugárral hevítik. Erre a célra, mint proekciós eljárás, mint pedig pályakövető eljárás is alkalmazható. Az alaplap felhevítése és a felületi rétegre történő hőátadás eredményeképpen végbe megy a felületen elhelyezkedő vékony gázréteg pirolízise, melyet fémkiválás kísér. Ez a fém az alaplapon csapódik le, a felmelegítési kontúr mentén. Ilyen módszerrel lehet nyerni a dialektikumok és félvezetők fémhártályait.

A hártály rajzok előállításának egy másik módszere a hártályfém oxidációján alapul, lézersugárral oxidációs közegben, megadott rajz szerint történő hevítése eredményeképpen. Például, 100 μm vastagságú, üveglemezre felvitt krómhártályt üveglézerrel sugározották be projekciós eljárással, vagy például egy másik esetben, nitrogén lézerrel kontúrkövető eljárással, olyan sugárral, ami nem elegendő a hártály elroncsolásához (10^4 – 10^5 W/cm^2). A hevítés helyén a króm kb. 5 nm mélységben Cr_2O_3 -ra oxidálódott. Ezek után a réteget maratták; az oxid marathatóság sokkal kisebb, mint a nem oxidált

krómé, ezért a lemezen finom hártály rajz képződik, melynek kontúrját a lézersugárzás határozza meg. Ezt a folyamatot fotosablonok készítésére lehet felhasználni.

A kísérletek a lézernek, mint hőforrásnak a perspektivikusságát is igazolták vákuumban történő párologtatásos elven alapuló hártály előállítási célokra. A lézeres hevítés előnye a fókuszált sugárzás fényáramának nagy sűrűségével kapcsolatos. Ilyen eljárással lehetőség van a különféle, nehezen olvadó fémek elpárologtatására is (wolfram, molibdén). A nagy hevítési és párologtatási sebesség következtében, összetett kémiai rétegek előállítása is lehetséges, például nehezen olvadó oxidok és félvezetők A_3B_5 ; A_3B_6 ; A_4B_6 típusú rétegei, azok sztöchiometriájának változása nélkül.

A könnyen szabályozható energiájú rövid impulzussal történő hevítés lehetősége a réteg képződés nagy pontosságú szabályozását segíti elő. Ezzel kapcsolatban lehetővé vált igen vékony — 10-től 100 nm vastagságú rétegek megfelelő reprodukálhatóságú szinten való előállítása, ami előfeltétele új típusú félvezető műszerek és optikai elektronika készülő elemek előállításának.

A vákuumgőzölögtetéshez különféle lézerberendezést lehet alkalmazni, melyek az optikával összhangban a gőzölögtetési felületen 10^9 W/cm^2 nagyságrendű energia sűrűséget tudnak biztosítani. Közülük leginkább perspektivikusnak számít a neodim üveglézer, amely jóság modulációs üzemmódban dolgozik, vagy a harántterjesztésű CO_2 lézer, ami a munkaközeg atmoszférikus nyomásán üzemel, illetve az Al—Y gránátlézer néhány típusa.

A lézertechnológia területén elért eredmények arról tanúskodnak, hogy a lézer alkalmazása a munkatermelékenység növelésének és az alkatrészminőség javításának hatékony útja. A már kidolgozott berendezések és eljárások szélesebb bevezetése, valamint az újabb feladatok megoldása az adott területen elősegíti a tizedik ötéves terv — a minőség és a hatékonyság ötéves tervének — sikeres realizálását.