

A lézeres eljárás alkalmazása digitális flexó nyomóforma gyártásához

AZ ELŐADÁS A PNYME FLEXÓSZIMPÓZIUMÁN HANGZOTT EL
2004. MÁRCIUS 4-ÉN, KISKÖRÖSÖN

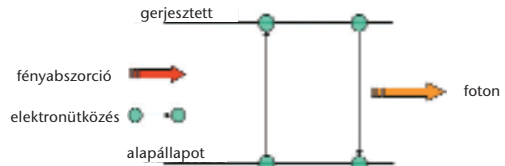
Jan Breiholdt

A flexó nyomóformák gyártásához sok éve felhasználják a lézert: a gumiklisék lézeres direktgravírozása már a nyolcvanas évek óta elfogadott technika, 1995-től a lézert a fotopolimer flexó nyomóformák digitális előállításához használják. Jelenleg egy új eljárás áll a figyelem középpontjában: az elasztomerek direktgravírozása. A flexó CtP-megvilágító piacára való belépés előtt a HELL Gravure Systems azt vizsgálta meg, mennyiben lehetnek alkalmasak az ismert lézeres eljárások a jövőben digitális flexó nyomóformák gyártásához. Ez az előadás a jelenleg a HELL által alkalmazott lézer kiválasztásához vezet megfontolásokat írja le. Foglalkozik először a lézerek működési elvével, továbbá a felhasznált anyagokkal. Ezt követően azt a kérdést taglalja, miben tér el a különböző lézertípusok fénye, illetve, milyen kritériumok határozzák meg az alkalmazott megvilágító minőségét.

SZÁNDÉK

A flexó CtP-megvilágító piaci megjelenése előtt a HELL Gravure Systems megvizsgálta, mennyire alkalmasak a különböző lézeres eljárások a flexó nyomóformák digitális előállítására. Rövid időre a lézert a LAMS (Laser Ablation Mask System) rendszerben működő készülékben kell felhasználni; mivel ez az eljárás a Drupa 95 óta meghonosodott a piacon. Ehhez tíz és száz watt közötti lézerteljesítményre volt szükség, egyenletesen jó sugárzási minőséggel. A HELL azonban kezdettől fogva másik fejlesztési célt állított erőfeszítései középpontjába: az elasztomerek digitális gravírozását – ezt a jövőbe mutató eljárást, amely már ma is rendkívül nagy figyelmet élvez. Ehhez a felhasználáshoz a LAMS-eljárásban szükséges lézerteljesítménynek mintegy a harmincszorosát kitevő teljesítmény szükséges. Végül a HELL stratégiai célja a direktgravírozás megvalósítása mélynyomásban felhasznált réz klisékben. Ezen az alkalmazási területen a többszöröse a szükséges

teljesítmény és a szükséges sugárzási minőség, mint az elasztomerek direktgravírozásánál.



1. ábra. Az atom energetikai állapotai

A LÉZEREK MŰKÖDÉSÉRŐL

A LASER betűszó a Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (fényfelerősített sugárzás stimulált kibocsátásával) rövidítése. Különösen fontos itt a „stimulált” szó, amint az alábbiakból kiderül majd.

Az atomok rendszerint úgynevezett energetikai alapállapotban vannak (1. ábra). Például szabad elektronok vagy fotonok hozzávezetésével, ráadott energiával, megnövelhető az atomban az energia tehát gerjeszthető. Ebből az állapotból az atom visszaáll az energetikai szempontból alacsonyabb szintre, tehát az alapállapotba. Ez létrejöhet spontán módon, tehát külső hatás nélkül, vagy stimulálással, például egy fotonnal. Az atom leadja a felesleges energiát, például új fotonot bocsát ki. Spontán kibocsátás esetében az atom tetszőleges irányban bocsát ki egy tetszőleges fázishelyzetű foton. Egy izzólámpában például minden fénykibocsátás spontán módon megy végbe. Ekkor számos hullámsorozatból sugárzási mező alakul ki. A lézerben végbemenő stimulált kibocsátásnál a keletkező foton azonban teljes mértékben megegyezik a kibocsátást kiváltó fotonnal. Először tehát két azonos foton jön létre. E fotonok mindegyike stimulálhat egy gerjesztett atomot egy azonos tulajdonságokkal rendelkező további foton kibocsátására, tehát láncreakció jön létre, amelyben lavinaszerűen nő a fotonok darabszáma. Végül koherens fény-

ből jön létre sugárzási mező. Ezért tér el a lézer fénye a hagyományos lámpa fényétől: a lézerfény monokromatikus, kizárólag egyetlen hullámhosszúhoz tartozó fényből áll. A lézerfény természetéből adódóan erősen koncentrált, nem „szóródik”. A lézer fénye erős, több száz watt összpontosítható egyetlen, néhány mikrométer átmérőjű pontban.



2. ábra. Egy lézer elvi felépítése

A lézerhatás elméletét Einstein már 1917-ben leírta. 1960-ban már a gyakorlatban is sikerült rubinlézer előállítására. A lézer, elvben, mindig három részből áll (2. ábra):

1. Gerjesztőforrás, a legegyszerűbb esetben egy lámpa. A gerjesztőforrás vezeti az energiát a lézerhez.
2. Aktív, lézerképes közeg, például rubin, CO₂ vagy irídium. Az aktív közeg nyeli el a gerjesztőforrás energiáját, és bocsátja azt ki lézerfény formájában.
3. Rezonátor, amit alkothat például tükör, valamint félig fényáteresztő tükör. Ez a rezonátor felerősíti a lézerhatást, visszatükrözi a végein a lézerfényt, a lézerfény így többször is áthalad az aktív közegen. A gerjesztő és a stimulált kisugárzás között a lézerben egyensúlyi állapot jön létre. A fény csekély, mindössze körülbelül 3%-nyi részét szűri ki a félig fényáteresztő tükör.

Teinként át a felhasznált anyagokat: A lézerizható közeg lehet üveg, folyadék, szilárd test vagy félvezető. Gázlézerek például: hélium-neon lézer, argon-ion lézer vagy szén-dioxid lézer. A folyadéklézerek gyakran üvegedényben elhelyezett szerves festékek, amelyek gerjesztését erős fényű villanólámpák vagy gázlézer végzi. A szilárd anyagú lézerek gyakran üvegből vagy kristályból készült rudak, amelyekben például kristályos rubin vagy neodim beágyazott. A félvezető lézereket különböző elektromos

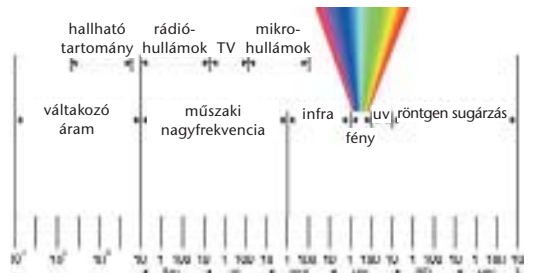
vezető képességű félvezető rétegek együttese alkotja. Gyakran alkalmazott félvezető anyagok: galliumarzenid, indiumfoszfid és galliumnitrid.

A gerjesztőforrás jellegét lényegében a lézeranyag halmazállapota határozza meg. A szilárd testekből és a folyadékokból készített lézerek gerjesztése optikai úton, lámpákkal, illetve diódákkal történik. A gáz halmazállapotú lézerek gerjesztéséről ibolyántúli sugárzás, elektromos áram vagy kémiai reakció gondoskodik. A félvezető lézerek gerjesztése elektromos árammal történik.

LÉZERJELLEMZŐK

A különböző anyagok és gerjesztőforrások nagy számánál felmerül a kérdés, tulajdonképpen miben különbözik egymástól a különféle lézertípusok fénye. A lézer fényét két tulajdonság határozza meg döntően: a hullámhossz és a sugárzási minőség. Mindkét jellemzővel részletesebben is foglalkozunk.

Az elektromágneses sugárzás spektrumában a látható fény hullámhosszúsága: 400–800 nm. A hosszúhullámú tartományban ide kapcsolódik az infravörös sugárzás (3. ábra), a rövidhullámú tartományban pedig az ibolyántúli sugárzás. A nyomóformák gyártásához használt jellegzetes lézerek az infravörös tartományban működnek: GaAs: 864 nm, Nd-YAG: 1060 nm, Ytt szálalás lézer: 1110 nm, CO₂ lézer: 10 600 nm. Feltűnő, hogy a CO₂



3. ábra. Az elektromágneses sugárzás frekvencia-spektruma

lézer hullámhosszúsága a többi lézer hullámhosszúságának a tízszeresét teszi ki. Erre a kérdésre még visszatérünk.

A hullámhosszúság mellett a sugárzási minőség is a lézer jellemző tulajdonsága. Mit értünk itt sugárzási minőség alatt?

Képzeljünk el egy mérőcellát, amelynek segítségével egy lézergusáron belül vízszintesen határozzuk meg a fény erősségét (4. ábra). Ideális esetben Gauß-görbét kapunk, azaz a sugár központjában legnagyobb a fényerősség. Az oldalak irányában harangszerűen csökken a fényerősség. Amikor ugyanezt a változást mérjük függőleges vagy átlós irányban, akkor eleget teszünk a maximális sugárzási minőséggel szemben támasztott követelménynek: „Az ideális lézergusár radiálisan szimmetrikus, Gauß-görbe szerinti erősségi eloszlást mutat.” A sugárzási minőséget megadhatjuk például az M^2 sugárzási minőség jellemzőiben. Az „ideális lézer” M^2 értéke = 1. Az üvegszálas lézer esetében ez az érték megközelítően 1, a YAG lézernél körülbelül 5, míg a diódlézernél körülbelül 15.



4. ábra. A fényerősség megoszlása a lézergusáron belül

A MEGVILÁGÍTÓVAL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK

A hullámhossz és a sugárzási minőség egyaránt közvetlenül kihat egy lézermegvilágító képalkotási képességére. Ezek a jellemzők határozzák meg a beíró fényugár felbontását és mélységi erősségét. Egy írórekorder felbontását a lézergusár fénypontmérete (a sugárzás átmérője a fókuszban) határozza meg. Minél kisebbre lehet fókuszálni a fényugarat a nyomólemeze, annál nagyobb felbontást lehet elérni.

Nyomtatásban a raszterpontok szimulálják a fél-tónusokat (5. ábra). Az általában szokásos gyakorlat szerint a raszterpontokban 256 fokozatot találunk, a világos tónusoktól a teli tónusig. Ennek a műszaki megvalósításához egy raszterpontot $16 \times 16 = 256$ egyes lézerpontból kell felépíteni. Egy 30-as raszter rasztercellája például $333 \mu\text{m}$ élhosszúsággal rendelkezik. Egy 16×16 -os mátrix ebből adódóan legalább $333/20 = 20 \mu\text{m}$

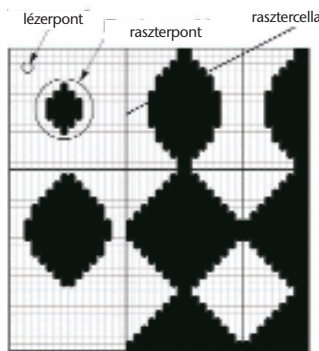
lézerpontméretet igényel. Egy 54-es raszter esetében a legkisebb lézerpontméret $12 \mu\text{m}$.

A gyártók adatlapjaikon a lézerpontméret helyett gyakran az írási felbontást tüntetik fel: a $20 \mu\text{m}$ -es lézerpontméret 500 l/cm , illetve 1270 dpi írási felbontásnak felel meg. A $12 \mu\text{m}$ -es lézerpontméret 833 l/cm , illetve 2117 dpi írási felbontásnak felel meg. Amikor sugárzási átfedéssel dolgozunk (lásd az Apróbb trükkök című részt), akkor ugyanolyan lézerpontméret esetében nagyobb „tényleges” írási felbontást lehet elérni.

A nagy írási felbontáshoz tehát kis lézerpontméret szükséges. A lézerpontméretre az alábbi egyenlet érvényes:

$$r_{foc} = \frac{f \times \lambda \times M^2}{r \times \pi}$$

Ebből kiderül, hogy a r_{foc} lézerpontméret egyenesen arányos az f fókusz távolsággal, a λ hullámhosszal és az M^2 sugárzási minőséggel, és fordítottan arányos az r lencsesugárral. Egyébként – változatlan feltételek között – tehát érvényes, hogy minél kisebb a hullámhossz, annál kisebb a lézerpont mérete, ebből adódóan annál nagyobb a felbontás. Azt is látjuk, hogy más lézerekhez viszonyítva a CO_2 lézernél a tízszer nagyobb hullámhossz miatt korlátozott a felbontás. Ugyancsak érvényes az a megállapítás, amely szerint annál jobb lesz a felbontás, minél inkább megközelíti a sugárzási minőség az ideális lézernél meghatározott $M^2 = 1$ értéket.



5. ábra. A lézerpontméret meghatározza a megvilágító felbontását

Mélységi élességként a fókusz sík előtt és mögött elterülő tartományt definiáljuk, amelyen belül még elég éles a lézergusár által leképzett kép (6. ábra). A HELL olyan tartományként határozza meg a mélységi élességet, amelyen belül a lézergusár átmérője 10%-kal tér el a fókusz síkban mért átmértől. Más gyártók esetenként

nagyobb eltéréseket vesznek alapul. Miért kell nagy mélységi élességre törekedni?

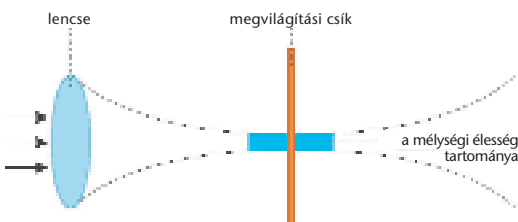
◆ A LAMS-eljárásnál a mélységi élességgel szemben támasztott követelményeket a klisé és a megvilágító dob gyártási tűrései, valamint a klisé felületén adott szabálytalanságok (porzárványok, légbuborékok) határozzák meg. A halmozott gyártási tűrésértékek körülbelül abszolút 40 µm nagyságrend körül mozognak. Amikor ez alatt az érték alatt van a mélységi élesség, akkor a fekete réteg nem távolítható el minden esetben tisztán.

◆ Elasztomerek direktgravírozásakor a mélységi élesség a 0,5–2,5 mm-es szükséges reliefmélység nagyságrendjében legyen, ellenkező esetben ugyanis nem hozható létre a raszterpont definiált profilja.

$$Z_R = \frac{r_{foc}^2 \times \pi}{2\lambda \times M^2}$$

Amint a fenti összefüggésből is látható, a Z_R mélységi élesség az r_{foc}^2 felbontás négyzetével arányos, ugyanakkor fordítottan arányos a λ hullámhosszúsággal és az M^2 sugárzási minőséggel. Azonos feltételek mellett érvényes az, hogy minél kisebb a hullámhossz, annál nagyobb a mélységi élesség. Az is kiderül a fenti összefüggésből, hogy annál jobb a mélységi élesség, minél inkább megközelíti a sugárzási minőség az ideális lézer 1-es értékét.

Amint láthattuk, a lézertény jellemző tulajdonságai, mégpedig a hullámhossz és a sugárzási minőség egyenesen arányos a felbontással és fordítottan arányos a mélységi élességgel. Mindkét érték meghatározza tehát a nyomóforma gyártásánál elérhető minőséget, tehát döntően fontos a lézertípus kiválasztásakor.



6. ábra. A mélységi élesség tartományában a lézersugár élesen rajzolja a képet

TERMELÉKENYSÉG

A lézer termelékenysége döntően fontos a direktgravírozásnál. Néhány megjegyzés ezzel kapcsol-

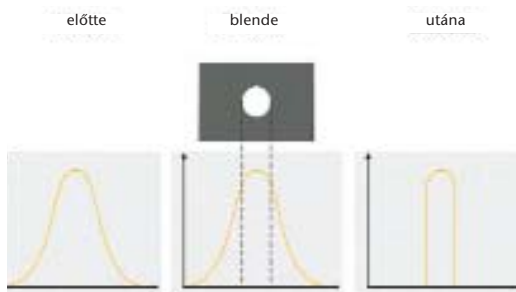
atosan: A megvilágítási, illetve a gravírozási időtartam alapvetően két tényezőtől függ:

1. Az anyagon rendelkezésre álló lézerteljesítmény. Nem a lézer névleges teljesítményére kell itt gondolni. Egy lézer termelékenysége szempontjából kizárólag az a teljesítmény számít, ami eléri a nyomóformát (lásd az Apróbb trükkök című részt).
2. A feldolgozandó anyag érzékenysége. Ezt a LAMS-rétegeknél J/cm^2 -ben adjuk meg, ami megfelel a Ws/cm^2 mértékegységnek. Ezzel elentétben a lézer a direktgravírozásnál „változó mélységgel” dolgozik. Ésszerű tehát az anyag érzékenységét az anyagmennyiségre jutó energiaként definiálni.

Példa: Egy darab egy négyzetméteres felületű lemez, amelynek az érzékenysége $3,5 Ws/cm^2$, a megvilágításhoz $10\,000\,cm^2 \times 3,5 Ws = 35\,000 Ws$ energiát igényel. Amikor a lemezen $45 W$ lézerteljesítmény áll rendelkezésre, akkor a megvilágítási idő $35\,000 Ws / 45 W = 778 s$, azaz 13 perc. Abból indulunk ki, hogy a direktgravírozáshoz szükséges energia körülbelül a harmincszorosa annak, ami LAMS-eljárásban szükséges. Az energia a teljesítmény és az idő szorzata. A LAMS-eljárásról a direktgravírozásra való áttérés esetében változatlan lézerteljesítmény mellett meghosszabbodik a gravírozási idő. Amikor többszörös lézerteljesítmény áll rendelkezésre, ennek megfelelően rövidebb lesz a gravírozási idő is.

A SUGÁR VEZETÉSE

Egy megvilágítón belül háromféleképpen lehet vezetni a sugart. A legegyszerűbb megoldás az, amikor az írófejben integrált, és a megmunkálandó anyag felett mozog. Ezt a megoldást alkalmazzák például a lézerdiódnál. Nagyobb lézerteljesítményhez drágább lézer szükséges, ekkor a technikai koncepció is költségesebb. A CO_2 lézereknél és néhány YAG lézernél szokásos megoldás a fénysugár terelése lencsékkel és tükrökkel. Az így létrehozott hosszú „optikai mutató” miatt ezek a készülékek viszonylag érzékenyen reagálnak a rázkódásokra, tehát speciális készülékalkapzat szükséges. További hátrány a kiegészítő optikai alkatók elszennyeződése. Nagyon rugalmas a fénysugár üvegszálak vezetése. Ebben az esetben a lézer a CtP-készüléken kívül, illetve belül tetszőlegesen felállítható, és a fenti problémák sem jelentkeznek.

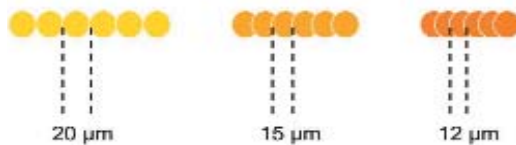


7. ábra. Modemblendével javítható a sugárzási minőség

APRÓBB TRÜKKÖK

Csaknem minden gyártó alkalmaz valamilyen trükköt az alkalmazott lézertípusból adódó korlátozások feloldásához. Ezeket a lehetőségeket is meg kell említeni. Ugyanakkor eleve a legkevesebb korlátozással járó lézertípust kell alkalmazni.

1. trükk. A *modemblendé*. Egy lézersugár minőségének a javításához az úgynevezett modemblendével lehet a sugár egy részét kiszűrni (7. ábra). Ebben az esetben tehát kizárólag a szükséges, kiváló minőséggel rendelkező sugárrészt hasz-



8. ábra. A felbontás növelése a sugárzás átfedésével

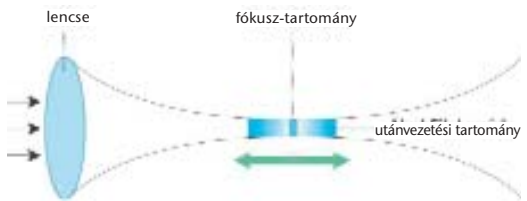
nálják fel. Az eljárás hátránya a „drága” lézerteljesítmény elpazarlása, valamint az, hogy bizo-

A lézertípusok összehasonlítása

	CO ₂	Dióda	YAG	Üvegszálas lézer
Teljesítmény	1 W–40 kW	1 mW–1 kW	1 W–5 kW	1 W–100 W
Hatásfok	körülbelül 10%	körülbelül 50%	lámpa: < 3%, dióda: > 10%	körülbelül 50%
Energia-felhasználás a hűtéshez	nagy	kicsi	nagy/közepes	csekély
Hullámhossz	10 600 nm	800–1000 nm	például 1060 nm	például 1110 nm
Sugárzási minőség	****	*(*)	**(*)	****
Felbontás	*(*)	**(*)	***	***(*)
Mélységi élesség	*	*(*)	**(*)	****
Kezelés	*(*)	****	**(*)	***(*)

nyos feltételek között hűteni kell a blendét. Ha valaki felteszi a kérdést, hogy miért csupán 15 watt teljesítményt ér el egy például 60 wattos névleges teljesítményű YAG vagy CO₂ lézer a nyomóformán, akkor itt a magyarázat. A Creo Square Dot-technológiája is ezt a technikát használja a lézerdiodák sugárzási minőségének a javítására.

2. trükk. A *sugárzás átfedése*. A CtP-rekorderek gyakran dolgoznak sugárzási átfedéssel. Amikor az előtolási távolságot kisebbre állítják be, mint a sugárzási átmérőt, akkor az eredeti lézerteljesítménynél nagyobb „tényleges felbontást” kapunk (8. ábra).



9. ábra. Az automatikus fókuszálással lehet ellensúlyozni a mélységi élességben megmutatkozó hiányosságokat

3. trükk. *Automatikus fókuszálás*. Egy megvilágító elégtelen mélységi élességének az ellensúlyozásához alkalmazzák a fókusz utánvezetését (9. ábra). Az Autofokus System példa erre az alkalmazására.

CO₂ LÉZER

A CO₂ lézer gázkeverékkel üzemel. Az aktív közeg maga a CO₂. A keletkező veszteség hő elveze-

téséről a hozzákevert hélium gondoskodik. A gerjesztéshez szükséges energia gázkiszűléses bekapcsolásához nitrogént kevernek hozzá a gázkeverékhez. A hosszirányban és a keresztben átáramoltatott CO₂ lézereknél mindig friss lézergázt kell hozzávezetni.

- ◆ A CO₂ lézerek ma néhány watt és sok kilowatt között minden teljesítménysztyáiban kaphatóak. Mivel a hatásfok mindössze körülbelül 10%, a nagyobb teljesítményű készülékek költséges hűtést igényelnek.

- ◆ A 10 600 nm-es hullámhossz körülbelül tízszerese a grafikai iparban alkalmazott többi lézereknek. Ebből adódóan viszonylag gyenge a felbontási képesség és az elérhető mélységi élesség.

- ◆ A CO₂ lézerek sugárzási minősége az 1-es M² értékkel kiváló.

- ◆ Rendkívül korlátozott a felbontás. Kiegészítő blendetechnikával körülbelül 30 μm érhető el.

- ◆ Rendkívül korlátozott a mélységi élesség.

Összefoglalás. A CO₂ lézerek túlnyomó alkalmazása az anyagfeldolgozásban vágáshoz és hegesztéshez egyaránt, valamint a gumiklisék direktgravírozásához. A nagy hullámhossz miatt a CO₂ lézerek felbontási képessége és mélységi élessége jelentősen korlátozott, ezért csak feltételeken alkalmasak olyan direktgravírozásra, amelynél fontos a legfinomabb részletek visszaadása is.

DIÓDALÉZER

A lézerdiódák jellemzője az egyszerű felépítés. A gerjesztést közvetlenül végzi az átfolyó áram. A lézerhatás abból adódik, hogy az elektronok és a lyukak újrakombinálódását használják ki a pn-átmenetben a fény létrehozásához és felerősítéséhez. A teljesítmény növeléséhez több lézerdiódát egyesítenek csoportban. A kompakt felépítés miatt a félvezető lézereket más lézelerjárásokban gerjesztőforrásként használják fel.

- ◆ Az egyes diódák értéke a mW-tartományba esik. Diódacsoportokkal 1 kW is elérhető. Ötven százalékos hatásfoknál a kis és közepes teljesítménynél szükséges hűtési, illetve energetikai ráfordítás még csekély. Nagyobb teljesítménynél költséges vízűtésre van szükség.

- ◆ A hullámhossz 800 és 1000 nm közé esik.

- ◆ A fényerősség megoszlása a lézersugáron belül nem radiálisan szimmetrikus. Éppen ezért a körülbelül 15-ös M² értéknél a sugárzási minőség igencsak mérsékelt.

- ◆ A gyenge sugárzási minőség miatt a sugár roszszul fókuszálható. A felbontás is csak közepes, részben blendetechnikával (Square Dot-technológia) javítható.

- ◆ A körülbelül 30 μm értékkel nagyon korlátozott a mélységi élesség. A mélységi élesség az Autofocus készülékkel javítható.

- ◆ Optimálisan egyszerű a lézerdiódák kezelése. A kompakt kivitelnek köszönhetően a lézerdiódákat közvetlenül az írófejbe lehet beszerezni. A vezérlés is rendkívül egyszerű: a lézerdiódák gerjesztését és modulálását az elektromos áram végzi. A lézerdiódák nem igényelnek karbantartást.

Összefoglalás. A félvezető lézerek jellemzője az egyszerű felépítés. A sugárzási minőségük igen gyenge. Ez különösen a nagyon csekély mélységi élességben nyilvánul meg. Direktgravírozáshoz éppen ezért nem alkalmasak a félvezető lézerek.

ND:YAG LÉZEREK

A Neodym-YAG lézer alkalmazása nagyon elterjedt a grafikai iparban. Ez a lézer rendszerint egy körülbelül 15 cm hosszú és 1 cm átmérőjű yttrium-alumínium-gránát rúdból áll, amelyet Neodym lézeraktív közegbe ágyaznak. A gerjesztést lámpák, illetve lézerdiódák végzik.

- ◆ A YAG lézereket 1 W és néhány kW között minden teljesítménysztyáiban kínálják. A felhasznált gerjesztőforrástól függően 3% (lámpa) és 10% (dióda) közötti hatásfok érhető el.

- ◆ Jelentős lehet az energia, illetve a hűtés költsége. Száz W lézerteljesítmény fenntartásához a lámpával gerjesztett lézernél 3 kW elektromos teljesítményt kell hozzávezetni, majd a vízűtéssel ismét elvezetni.

- ◆ A 1060 nm hullámhossz jó felbontást eredményez.

- ◆ A körülbelül 5 M² sugárzási minőség közepes.

- ◆ A 20 μm felbontási képesség jónak számít. Blendetechnikával és sugárzási átfedéssel akár 5 μm-es felbontás is elérhető.

- ◆ A mélységi élesség körülbelül 60 μm-re korlátozott.

- ◆ A YAG lézerek kezelését jelentősen sikerült javítani az elmúlt években. A dióddal gerjesztett lézerek számos előnyt kínálnak a lámpával gerjesztett lézerekkel szemben, a hatásfokot és a karbantartási ráfordítást nézve. A direkt sugár-

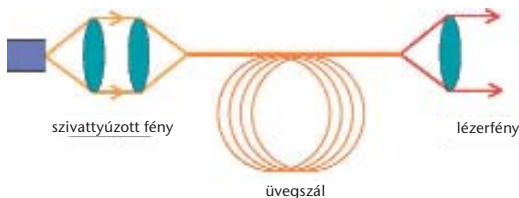
vezetés vagy az üvegszálás sugárvezetés tovább javítja a lézer stabilitását.

Összefoglalás. A YAG lézer viszonylag előnyös tulajdonságokkal bír, rendkívül elterjedt lézertípus. Elvileg alkalmas direktgravírozáshoz.

ÜVEGSZÁLAS LÉZER

Viszonylag új az üvegszálás lézer technológiája. A szilárdtestlézereknek ezt a típusát elsősorban a távközlési technikában használták eddig. A hagyományos gáz-, szilárdtest- és félvezető lézerekhez képest az üvegszálás lézer számos előnyt kínál.

Az üvegszálás lézer egy gerjesztőforrásból és egy üvegszálból áll, amelybe beágyazott a lézeraktív közeg (10. ábra). Az üvegszál egyszerre tölti be a rezonátor és a továbbító közeg szerepét. A gerjesztő fény az üvegszálba jut. Gerjesztőforrásként lézerdiódákat alkalmaznak, amelyek hullámhossza körülbelül 915 nm. Amint korábban már tárgyaltuk, a lézerdiódák sugárzási minősége meglehetősen gyenge. Ennek ellenére az üvegszálás lézer kibocsátásánál körülbelül 1110 nm-es hullámhosszúságú, a lehető legjobb minőségű lézerfényt kapjuk. Mi történik az üvegszálban?



10. ábra. Az üvegszálás lézer elvi felépítése

Az üvegszál legnagyobb része magában foglalja a gerjesztőfényt kívülről becsatoló gerjesztőmagot. A szál mindössze néhány μm vastagságú belseje alkotja a lézer tulajdonképpeni aktív részét, a lézermagot. Ehhez a részhez lézerképes anyagot, például ytterbiumot adnak hozzá, ez a rész egyben rezonátorként is működik. A gerjesztőforrás által kibocsátott fény a gerjesztőmagba kerül. A bevonat, illetve a gerjesztőmag/lézermag közötti határrétegekben bekövetkező teljes visszaverődés miatt a fény a körülbelül negyven méter hosszú szál átfutása közben a lézermagban összpontosul. A gerjesztőfény gerjeszti a lézermag lézerképes anyagát. Létrejön a lézerhatás. Ennek következtében az üvegszál végén a

lehető legjobb minőségben lép ki az 1110 nm hullámhosszúságú lézerfény (11. ábra).

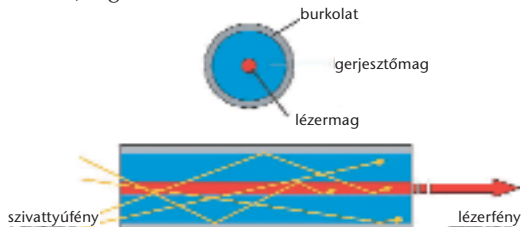
- ◆ Üvegszálás lézereket 1 W és 100 W közötti teljesítményszinteken kínálnak. A csaknem 50%-os hatásfok feleslegessé teszi a költséges hűtést. A lézerdiódáknál az energiateljesítményfelhasználás csekély.
- ◆ A például 1110 nm-es hullámhossz hasonló adszorpciós tulajdonságokat vált ki, mint a YAG lézernél.

- ◆ A csaknem 1 M^2 értékkel az üvegszálás lézer majdnem eléri az ideális sugárzási minőséget.

- ◆ Legalább 20 μm -es felbontás érhető el. Sugárzási átfedés alkalmazásakor az elérhető felbontás akár 5 μm is lehet.

- ◆ Rendkívül nagy a 300 μm -nél is nagyobb mélységi élesség.

- ◆ Az üvegszálás lézer kezelése csaknem optimálisan egyszerű: kompakt kivitel, a sugarat közvetlenül az üvegszál vezeti, nem igényel karbantartást, léghűtést.



11. ábra. Az üvegszálás lézer felépítése

Összefoglalás. Az üvegszálás lézer kiváló tulajdonságokkal rendelkezik: kompakt kivitel, nagy hatásfok, rendkívül jó sugárzási minőség, nem igényel karbantartást. Ezeknek a tulajdonságoknak köszönhetően választják a legtöbb esetben az üvegszálás lézert a direktgravírozáshoz.

ÖSSZEZGÉS

Három éve alkalmazják a HELL cégnél a gyakorlatban is az üvegszálás lézert. A fent elmondottakat teljes mértékben igazolta a gyakorlati alkalmazás. Az ilyen új technológiánál várható „gyermekbetegségek” eltekintve az üvegszálás lézert a mindennapos alkalmazásban egyszerű és robusztus kivitele, valamint a kiváló megvilágítási minősége jellemzi. A rendelkezésre álló teljesítmény ez alatt az idő alatt csaknem a tízszeresére nőtt, a HELL példája is azt igazolja, hogy ennek a technikának az alkalmazása a helyes választás a direktgravírozás területén.