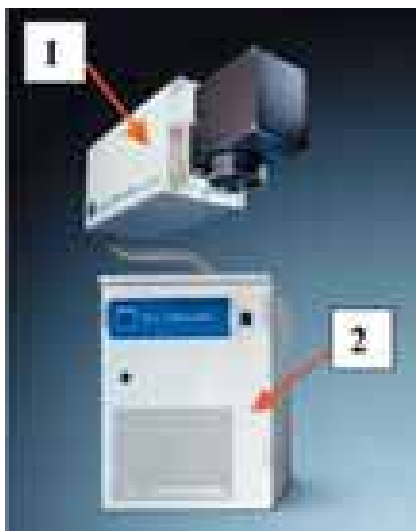


Az Nd:YAG-lézer alkalmazása a Robert Bosch Elektronika Kft.-nél

VARGA BERNADETT

1960-ban az első lézer megépítésekor – amely szilárdtestlézer volt – új korszak kezdődött az optikában, a fény tudományában. A szilárdtestlézerek legfontosabb tulajdonsága, hogy ezzel állíthatók elő a legnagyobb energiasűrűségű és -teljesítményű fényimpulzusok. A lézerek ezt követő rohamos fejlődése sok más területen is új tudományos eredményeket hozott, rendkívül sok érdekes alkalmazást tett lehetővé...



1. ábra. A Rommel berendezésbe épített Trumpf lézeregység (1. lézerfej, 2. vezérlő- és hűtőegység)

LASER

A „LASER” kifejezés egy mozaikszó, amely a következő szavak kezdetűiből származik:

- Light – fény,
- Amplification – erősítés,
- Stimulated – indukált,
- Emission – kisugárzott, kibocsátott,
- Radiation – sugárzás.

(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation = fényerősítés indukált fénykibocsátás útján)

A lézereket a lézerfényt előállító közeg típusa szerint szokás megkülönböztetni. Ezerint lehet:

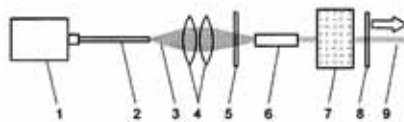
- szilárdtestlézer,
- folyadéklézer,
- gázlézer.

A lézerek alaptulajdonságai:

- monokromatikus,
- párhuzamos,
- együtt rezgő fényhullámok.

Lézerrel olyan pontosságú (pl.: szemműtétek) és felbontású jelölések kialakítására van mód, amelyeket más technológiával nem lehet megvalósítani. Jelölésre és vágásra leggyakrabban CO₂- és YAG-, (amely szintén egy mozaikszó: Yttrium-Aluminum-Garnet), lézereket használnak. YAG-lézerrel (1. ábra) jelölhetők fémek és egyes műanyagok.

A lézerfényt fénypumpálás útján tudjuk létrehozni. Erre a célra alkalmazott Nd:YAG (Neodymiummal szennyezett Yttrium-Aluminum-Garnet) lézerforrások lámpapumpált és diódapumpált kivitelben készülnek. Lámpával pumpált kivitel esetében nagyobb lézerteljesítmény érhető el, azonban sok felesleges hő termelődik, ezért intenzív hűtés szükséges. A diódapumpált lézerek kevesebb hőt termelnek, egyenletesebb nyalábmínőséget



- | | |
|----------------------------|------------------------|
| 1. Pumpáló fényforrás | 6. Lézerkristály |
| 2. Optikai szál | 7. Q-kapcsoló |
| 3. Pumpáló fény | 8. Kicsatoló tükrök |
| 4. Pumpáló fény irányítása | 9. Irányított fényaláb |
| 5. Hátsó tükrök | |

2. ábra. A szilárdtestlézer vázlatos felépítése

produkálnak és lényegesen jobb hatásfokkal működnek a lámpapumpált lézerekénél. A dióddal gerjesztett lézernyalábot jóval kisebb pontba lehet fókuszálni, kisebb lézerteljesítménnyel is biztosítani lehet ugyanazokat az eredményeket.



Varga Bernadett okleveles gépészmérnök 2004-ben végzett a SZIE Gödöllői Gépészmérnöki Karán. A hatvani Robert Bosch Elektronika Kft.-nél lézeres gravírozók folyamatmérnökeként dolgozik és a Budapesti Műszaki Egyetem Elektronikai Technológia Tanszékén doktorandusz-hallgató

Az általunk használt lézeregység diódapumpált szilárdtestlézer, amelyben Nd:YAG, mint lézertest a közvetítő közege. Az 2. ábrán látható a szilárdtest lézer vázlatos felépítése.

Az Nd:YAG-lézer működése

A Robert Bosch vállalat az autóelektronikában az Nd:YAG-típusú lézert a német gyártmányú, Rommel gravírozóberendezésbe épített Trumpf lézeregységgel DataMatrixok égetésére alkalmazza, adatrögzítés céljából.

A fény – mint az közismert – nagy sebességgel (300 000 km/s) terjedő elektromágneses hullámként, ill. tömeg nélküli fényrészcskékként, fotonok áramaként is felfogható. Az egyes alapszinteket hullámhosszuk különbözteti meg egymástól, pl. a piros fény hullámhossza kb. 600 nm, míg a zöldé kb. 500 nm. Az általunk alkalmazott lézerfény hullámhossza 1064 nm. A lézerek fényében gyakorlatilag egyetlen hullámhossz fordul elő, azaz monokromatikus.

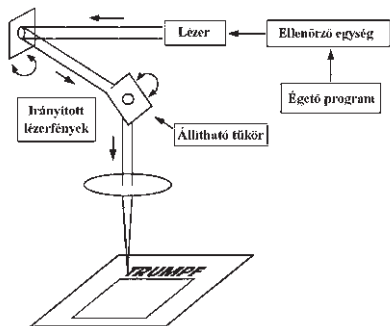
Fénnyel történő pumpálás hatására a YAG-kristályban levő neodímium ionok gerjesztett állapotba, azaz alapállapotukból magasabb energiaszintre kerülnek. A lézersugár kialakulása közben ezek visszatérnek alapállapotba, többnyire indukált emisszió folytán, ami pedig foton kibocsátással jár. A megfelelő irányban haladó fotonok – a tükrökről visszaverődve – újból áthaladnak a lézerkristályon, mellyel további fotonok kibocsátására készítetik a még gerjesztett állapotban levő neodímium ionokat. Ez az oszcilláció és erősítés folyamata.

A nagy energiájú lézerimpulzusok előállításának kulcsa a Q-kapcsoló. Ez a tükrök által alkotott optikai rezonátoron belül helyezkedik el és annak „jósági tényezőjét” hivatott nagyon rövid idő alatt változtatni, ezzel optikailag megnyitva vagy lezárva a rezonátort.

A Q-kapcsoló által átmenetileg lezárt rezonátorban nem tud oszcilláció beindulni, így a lézerkristály teljesen felgerjeszhető. A Q-kapcsoló nyitása után a lézernyaláb 10 nanoszekundum nagyságrendű idő alatt alakul ki, egy nagy energi-

ájú impulzust eredményezve. Ezzel a folyamattal másodpercenként akár 100 000 lézerimpulzust, lövést is elő tudunk állítani, melyek energiája a μJ -mJ, teljesítménye a 10...100 kW nagyságrendébe esik.

A lézernyalábot ezek után összefokuszáljuk, akár egy 50 mikrométeres átmérőjű foltba, mely a megmunkálandó anyag felületén óriási teljesítménysűrűséget eredményez. Ez a felületen robbanászerű anyageltávolítást idéz elő, melynek hatására mikrométer dimenziójú anyagdarabkák formájában távoznak a felesleges rétegek.



3. ábra. A Rommel gravírozóberendezésben alkalmazott Tumpf-lézer működése

Az Nd:YAG-LASER előnyei

A lézerrel történő anyagmegmunkálás számos előnnyel jár:

- A megmunkálás a munkadarab érintése nélkül történik, ezáltal annak fizikai igénybevétele minimálisra csökken.
- Minden szükséges paraméter számítógépes rögzítésre kerül, így a jelölés bármikor megismételhető az eredetivel azonos eredménnyel. A számítógépes feldolgozás szükségtelené teszi a maszkok és hasonló segédeszközök alkalmazását.
- A jelölés megtervezése és megvalósítása között rendkívül rövid idő telik el. A jelölés paramétereit a felmerülő igényeknek megfelelően változtathatók, a jelölőgép átállítása egy újabb jelölési feladatra másodpercek alatt történik.
- A lézerrel készített jelölések ellenállnak a kopásnak, a környezeti behatásoknak és az oldószernek.
- Az Nd:YAG-lézer beruházási és működtetési költsége ugyan magasabb, mint a CO_2 -es lézeré, de előnye, hogy nagyobb a megmunkálhatósági felület.

A lézerparaméterek beállítása

A Robert Bosch Elektronika Kft. hatvani telephelyén az Nd:YAG-lézereket adatrögzítésre, azaz DataMatrix kódok égetésére alkalmazza.

Az DataMatrix gravírozása a nyomtatott huzalozású lemez (továbbiakban NYHL) forrasztásgátló lakkbevonat (Solder Mask Top) rétege alá tervezett réz fóliára történik. A rézfelületre való égetés tartósabb, mint az áramkörti lemez lakkrétegére való égetés. Gravírozás során az anyag elpárolog vagy elég a lézersugár hatására.

A következő paraméterek befolyásolják az égetési minőséget:

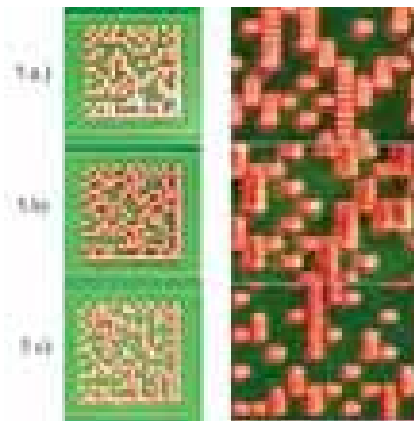
- a lézer teljesítménysűrűsége százalékban, P [%],
- az eltérítőtükrök sebessége, v [mm/s],
- a lézernyaláb frekvenciája, f [kHz],
- a forrasztásgátló lakkbevonat vastagsága, h [μm],
- a forrasztásgátló lakkbevonat összetétele,
- a DataMatrix-cella mérete, C [mm].

A felsorolt paraméterek közül az első három a lézer beállításától függ, a többi az NYHL minőségére, az utolsó pedig a DataMatrix méretére vonatkozik. A lézerparamétereknek jelentős hatása van az égetés minőségére és az égetési folyamat időtartamára, ezért úgy kell beállítani a lézert, hogy a DataMatrix jól visszaolvasható legyen.

Az égetési időtartam nagyban függ a DataMatrix celláinak méretétől. Minél nagyobb a cella mérete, annál nagyobb lesz egy DataMatrix égetési ideje (4. ábra).

C=0,15 mm t=1,6 s	C=0,2 mm t=2,7 s	C=0,25 mm t=3,9 s	C=0,3 mm t=5,4 s
C=0,35 mm t=7,1 s	C=0,4 mm t=9,2 s	C=0,45 mm t=11,3 s	C=0,5 mm t=13,8 s

4. ábra. A különböző méretű DataMatrixok égetési ideje
C: a DataMatrixban egy cella mérete
t: a DataMatrix égetési ideje

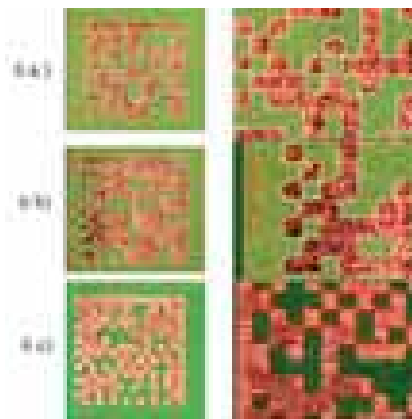


5. ábracsoport. Különböző égetési paraméterekkel, de ugyanarra az áramkörti lemezre gravírozott DataMatrixok.

A 5. és 6. ábracsoport bal oldalán 3x3 mm-es DataMatrixok, jobb oldalon ugyanezen DataMatrixok 30-szoros nagyításban láthatók. A három DataMatrix ugyanarra a NYHL-re került égetésre, de különböző lézerbeállításokkal. Akkor jó az égetés minősége, ha folytonos az égetési vonal, ahogyan a 5. ábracsoporton is látható.

Az égetés során dupla, azaz két égetést alkalmazunk egy időben, amelyek lézerparamétereit különbözők. Az első égetéssel, amely nagy lézerteljesítményű (pl.: 99%), alacsony tükorsebességű (pl.: 300 mm/s) és közepes frekvenciájú (pl.: 16 kHz) lézerparaméter-beállítások mellett eltávolítjuk a rézlemez felülete felett lévő forrasztásgátló lakkbevonatot.

A második égetés során, ahol alacsony lézerteljesítményt (pl.: 40%), nagyobb tükorsebességet (pl.: 1300 mm/s) és egyben nagy frekvenciát (pl.: 35 kHz) alkalmazva egy finomégetést végzünk, amellyel szabályosabbá és egyben olvashatóbbá válik a cella négyzetes mérete és alakja.



6. ábracsoport. Különböző és rosszul megválasztott égetési paraméterekkel gravírozott DataMatrixok

Ha nem megfelelően választjuk meg a paramétereket, amelyek szoros összefüggésben vannak egymással, akkor rossz égetési minőséget kapunk, mint ahogy az a 6. ábracsoporton is látható.

Az 6. a) ábrán az égetési paramétert választottuk meg rosszul, ugyan a cella mérete és alakja szabályos, de a DataMatrixot nem tudjuk olvastatni.

Az 6. b) ábrán a rossz lézerparaméter mellett még a forrasztásgátló lakk réteg magassága sem volt egyenletes. Látható, hogy a DataMatrix bal oldalán erősebb a gravírozás.

Az 6. c) ábrán ránézésre nem tűnik rossz minőségűnek, de nagyítva már észrevehető hogy helyenként erősebb volt az égetés. Ez adódhat a lézer nem egyenletes teljesítményleadásából, vagy abból, hogy az állítható tükör nem tudja biztosítani a megfelelő sebességet.

A lézertechnológiát számos más területen is előszeretettel alkalmazzák, ilyenek például a mindennapi lézerek: CD-lemez-lejátszó, vonalkód-leolvasó, lézeres sebességmérő, lézernyomtató stb., de a gyógyászatban is népszerűvé vált használatuk: lézeres szem- és plasztikai műtétek.

Az autóelektronikai gyártásban is egyre elterjedtebb az új lézeres adatrögzítési technológia, amelynek legnagyobb előnye a kisebb méret, de előny a nagyobb adatmennyiség és tartósság is.

A Robert Bosch vállalat mindig is híres volt a fejlesztéseiről és előszeretettel

alkalmazza az új lézeres technológiákat, ezáltal biztosítja a folyamatos fejlődést és versenyképességet.



További információ:
bernadett.varga@hu.bosch.com