

Značkování TEA CO₂ laserem a měření jeho charakteristik

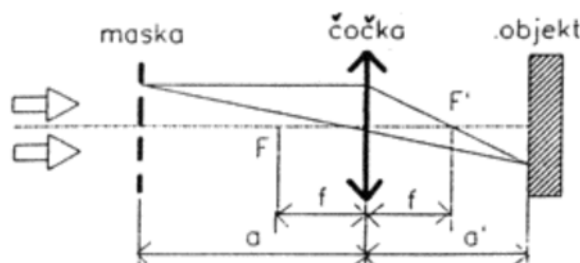
Značkování (popisování, marking) impulsním TEA CO₂ laserem (tj. zápis několikamístné značky – kódu nebo celého nápisu do povrchu různých materiálů) nabývá v současné době velkého významu pro označování velkosériových produktů (např. balených potravin nebo elektronických součástek) výrobním kódem, datem apod.

Značka se vytváří v důsledku odstranění povrchové vrstvy materiálu působením výkonové špičky (≈ 1 MW) laserového impulsu fokusovaného infračerveného záření ($\lambda = 10,6 \mu\text{m}$). Nejčastěji dochází k odstranění tenké vrstvy barvy z povrchu papíru, kovu nebo umělé hmoty, čímž se odhalí kontrastující základní povrch. Základní parametry určující možnost a kvalitu značkování TEA CO₂ laserem jsou:

- na straně laseru – hustota vyzařované energie,
- na straně materiálu – míra absorpce záření na povrchu.

Je žádoucí, aby kontrast mezi povrchem a spodní vrstvou byl co největší.

Hlavní částí značkovacího optického ramene je maska a zobrazovací element (čočka, objektiv, zrcadlo) – viz obr. Masku tvoří zpravidla plech, ve kterém je proražen, vyříznut nebo progravírován potřebný znak nebo kód. Velikost motivu musí být taková, aby se vešla do homogenní části svazku TEA CO₂ laseru (těsně u výstupu se počítá s rozměry svazku asi $8 \times 8 \text{ mm}^2$ a divergence = 4 mrad).



Maska se osvětlí svazkem CO₂ laseru a její zmenšený obraz se zobrazovacím prvkem (čočkou) přenesse na objekt (výrobek, obal). Nutnost zmenšení (1,5 až 6 krát) vyplývá z nutnosti zvýšit hustotu energie záření na objektu tak, aby došlo k odstranění povrchu značkovacího materiálu. Pro jednoduché optické schéma na obrázku platí obvykle čočková rovnice a navíc požadavek, aby $a = ma'$, kde m je zmenšení (poměr m příčných rozměrů vzoru a obrazu je stejný jako poměr a/a').

Hustota energie dopadající na povrch značkovacího materiálu je základním parametrem určujícím kvalitu značkování.

Cíle:

1. Naměřit časový průběh impulsu TEA CO₂ laseru a stabilitu jeho energie.
2. Provést značkování barevného papíru s různými maskami a pro různá volená zmenšení.

Postup:

1. Připravit aparaturu, tj.
 - zapnout napájecí zdroj 24 V / 7 A,
 - zapnout osciloskop,
 - zapnout připojený laptop IBM a spustit ovládací program,
 - odstranit krytku z výstupní apertury laseru. ^[pozn.]
2. Vyzkoušet laserovou činnost a najít místo dopadu svazku.
3. Nastavit laserový svazek tak, aby dopadal na vstup detektoru pro měření časového průběhu (detektor ve vzdálenosti cca 1 m).
4. Nastavit osciloskop v režimu pro záznam a pamatování si rychlých průběhů (50 - 100 ns/dílek).
5. Nastavit úroveň spouštění osciloskopu tak, aby byly zaznamenávány skutečný průběh optického laserového signálu.
6. Naměřit požadované hodnoty časového průběhu.
7. Nastavit detektor pro měření energie do laserového svazku.
8. Nastavit osciloskop v režimu pro záznam pomalých průběhů (10 - 20 ms/dílek).
9. Zaznamenat průběh signálu z detektoru na osciloskopu a sledovat výšku jeho maxima.
10. Nastavit opakovací frekvenci spínání laseru na jedenkrát za 2 sekundy (0,5 Hz).
11. Zaznamenat jednotlivá maxima během cca 100 impulsů a podle toho vyhodnotit stabilitu laserové energie v čase podle požadovaného výsledku.

12. Spočítat, nastavit masku, čočku a objekt (barevný papír nebo papír pokrytý grafitem) a označovat papír číslem nebo znakem alespoň pro dvě vybraná zmenšení ($m > 2$)

Požadované výsledky:

1. Pološířka 1. maxima v časovém průběhu impulsu TEA CO₂ laseru.
2. Celková délka světelného impulsu TEA CO₂ laseru. *Od nástupu na e^{-2} do poklesu na e^{-2} z max hodnoty*
3. Graf závislosti energie na čase a jejich výsledná střední kvadratická odchylka pro n měření, kde n je přibližně 100, volitelně histogram energií. *Převodní poměr 10,4 V/J (graf + histogram)*
4. Předložit několik kvalitních výsledků značkování.

Poznámka:

- Funkcí krytky je bránit přístupu nečistot k výstupnímu zrcadlu rezonátoru. O čistotu výstupního zrcadla je třeba dbát i při provozu. Nebezpečné pro něj mohou být zejména nečistoty odprašované po absorpci záření z povrchu všech předmětů, které by byly při provozu příliš blízko výstupní apertury laseru.

$$f = 25,4 \text{ cm}$$

$$m \in \{2, 2,5, 2,8\}$$

$$m = 2 \quad a = 25,4 \cdot 3 = 76,2$$

$$a' = \frac{25,4 \cdot 3}{2} = 38,1$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'}$$

$$a = ma' \rightarrow \frac{a}{m} = a'$$

$$m = 2,5 \quad a = 25,4 \cdot 3,5 = 88,9$$

$$a' = \frac{88,9}{2,5} = 35,56$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{m}{a}$$

$$m = 2,8 \quad a = 25,4 \cdot 3,8 = 96,52$$

$$f = \frac{a}{1+m}$$

$$a' = \frac{96,52}{2,8} = 34,5$$

$$f(1+m) = a$$

$$a' = \frac{f(1+m)}{m}$$