

**Rámcové téma práce:** Optimalizace a paralelizace laserového mikroobrábění pomocí pokročilého tvarování svazku a metod strojového učení

**Typ Práce:** Doktorská práce

**Školící pracoviště:** HiLASE, Fyzikální ústav AV ČR

**Školitel:** Ing. Petr Hauschwitz, Ph.D., MBA

**Školitel specialista:** prof. Ing. Ivan Richter, Dr.

### **Abstrakt:**

Současný pokrok v oblasti laserového mikroobrábění umožňuje výrobu mikro- a nanostruktur s přesností na desítky nanometrů. Laserovou úpravou povrchů je možné zásadně transformovat funkční vlastnosti materiálů – od řízené smáčivosti a specifických optických či tribologických vlastností až po optimalizaci biologických rozhraní pro pokročilé biomedicínské aplikace.

Spoléhání se pouze na standardní gaussovské profily svazku však představuje významnou bariéru pro zvyšování procesní rychlosti. Při laserové ablaci brání nehomogenní rozložení intenzity gaussovského svazku nejen dosažení vysoké morfologické uniformity, ale i energetické účinnosti procesu. V takových případech je klíčové tvarování svazku do profilu s plochým rozložením intenzity (tzv. top-hat), což zajistí homogenní depozici energie. U aplikací, jako je řezání laserem, nabízejí naopak Besselovy svazky lepší rozložení energie v hloubce materiálu. Zásadní průlom v produktivitě však přináší modulace svazku do multispotových vzorů, která je nezbytná pro masivní paralelizaci výroby. Tato strategie umožňuje simultánní opracování více bodů, čímž se radikálně zkracují procesní časy u průmyslové ablace.

Implementace těchto pokročilých technik vyžaduje specifické provozní strategie pro dosažení maximální efektivity. Přímé laserové interferenční strukturování (DLIP) umožňuje vysokorychlostní výrobu periodických struktur, je však citlivé na stabilitu. Pasivní prvky (DOE) jsou ideální pro statické úlohy s vysokou opakovatelností. Aktivní prvky, zahrnující prostorové modulátory světla (SLM) a digitální mikrozrcadlová zařízení (DMD), sice vyžadují sofistikované algoritmické řízení, ale poskytují všestrannost potřebnou k dynamickému přizpůsobení svazku pro potřeby paralelizované výroby v reálném čase.

Hlavním cílem této práce je identifikovat a implementovat optimální metodiky tvarování svazku pro maximalizaci procesního času a kvality specifických laserových aplikací. Výzkum se zaměří na využití aktivní modulace a integraci softwarově řízeného návrhu fázových masek pomocí iterativních algoritmů a umělé inteligence. Konečným cílem je propojit teoretické principy tvarování svazku s jejich robustní integrací do reálných výrobních procesů s vysokou propustností a minimálními časovými nároky.

Téma je určeno studentům se zájmem o laserové technologie, optickou holografii, výpočetní zpracování dat a aplikaci umělé inteligence v moderních průmyslových procesech s důrazem na efektivitu.