

MODERNÍ ZOBRAZOVACÍ METODY V LABORATORNÍCH ÚLOHÁCH PŘEDMĚTU ZÁKLADY LASEROVÝCH TECHNOLOGIÍ

CHMELÍČKOVÁ Hana – LAPŠANSKÁ Hana – HIKLOVÁ Helena – HAVELKOVÁ
Martina, ČR

Resumé

Príspevek uvádí možnosti okamžitého grafického zobrazení výsledků experimentů s kovovými i nekovovými materiály, které jsou ovlivňovány zářením vysoko-výkonového pevnolátkového laseru. Strukturální změny je možné pozorovat CCD kamerou přímo v místě opracování. Profil ovlivněného povrchu je snímán kontaktním profilometrem TALYSURF, konfokální mikroskop LEXT zobrazí detaily se zvětšením až 14 400x. Uvedené metody významně doplní experimentální úlohy, navržené v rámci nového předmětu bakalářského studia programu Fyzika, oboru Přístrojová fyzika s názvem Základy laserových technologií.

Klíčová slova: výuka, experiment, laser, zobrazení.

MODERN DISPLAY METHODS IN LABORATORY LECTURES OF THE COURSE LASER TECHNOLOGIES BASICS

Abstract

This contribution introduces immediate graphical display experiment results with metal and non-metal materials, affected by high-power solid-state laser radiation. Structural changes can be observed by CCD camera directly in the working point. Affected surface profile is scanned by contact profilometer TALYSURF, Confocal microscope LEXT displays details with maximal magnification 14 400 times. These methods will significantly complete experimental lectures of the new course Laser technologies basics – Study programme Physics, bachelor type, field of study Instrument Physics.

Key words: education, experiment, laser, display.

1 Úvod

Společná laboratoř optiky UP a FZÚ AV ČR garantuje od roku 2008 výuku bakalářského studijního oboru Přístrojová fyzika, který vhodným výběrem povinně volitelných předmětů nabízí specializace na číslicové měřicí systémy nebo přístrojovou techniku. Pro následující akademický školní rok 2009/10 byly připraveny nové studijní specializace „Přístroje pro astronomii a astrofyziku“ a „Optické a laserové technologie“ s cílem připravit budoucí odborníky pro moderní a stále se rozvíjející vědecké a technické obory. Teoretické znalosti budou doplněny atraktivními praktiky přímo na hvězdárnách v Prostějově, Valašském Meziříčí a Vsetíně, v optických dílnách a laserové laboratoři, vybavené laserovým průmyslovým systémem s CNC řízením. Připraveny jsou exkurze do komerčních provozů a návštěvy tematických veletrhů a konferencí.

2 Předmět Základy laserových technologií

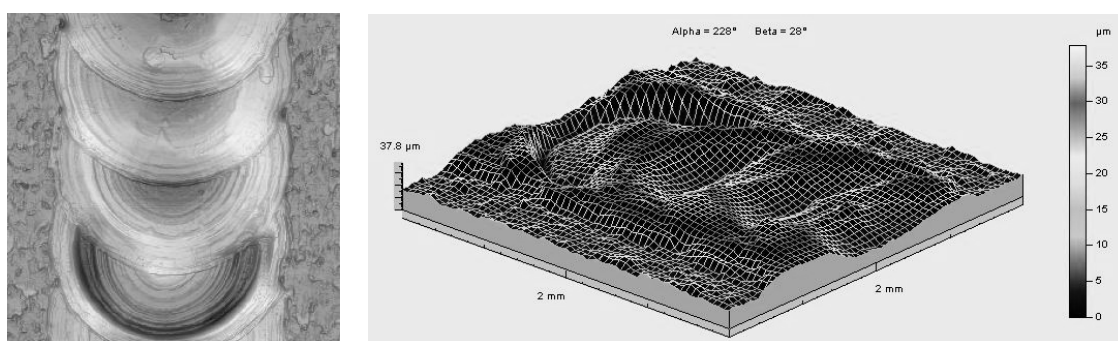
Kolektiv autorů se podílí na přípravě předmětu Základy laserových technologií. Laser jako zdroj monochromatického, koherentního záření o nízké divergenci pronikl za 50 let od svého objevu téměř do všech oblastí lidské činnosti, strojírenství, elektroniky, stavebnictví, lékařství, metrologie, telekomunikací, zábavního průmyslu, apod. Vysoká koncentrace energie na malé ploše laserové stopy představuje vážné riziko pro lidský organismus a životní prostředí, takže princip činnosti laserů a bezpečné práce s nimi by kromě fyziků měl ovládat i každý uživatel takového zařízení. V teoretických přednáškách budou studenti nejprve seznámeni s fyzikálním principem činnosti laseru a jeho konstrukcí, kategorizací laserů podle aktivní látky, výkonu, režimu generace a možností jejich využití v nejrůznějších oblastech lidské činnosti [1], [2]. Praktikum v laserové laboratoři doplní teoretické vědomosti o měření vlastností laserového záření. Pomocí analyzátoru LBA 3 - SPIRICON bude zobrazeno rozložení intenzity v příčném profilu laserového svazku, které závisí na konstrukci rezonátoru. Odchytky od teoretického tvaru pomohou odhalit opotřebování optických prvků, porušení seřízení dráhy laserového svazku, snížení výkonu v důsledku končící životnosti čerpací výbojky. V navazující části se předmět zaměří pouze na průmyslové využití laserů. Nejprve bude vysvětlena fyzikální podstata interakce laserového záření s materiálem s důrazem na odrazivost povrchu, provedeno dělení aplikací na řezání, svařování a povrchové opracování materiálů podle hodnoty plošné hustoty energie. Praktikum umožní získat znalosti o vlivu jednotlivých pracovních parametrů na výsledek opracování, hlavních konstrukčních součástech laserového systému a o možnostech jeho řízení pomocí CNC programu. Plánované jsou exkurze v laserových job-shopech, kde studenti shlédnou práci na plně automatizovaných vysoko-výkonových laserech. Pro pozorování a vyhodnocení ovlivněných materiálů je na našem pracovišti k dispozici několik moderních zobrazovacích přístrojů, vybavených kvalitním softwarovým nástrojem pro další zpracování naskenovaných dat. Reálná šířka laserové stopy na povrchu materiálu je 0,2 mm – 1,4 mm, hloubka maximálně 0,5 mm, široká škála zvětšení umožňuje detailní pozorování až do zvětšení 14 400 x.

3 Vybrané experimenty

Jedna z plánovaných úloh bude zkoumat vliv parametrů procesu na kvalitu laserového svaru. U pulsních laserů je důležitým parametrem rychlost posuvu vzorku, kterou lze ovlivnit překryv jednotlivých laserových stop. Pro zajištění vzduchotěsného svaru je doporučován překryv 75 % - 80 %. Dále je vyžadováno kvalitní opracování svarových ploch, minimální mezera mezi součástmi a přesné navedení dráhy laserového svazku na linii svaru. Každá chyba se výrazně projeví ve vadách svaru. Další úloha optimalizuje parametry natavování povrchu. Tvar stopy ovlivňují významně nejen energie v pulsu, ale také jeho délka. Zvětšování vzdálenosti povrchu vzorku od ohniskové roviny fokusační čočky laserového svazku vede k rozšiřování stopy a poklesu plošné hustoty výkonu [3]. Další experimenty budou věnovány zpracování nekovových materiálů, např. poly-krystalického křemíku, syntetických diamantů, slinuté keramiky nebo stavebních materiálů. Většina těchto materiálů je mechanicky těžko opracovatelná nebo příliš křehká. Metoda laserového orýsování (laser scribing) naruší materiál pouze do určité hloubky, poté se vzorek rozlomí podél rýhy. Laserové vrtání (drilling) spočívá v odpaření materiálu v úzkém a hlubokém otvoru [4].

4 Možnosti zobrazení výsledků

Pozorování vzorku před a bezprostředně po ovlivnění je umožněno přímo v laboratoři CCD kamerou, zabudovanou přímo v pracovní hlavě laseru, která je propojena s monitorem. Barevné obrázky lze ukládat pomocí sběrné karty v počítači. Další metodou je snímání profilu povrchu kontaktním profilometrem Talysurf firmy Taylor Hobson. Diamantový hrot skenuje zvolenou plošku (zde 2 x 2 mm) krokem 5 μm a s rozlišením ve vertikální ose z 16 nm (při volbě nejmenšího vertikálního rozsahu měření dosahuje mechanický profilometr rozlišení až 0,6 nm). Data jsou zpracována softwarovým nástrojem Talymap, který umožňuje mnoho variant zobrazení v rovině i prostoru (Obr. 1), extrakci libovolného profilu, různé typy distančních měření, výpočty velikosti ploch nebo objemů zvolených oblastí a především dlouhé řady parametrů charakterizujících povrch pevných těles.



Obr. 1: *Natavená stopa – fotosimulace v rovině a prostorová axonometrie.*

Laserový konfokální mikroskop LEXT OLS 3100 snímá data bezkontaktně zářením o vlnové délce 408 nm [5]. Disponuje zvětšením 120 x až 14 400 x a vysokým rozlišením 120 nm v podélném a 40 nm ve svislém směru. Softwarové vybavení umožňuje doplnit reálné barevné zobrazení topografickou mapou. Získaná data mohou být filtrována a dále analyzována, lze získat rozměry oblastí, vzdálenosti mezi detaily. Prostorová rekonstrukce poskytuje informace o výškových charakteristikách měřeného profilu. Studenti mohou porovnat obě zobrazovací metody [6].

5 Závěr

Zavádění nových specializací do studijního oboru Přístrojová fyzika má za cíl rozšířit možnosti uplatnění absolventů v moderních technologických provozech a laboratořích. Znalost principu činnosti laseru, možnost jeho uplatnění a základní dovednosti v ovládání tohoto přístroje považujeme za nezbytnou součást fyzikálního vzdělání. Existence vysoko-výkonového laseru na našem pracovišti umožňuje provést řadu zajímavých laboratorních úloh. Experimenty vyžadují vždy dokumentaci a rozbor výsledků. Na zobrazovacích přístrojích profilometru Talysurf a laserovém konfokálním mikroskopu LEXT s kvalitním softwarovým vybavením na zpracování dat je možné velice přesně odečítat rozměry laserem ovlivněných oblastí a zobrazovat vzorek mnoha způsoby. Studenti tak mají možnost seznámit se s prací na řadě špičkových přístrojů.

6 Literatura

1. Saleh, B.E.A. – Carlteich, M. *Základy fotoniky 3*, MATFYZPRESS, vydavatelství MFF UK Praha, 1991. ISBN 9431108.
2. Ready, J. F. *LIA Handbook of Laser Materials Processing*. Orgando, Laser Institute of America, 2001. ISBN: 0-912035-15-3.
3. Chmelíčková, H. – Kaňa, J. – Hiklová, H. – Lapšanská, H. *Steel surface laser melting parameters optimization*. In *Proc. of the 46th Internat. Scientific Conf. „Experimental Stress Analysis“*, Horní Bečva, VŠB-TU Ostrava, 2008, s. 31-34. ISBN 978-80-248-1774-3.
4. Chmelíčková, H. – Lapšanská, H. – Hiklová, H. – Havelková, M. – Pavlíček, P. *Laser treatment of silicon*. In *VOJTĚCHOVSKÝ, K. (Ed.) 11th Scientific and Business Conference SILICON 2008*. Rožnov pod Radhoštěm, TECON Scientific, s.r.o. 2008, s. 379 -384. ISBN 978-80-254-3278-5.
5. Wright S.J. – Wright D.J. *Introduction to Confocal Microscopy*, In *Cell Biological Applications of Confocal Microscopy, Volume 70*, New York, Academic Press, 2002, s. 1 -85. ISBN-10 0125804458, ISBN-13 978-0125804455.
6. Chmelíčková, H. – Lapšanská, H. – Hiklová, H. – Havelková, M. *Srovnání kontaktního a optického měření povrchu laserem natavených vrstev*. In *Jemná mechanika a optika č. 11 - 12*, Olomouc, 2007, s. 307 – 310. ISSN 0447-6441.

Lektoroval: Ing. Alois Koutný, CSc.

Poděkování:

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu AV ČR č. KAN301370701 a projektu MŠMT ČR č. 1M06002 .

Kontaktní adresa:

Hana Chmelíčková, RNDr.,
Společná laboratoř optiky UP a FZÚ AV
ČR, 17. listopadu 50a, 772 07 Olomouc,
ČR,
tel. 00420 585 631 516,
fax 00420 585 631 531,
e-mail hana.chmelickova@upol.cz

Helena Hiklová, RNDr.,
Společná laboratoř optiky UP a FZÚ AV
ČR, 17. listopadu 50a, 772 07 Olomouc,
ČR,
tel. 00420 585 631 506,
fax 00420 585 631 531,
e-mail helena.hiklova@upol.cz

Hana Lapšanská, Ing., Mgr.,
Společná laboratoř optiky UP a FZÚ AV
ČR, 17. listopadu 50a, 772 07 Olomouc,
ČR,
tel. 00420 585 631 579,
fax 00420 585 631 531,
e-mail hana.lapsanska@upol.cz

Martina Havelková, Mgr.,
Společná laboratoř optiky UP a FZÚ AV
ČR, 17. listopadu 50a, 772 07 Olomouc,
ČR,
tel. 00420 585 631 506,
fax 00420 585 631 531,
e-mail martina.havelkova@upol.cz