

# UTILIZATION OF DIGITAL CAMERA FOR RECORDING AND ANALYSIS OF LASER BEAM SPOT

Lukáš OLIVA, Master Degree Programme (2)  
Dept. of Radioelectronics, FEEC, BUT  
E-mail: xoliva02@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Dr. Otakar Wilfert

## ABSTRACT

The laser beam is used in many branches (medicine, engineering, etc.). The spatial distribution of the optical intensity in laser spot belongs among the main characteristics of a laser beam. It can be measured directly by using a special CCD matrix. This method cannot be used for measuring the spatial distribution of optical intensity of beams with a half-width of more than a few millimeters. This paper introduces the method based on measuring the spatial distribution with an unspecialized CCD camera and a screen and basic image processing methods used for laser spot analysis. This measuring method provides for the measurement of the optical intensity of beams with a larger half-width in a visible area of the electromagnetic spectrum. Basic image processing methods are intended to eliminate the influence of optical disturbance and speckle interference.

## 1 ÚVOD

Laserové záření je využíváno především pro svoji vysokou koherenci – směrovost a monochromaticnost. Tyto vlastnosti umožňují přenášet velký výkon s velkou informační kapacitou a s poměrně malými energetickými ztrátami. Pro mnohé aplikace je potřebné stanovit rozložení optické intenzity v rovině kolmé na směr jeho šíření (ve stopě svazku). Běžně se toto stanovení provádí měřením pomocí specializovaných přístrojů tvořených CCD plošnými snímači. Jejich nevýhodou může být poměrně malá plocha, a tedy i omezená šířka svazku, kterou dokáží zaznamenat.

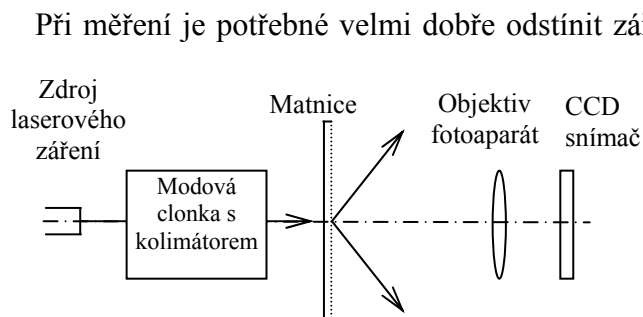
Moje práce se zabývá záznamem a počítačovým zpracováním stopy svazku pomocí nespécializovaného digitálního fotoaparátu, matnice a běžného počítačového vybavení. Na rozdíl od speciálních měřičů je fotoaparát o něco méně přesný u malých šířek svazku, ale díky svému objektivu je schopen zaznamenat mnohem větší světelnou stopu na projekční ploše. Dalšími přednostmi může být cenová dostupnost vybavení a u některých druhů snadná možnost záznamu pohyblivé stopy laserového svazku i po větší ploše.

## 2 ROZBOR

Záznam stopy je možné analyzovat z několika pohledů. Výsledkem analýzy mohou být číselné parametry energetického charakteru – energie, šířka stopy, maximální intenzita nebo parametry rozložení optického šumu v okolí i ve stopě. Jedním z úkolů analýzy je co nejlepší rozlišení tvaru průběhu intenzity svazku od optického šumu. Vliv některých složek optického šumu lze odstranit pomocí průměrování nebo váhování.

### 2.1 PRAKTICKÉ SESTAVENÍ MĚŘICÍ APARATURY

Experimentální pracoviště je při měření uspořádáno podle obr. 1. Skládá se ze zdroje laserového paprsku, optické soustavy k úpravě svazku, matnice a digitálního fotoaparátu. Matnice je v soustavě zařazena proto, aby fotoaparát mohl snímat stopu na stínítku.



Při měření je potřebné velmi dobře odstínit záření pozadí, a nastavit úroveň záření laseru tak, aby nedošlo k přetečení převodníků CCD snímače – ořezání maximální intenzity. Fotografie byly pořizovány v takovém režimu, aby byly co nejméně závislé na parametrech fotoaparátu.

**Obr. 1:** *Uspořádání měřicího pracoviště*

## 3 ODSTRANĚNÍ ŠUMU Z OBRAZOVÝCH ZÁZNAMŮ STOPY SVAZKU

Fotografie stopy svazku pořízené v laboratoři bývají zarušené zářením pozadí. Má-li zdroj vlnovou délku blízkou barvě některého z kanálů CCD snímače, lze jednoduše snížit úroveň šumu zpracováním jen informace z tohoto kanálu. Sníží se tak vliv šumu ostatních senzorů. Další zpracování lze provést v prostředí matematického interpretu (MATLAB) nebo speciálním programem. Snímek nebo jeho část je v něm reprezentována maticí hodnot odpovídající relativní úrovni optické intenzity jednoho nebo součtu barevných kanálů (šedá škála).

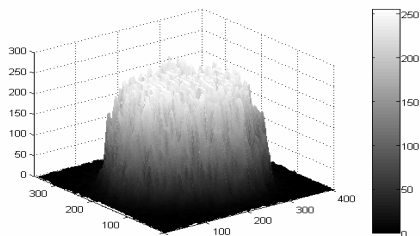
### 3.1 PRŮMĚROVÁNÍ

Průměrování se používá ke snížení optického šumu (skvrnkové interference) pomocí opakovaného snímání (série) jedné stopy s posunutou matnicí mezi jednotlivými snímky. Díky tomu, že je matnice z jedné strany naleptaná a záznamy svazku prošlých paprsků jsou pokaždé vzájemně náhodně mírně odlišné, lze zprůměrováním dostatečného počtu snímků účinně snížit vliv skvrnkové interference. Průměrování způsobuje vyhlazení průběhu intenzity bez ztráty informace např. o hranici svazku.

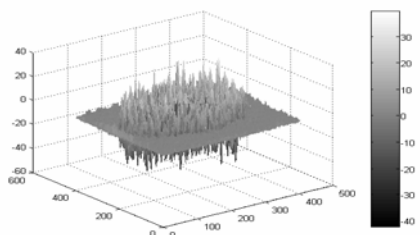
### 3.2 VÁHOVÁNÍ

Váhování na rozdíl od průměrování lze provést na jednom snímku. Jeho základní myšlenka spočívá v tom, že sousední prvky matice hodnot optické intenzity jsou vzájemně korelované více než prvky vzdálenější. Každý sousední prvek váhované matice hodnot intenzity je korigován pomocí hodnot okolních prvků. (Má přisouzenou váhu takovou, aby se celkový součet váhované matice nezvýšil oproti původní matici). Základním parametrem při

váhování je váhovací matice a její rozměry. Váhovací matice o více prvcích znamená lepší vyhlazení průběhů, ale i ztrátu informace o průběhu a okraji stopy. Tento proces odpovídá v oblasti prostorových frekvencí filtraci dolní propustí, kterou lze provést i pomocí prostorové Fourierovy transformace matice reprezentující prostorové rozložení optické intenzity ve stopě získané z obrázku pořízeného fotoaparátem.



**Obr. 2:** *Průběh prostorového rozložení poměrné optické intenzity ve stopě neupraveného laserového svazku snímaného digitální kamerou*



**Obr. 3:** *Průběh odchylky rozložení optické intenzity mezi původním záznamem a záznamem váhovaným pomocí matice 8x8*

### 3.3 CHYBA MĚŘENÍ PROSTOROVÉHO ROZLOŽENÍ ZAZNAMENANÉ STOPY

Chyby optického původu jsou způsobeny nedokonalým odstíněním okolního světelného šumu a zkreslením vzniklým v objektivu fotoaparátu nebo

úpravné optické soustavě. Vliv na celkovou chybu měření prostorového rozložení intenzity optického svazku má i stabilita intenzity a stabilita tvaru svazku laserového zdroje. Tyto chyby lze korigovat.

Chyby způsobené elektronickým zpracováním způsobuje číslicový záznam - v měřítku fotoaparátu - prostorového optického kvazispojitého signálu. Omezujícími vlivy jsou citlivost CCD snímače, se kterou souvisí počet úrovní optické intenzity, které je schopen rozlišit a zaznamenat a konečný počet bodů CCD snímače, způsobující omezené rozlišení snímků. Rozdíl mezi sousedními úrovněmi optických intenzit závisí na parametrech CCD snímače a nastavení parametrů fotoaparátu a tvoří minimální chybu měření. Svůj vliv může mít i okolní záření mimo viditelné spektrum, které některé fotoaparáty zaznamenávají nebo nastavení fotoaparátu (např. kalibrace bílé barvy, komprese atp.) Tyto chyby jsou změřitelné a předvídatelné.

Chyby počítačového zpracování spočívají především v zaokrouhlovacích chybách, např. při složitějších výpočtech (FFT) a v numerických chybách uvedených metod váhování a průměrování hlavně u operací součtů řad a odečítání jednoho snímku od průměrovaného (váhovaného). Svůj vliv má dekomprimace snímku v případě, že pracujeme se ztrátovou kompresí. Tyto chyby lze určit výpočtem.

### PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory Výzkumného záměru “Výzkum mikroelektronických systémů a technologií” MSM 262200022 a “Výzkum elektronických komunikačních systémů a technologií” MSM 262200011.

### LITERATURA

- [1] Saleh, B.E.A., Teich, M.C.: Základy fotoniky I, Matfyzpress Praha, 1991, ISBN 80-85863-01-4
- [2] Řičný, V., Kratochvíl, T.: Základy televizní techniky, FEKT VUT v Brně, 2002