

Holografie

Zdeňka Špačková – spackova.zdenka@centrum.cz
Gymnázium Lipník nad Bečvou, Lipník nad Bečvou
Lenka Caletková – lenishka@seznam.cz
Gymnázium Botičská, Praha 2
Jan Hájek – bubo.hajek@gmail.com
Gymnázium Jiřího Orteny, Kutná hora

Abstrakt:

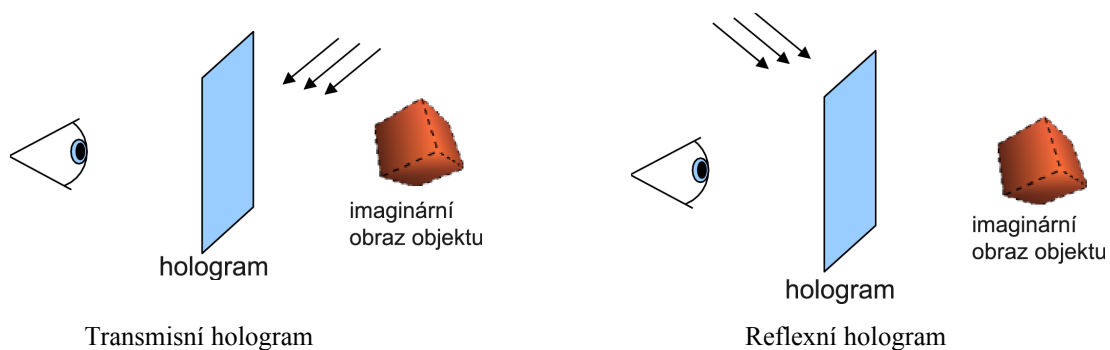
Cílem projektu bylo seznámení se se základními principy holografického záznamu obrazu a vybranými typy hologramů. V experimentální části jsme se zabývali realizací reflexního hologramu, který jsme zkopírovali z transmisního masteru pomocí koherentního světelného zdroje.

1 Úvod

První myšlenku holografie přivedl na svět roku 1947 Denis Gabor, když se snažil zvýšit rozlišení elektronového mikroskopu. Největší rozvoj nastal však v 60. a 70. letech po vynálezu laseru – koherentního světelného zdroje. Pomocí holografie získáváme analogický zápis obrazu podobný jako je fotografie, ale s komplexním zaznamenáním vlnoplochy tzn. jak amplitudy, tak i fáze světla. Tímto způsobem jsme schopni zaznamenat 3D obraz. V dnešní době se holografie využívá například pro ochranu dokumentů, optické paměti a v optických komunikacích.

2 Rozdělení hologramů

Hologramy dělíme na transmisní a reflexní (*Obr. 1*), které se liší tím, jak je pozorujeme. U transmisního hologramu je rekonstrukční zdroj za hologramem. Lze rekonstruovat pouze pomocí laserového záření, což je jeho hlavní nevýhoda. V bílém světle dochází k barevnému rozmazání rekonstruovaného objektu v důsledku disperze světla. Naproti tomu u reflexního hologramu dochází k selekci vlnové délky, takže je i v bílém světle jednobarevný, ale ostrý. Transmisní hologramy se využívají především jako mastery pro vytváření reflexních hologramů.



Obr. 1

3 Experiment

K realizaci naše úkolu jsme potřebovali He-Ne laser o vlnové délce 633 nm s výkonem 15 mW a záznamové medium (Agfa Geavert 8E75), na kterém je z jedné strany halogenostříbrná emulze. Sestavili jsme si aparaturu podle schématu na *obrázku č. 2*. Museli jsme změřit délku signální a referenční větve a zajistit, aby jejich rozdíl nepřesáhl tzv. koherentní délku – jinak by nedošlo k interferenci. Z toho vyplývá, že ramena obou svazků by měla být stejně dlouhá. V signální větvi jsme vytvořili kulovou vlnu pomocí mikroskopového objektivu. Tu jsme následně kolimovali spojnou čočkou, která měla ohnisko společné s mikroskopovým objektivem. Referenční vlnu jsme použili kulovou, s velkým poloměrem křivosti. Fotografie experimentálního schématu je na *obrázku č. 3*. Změřili jsme hustotu výkonu v signálním ($P^s=10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$) a referenčním svazku ($P_{\perp}^r=32 \mu\text{W}/\text{cm}^2$) a nastavili jsme poměr mezi těmito dvěma hodnotami 1:3. Změřili jsme také úhel dopadu referenčního svazku na záznamové médium, který činil 48° . Hustota expoziční energie desky Agfa je $E = 600 \mu\text{J}/\text{cm}^2$. Následně jsme si vypočítali expoziční čas pomocí těchto vzorců:

$$P_{\perp}^r = 32 \mu\text{W}/\text{cm}^2$$

$$P^s = 10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$$

$$\alpha^r = 48^\circ$$

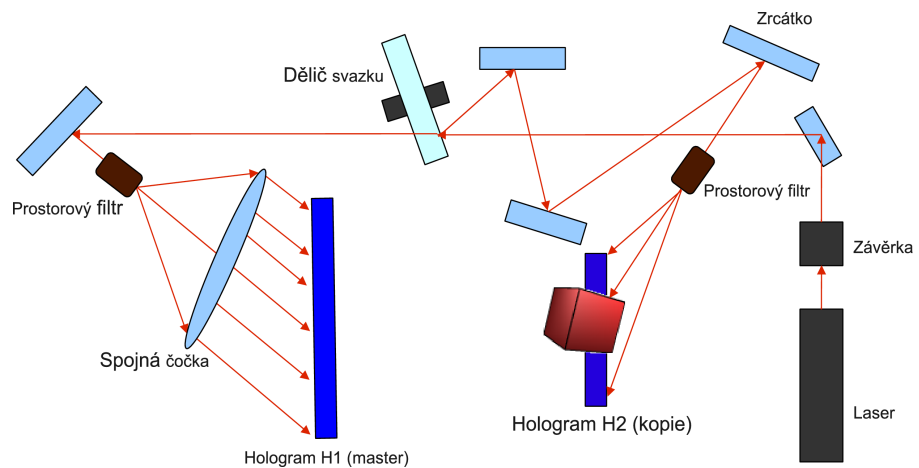
$$E = 600 \mu\text{J}/\text{cm}^2$$

$$P = P_{\perp}^r \cdot \cos\alpha^r + P^s$$

$$P = 31,4 \mu\text{W}/\text{cm}^2$$

$$t = E/P$$

$$t = \underline{19,1 \text{ s}}$$



Obr. 2

Následně jsme zhasli zářivky a rozsvítili ochranné světlo, abychom nezneškodnili záznamové medium. To jsme vložili do stojanu emulzí směrem k referenčnímu svazku. Kolem stolu jsme zatáhli závěsy, abychom zamezili proudění vzduchu nad optickým stolem. Celou aparaturu jsme nechali cca 8 minut relaxovat, abychom se zbavili zbytkových vibrací. V mezičase jsme se odebrali do temné komory a připravili jsme si roztoky, které jsme potřebovali k vyvolání našeho hologramu – přesněji vývojku, běličku a smáčecí roztok. Vrátili jsme se do laboratoře a dvě až tři minuty jsme ještě čekali na utlumení vibrací. Pak jsme otevřeli závěrku a exponovali 20 sekund. Poté jsme stále ve tmě vyjmuli destičku ze stojanu a přešli do temné komory, kde jsme ji emulzí nahoru rychle vložili do vývojky a dvě minuty jsme ji vyvolávali. Po vyprání v tekoucí vodě jsme zčernalou destičku vložili do běličky a nechali ji tam do úplného vybělení. Po dalším vymytí jsme ji na minutu namočili do roztoku vody se smáčedlem, které zabraňuje tvorbě fleků, jež vznikají, když jsou přítomny kapky vody na destičce. Hologram jsme usušili v sušící skříni s proudícím vzduchem a následně zalaminovali z emulzní strany ochrannou černou fólií.

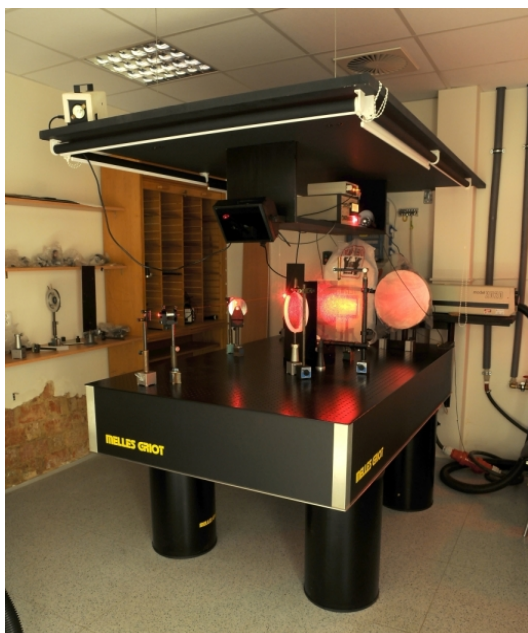
4 Závěr

Při provedení jsme se snažili o vytvoření co nejlepších podmínek (např. o eliminaci vibrací z okolního prostředí, které by mohly negativně ovlivnit výsledek naší práce). Výše uvedený postup jsme zopakovali třikrát, abychom všichni mohli mít svůj vlastní hologram členovce na

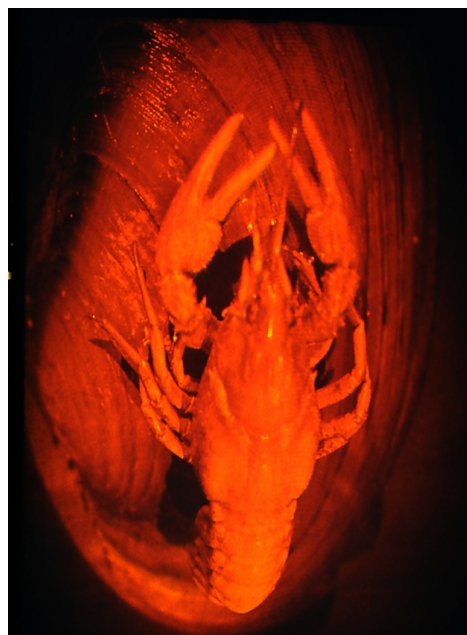
mlži (Obr. 4). Výsledkem naší práce jsou hologramy červené až oranžové barvy, což je způsobeno použitím červeného laseru a triethanolaminu při přípravě záznamového materiálu. Jsme také moc rádi za vlastní hologramy, které jsme si mohli odnést domů.

Poděkování

- Marku Škereňovi a Jakubovi Svobodovi za obětavou pomoc a pevné nervy
- Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské za umožnění přístupu do laboratoří
- Organizátorům Týdně vědy



Obr.3



Obr. 4

Reference:

- [1] FIALA, P. – RICHTER, I.: *Fyzikální optika, skriptum ČVUT*, 2005.
- [2] *Holografie I* <http://optics.fiji.cvut.cz>.