

# Holografie

Vojtěch Klimša, Matouš Vozák, Tomáš Zikmund  
Gymnázium Studentská, Havířov; Gymnázium Františka Palackého  
Valašské Meziříčí; SPŠSE Dukelská 13, Č. Budějovice  
klimvoj@centrum.cz; matous1993@centrum.cz;  
tommekster@gmail.cz

## Abstrakt:

Tento projekt objasňuje základní principy holografie, jako jsou interference světla a jeho difrakce na mikrostruktuře. Protože se holografie zabývá především záznamem a rekonstrukcí trojrozměrného obrazu, byl v rámci práce vytvořen reflexní hologram raka na mušli.

## 1 Úvod a Principy

Holografie je obor zabývající se úplným záznamem a rekonstrukcí vlnoplochy. Tento název vznikl spojením dvou řeckých slov „Holos=úplný a Grafo=záznam.“ Jako nejznámější příklad Holografie můžeme uvést zaznamenání prostorového obrazu (hologramu). Běžná fotografie zaznamenává pouze intenzitu světla, proto je pouze dvourozměrná. U hologramu se však zaznamená nejen intenzita (amplituda), ale i fáze, díky níž můžeme objekty na hologramu vidět prostorově.

Teoretické základy holografii dal v roce 1948 Dennis Gabor. Prvotním cílem bylo zvýšení rozlišení v elektronové mikroskopii. V optice se holografie rozšířila až po sestavení laseru v roce 1960. První obrazový hologram, vytvořili Emmett Leith a Juris Upatnieks v Michiganu (1964).

Abychom správně pochopili, jak hologram funguje, musíme připomenout pár základních pojmů. Důležitou roli hraje v zaznamenávání hologramu interference. Tu můžeme popsat jako vzájemné ovlivňování vln. Aby spolu vlny interferovaly, musí být koherentní, proto se jako zdroj používá laser, který nám zaručuje dostatečnou koherenci. V případě hologramu se zaznamenává i interferenční obrazec signální a referenční vlny. Další děj, který můžeme pozorovat u hologramu je difrakce. Tento fyzikální jev můžeme popsat jako ohyb světla na překážce (štěrbina, mřížka,...). K efektu difrakce dochází při rekonstrukci hologramu, kdy světlo procházející hologramem je pomocí difrakce transformováno do signální vlny.

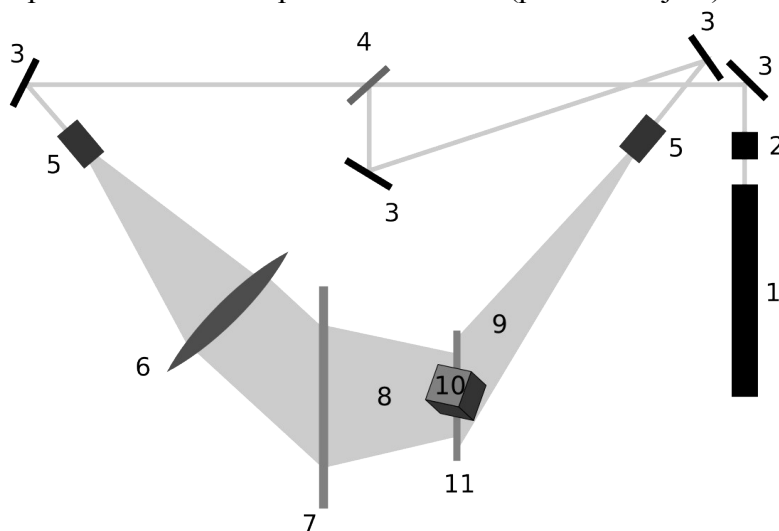
Podle geometrie záznamu a pozorování dělíme hologramy na transmisní a reflexní. Transmisní hologramy se zaznamenávají tak, že signální a referenční vlny dopadají na záznamové médium společně z jedné strany. Naopak reflexní jsou tvořeny tak, že signální vlna je vedena z jedné strany a referenční z druhé. Výhodou reflexního oproti transmisnímu je, že pod bílým světlem lze hologram krásně pozorovat. U transmisního pozorujeme směr spektrálních barev, která se na pohled matně přibližuje původnímu hologramu

Díky vysokým nárokům na stabilitu záznamového schématu a požadavkům na reálný model objektu (v měřítku) se dnes kromě klasické obrazové holografie hodně používá i holografie syntetická. U syntetických hologramů je výhoda ta, že objekt nemusí být skutečný a lze ho pomocí stereoskopie vygenerovat počítačem

V současné době jsou hologramy nejrozšířenější v oboru optické ochrany dokumentů. Můžeme je vidět na různých dopravních či platebních kartách. V optické výrobě se hologramy používají při zjišťování nerovností astronomických zrcadel. A samozřejmě se holografie používá také v optických komunikacích, umění a architektuře.

## 2 Realizace hologramu

Při realizaci klasických hologramů je nutné, aby zachycovaný objekt existoval. Hologramy vzniklé zaznamenáním skutečného objektu rekonstruují objekt v místě, ve kterém byl původně při záznamu. Pro rekonstrukci bílým světlem je žádoucí, aby se rekonstruovaný obraz nacházel co nejbližší k desce hologramu- obraz v rovině média je "ostřejší" než obraz, který je vzdálený. Z tohoto důvodu je výhodnější zaznamenat obraz v rovině média, což se skutečným předmětem nelze, proto se využívá kopírování hologramu (Obr. 1). Další výhodou je, že množství kopií není omezeno a poutáno na scénu (původní objekt).



**Obr. 1:** 1-laser, 2-závěrka, 3-zrcadlo, 4-dělič, 5-prostorový filtr, 6-čočka, 7-master, 8-signální vlna, 9-referenční vlna, 10-objekt, 11-médium (záznamová deska).

Koherentní svazek z laseru rozdělíme na děliči na referenční a signální větev. Signální paprsek jde přes zrcadlo do prostorového filtru (který odstraní nežádoucí poruchy na vlnoploše způsobené například difrakcí na prachových částicích). Dále jde paprsek do čočky, která utvoří z paprsku rovinnou vlnu. Ta rekonstruuje master hologram, ze kterého se vygeneruje signální vlna. Referenční paprsek jde přes 2 zrcadla do prostoru filtru na čočku a osvítl médium zezadu. V místě překryvu referenční a signální vlny vzniká interferenční pole, které se zachytí do záznamového materiálu.

Intenzitní rozložení interferenčního pole je pohlceno záznamovým materiálem. V našem experimentu se jednalo o halogeno-stříbrnou emulzi. Absorpce světla z laseru vznikne v emulzi latentní obraz. Další zpracování záznamového materiálu probíhá tak, že se ponoří do roztoku vývojky. Při chemické reakci probíhající ve vývojce se přemění exponovaný

halogenid na atomární stříbro a vznikne tzv. amplitudový záznam. Destička s emulzí se vypere ve vodě, aby se zbavila solí. Poté se destička vybělí v roztoku běličky. Během bělení dojde k přeměně amplitudového záznamu na fázový. Destička se opět ponoří do vody na odsolení a poté se dá sušit. V případě reflexního hologramu se výsledný hologram pozoruje v bílém světle.

## Měření

Expoziční energie..... $E= 600 \text{ mJ/cm}^2$   
Výkon..... $P= P_s + P_r \cdot \cos\alpha$   
Výkon signálního paprsku..... $P_s= 8,8 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$   
Výkon referenčního paprsku..... $P_r= 32,6 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$   
Úhel dopadu ref. paprsku..... $\cos\alpha= 0,601$   
 $P= 28,6 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$   
Doba, kterou bude médium ozářeno paprsky= doba expozice  
 $t= E/P= 21 \text{ sec}$

## 3 Shrnutí

Za čas, který jsme strávili v optických laboratořích KFE jsme si stihli osvojit základní principy holografie. Výsledkem naší práce byly 3 reflexní hologramy, které jsme si sami zhotovili.

## Poděkování

Závěrem bychom chtěli poděkovat katedře fyzikální elektrotechniky FJFI ČVUT, všem v optických laboratořích KFE, kteří nám poskytli nejen prostory ale i vzácné rady. A hlavně supervizorům Jakobovi Svobodovi a Milanu Květoňovi za jejich trpělivost a snahu nás něčemu naučit.

## Reference:

<http://fyzika.jreichl.com/index.php?sekce=browse&page=457>  
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Holografie>  
[http://optics.fjfi.cvut.cz/files/pdf/PPOP\\_03.pdf](http://optics.fjfi.cvut.cz/files/pdf/PPOP_03.pdf)  
[http://optics.fjfi.cvut.cz/files/pdf/ZPOP\\_04.pdf](http://optics.fjfi.cvut.cz/files/pdf/ZPOP_04.pdf)