KVAZIFOURIEROVSKÁ HOLOGRAFIE A JEJÍ UŽITÍ V EXPERIMENTÁLNÍ PRUŽNOSTI

RNDr. Miroslav Hrabovský, CSc., Emil Macků
SIGMA Výzkumný ústav, k.ú.o. Olomouc

1. Úvod

Při užití holografické interferometrie je v řadě aplikací vhodné použití kvazifourierovské uspořádání při záznamu hologramu. Při tomto uspořádání nevzniká přídavná kvadratická fáze, takže v relativně malé oblasti interference dvou vln stejné křivosti vlnoploch je dosaženo mřížky s konstantní a relativně nízkou prostorovou frekvencí interferenčního útvaru.

2. Záznam a rekonstrukce hologramu - princip

Uspořádání předpokládá umístění předmětového i referenčního bodu v téže rovině - obr. 1.

Komplexní amplitudu vlny v libovolném bodě (X,Y) hologramu vycházející z bodového zdroje (x,y) lze zapsat ve tvaru

$$a_k = A_k \exp\left\{ i \frac{\pi}{\lambda z_0} \left[(X-x)^2 + (Y-y)^2 \right] \right\} \qquad (1)$$

kde A_k je amplituda, λ je vlnová délka světla. Označíme-li $k = 0$ vlnu referenční a $k = 1$ vlnu předmětovou, pak v ohniskové rovině objektivu dostáváme ohybová maxima prvního řádu P_1, P_2 (obr. 2) s komplexní amplitudou

$$b_{1,2} = B_0 \gamma_{1,2} \cdot \exp(\pm i \vartheta) \qquad (2)$$

kde B_0, $\gamma_{1,2}$ jsou výrazy, které lze v přibližném vyjádření zanedbat; ϑ je fáze.

3. Holografická interferometrie

Uvažujeme-li, že předmětový bod $P(x_1, y_1, z_0)$ se mezi dvěma expozicemi přemístí do bodu

$$P'(x_1 + \Delta x, y_1 + \Delta y, z_0 + \Delta z)$$

pak komplexní amplitudy sdružených obrazů $P'_{1,2}$ je (odpovídá bodu P') ve tvaru $b'_{1,2}$. Pak intenzitu interferenčního obrazu lze zjednodušeně popsat výrazem

$$J_{1,2} = 2 B_0^2 \kappa_{1,2}^2 (1 + \cos \Delta\theta) \qquad (3)$$

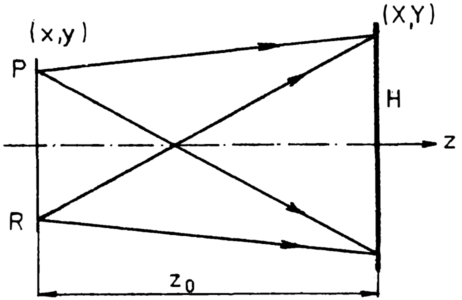
kde $\Delta\theta$ je přírůstek fáze vyvolaný v důsledku změny polohy Δx, Δy, Δz bodu P do P'.

4. Závěr

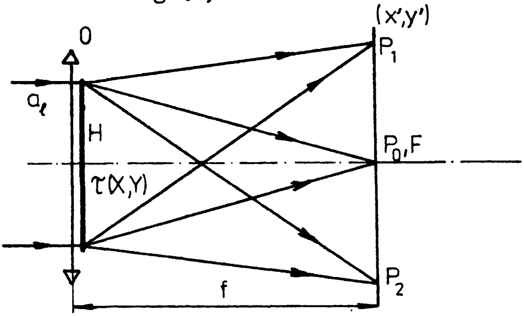
Pro záznam na materiály s relativně nízkou rozlišovací schopností je nutné dodržet následující zásady. Předmět je rovinný nebo alespoň přibližně rovinný a v téže rovině leží i referenční bod. Tato rovina je přibližně rovnoběžná s rovinou hologramu. Mezní frekvence záznamového fotocitlivého materiálu (vhodné užití běžného fotografického materiálu) musí být větší než prostorová frekvence interferenčního obrazu v místě hologramu. Při záznamu hologramu je nutné respektovat tzv. intermodulační podmínku, která říká, že vzdálenost nejvzdálenějšího a nejbližšího bodu předmětu (vzhledem k referenčnímu bodu jako počátku) musí být menší než vzdálenost nejbližšího bodu předmětu od referenčního bodu. Není-li podmínka dodržena, pak difragovaná maxima vzniklá v důsledku vzájemné interference mezi dvěma libovolnými body předmětu zasahují do rekonstruovaných obrazů předmětu a ovlivňují jeho kvalitu.

Je-li předmět rovinný, ale rozlehlý, vyžadující vzhledem k vysoké prostorové frekvenci materiál s vysokou rozlišovací schopností, pak je možné doporučit zmenšení vzdálenosti $\overline{PR}$ na obr. 1 vhodným zobrazením rozptylným objektivem. V případě záznamu prostorového předmětu lze doporučit zobrazení spojným objektivem s cílem zmenšení vzdálenosti $\overline{PR}$.

Nevýhodou zobrazení je poněkud snížená rozlišovací schopnost daná větším šumem. Proto je užití vhodné zejména tam, kde není požadována vysoká kvalitě interferogramu, ale naopak, kde je výhodné užití běžných fotocitlivých materiálů. Například při hromadném použití při různých kontrolních a defektoskopických metodách, ve školské praxi apod.



Obr. 1 Princip záznamu hologramu
(P - předmětový bod; R - referenční bod;
H - hologram)



Obr. 2 Princip rekonstrukce v konvergentním svazku
(f - ohnisková vzdálenost objektivu 0;
P_0, P_1, P_2 - difrekční maxima)