

Vývoj automatizovaného holografického profilometru s využitím metody subaperturního sešívání

Marek Mach <marek.mach@tul.cz>, František Kaván, Jan Kredba, Michal Špína, Marek Stašík

Tento příspěvek se zabývá vývojem digitální holografické metody pro měření topografie povrchu. Metoda cílí na využití kombinace výhodných vlastností metod WLI a konfokální mikroskopie. Metoda by měla dosahovat vysokého laterálního i axiálního rozlišení a v porovnání s metodou WLI být podstatně méně závislá na přesnosti polohovacího systému. Využitím kombinace přesných automatických posuvů a softwarové metody subaperturního sešívání snímků je možné výrazně rozšířit měřenou oblast zvoleného předmětu. Pro zajištění maximálního laterálního rozlišení bude implementována funkce automatického zaostřování.

Klíčová slova: holografie, profilometrie, stitching

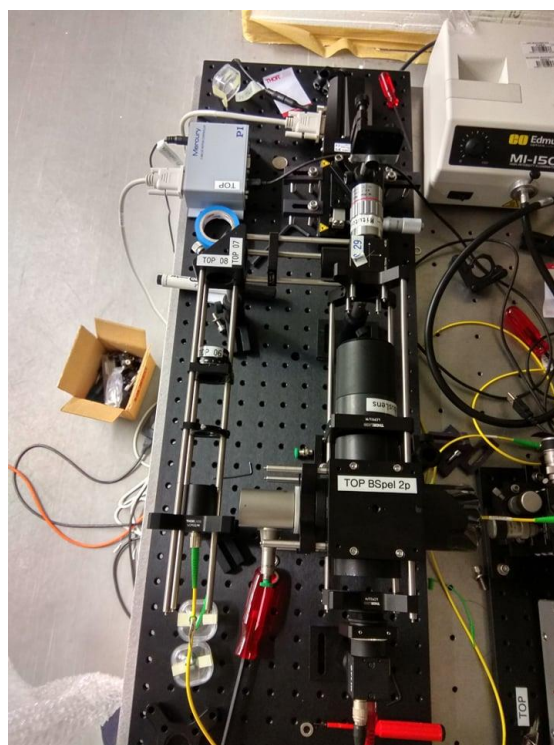
Úvod

V současnosti využívané metody pro měření topografie povrchu jsou především konfokální mikroskopie a WLI. Konfokální mikroskopie umožňuje zobrazit 3D obraz s možností rychlého polohování, rozlišení zhruba jeden mikrometr v laterálním směru, avšak výrazně omezené rozlišení v axiálním směru [1]. WLI nabízí vysoce přesné měření topografie povrchu s rozlišením v řádu desítek nanometrů. Její nevýhodou je plná závislost na přesnosti polohovacího systému a s ní související chyba. Využitím metody interferometrie s řízeným fázovým posunem (Phase Shifting Interferometry - PSI) je u měření rovinného vzorku možné dosáhnout opakovatelnosti měření až 10 nm [2]. Laterální rozlišení této metody závisí na použitém zvětšení, při použití objektivu s 10x zvětšením se pohybuje okolo hodnoty 1 mikrometr [2], což při použití kamery s rozlišením 2000x2000px dává zorné pole 2x2mm. Holografický profilometr dále cílí na celkovou automatizaci měření, jenž reaguje na průmyslové požadavky. Pro rozšíření uplatnitelnosti profilometru z hlediska velikosti měřených vzorků bude využít „sešívací“ algoritmus.

Metodika

V praxi používané kamery (kvadratické detektory) jsou schopné zaznamenávat pouze intenzitu světla. Intenzitní snímek o měřeném vzorku tedy nenesou fázovou informaci o vzorku, která koresponduje se

zkoumanými vlastnostmi. Pro zjištění fáze je třeba využít algoritmus „phase-shifting“, například pomocí zrcátka umístěného na piezo aktuátoru nebo s pomocí akustooptického modulátoru světla. Využití PSI má velkou výhodu v možnosti kontroly posunu v axiálním směru, neboť při něm dochází ke změně fáze úměrné velikosti posunu. Fázový posun o 2π pak odpovídá jedné vlnové délce. Pro posuny v laterálním směru je možno využít odhadu dle známých posunů a následně zpřesnit ze subaperturního sešívání (stitchingu).



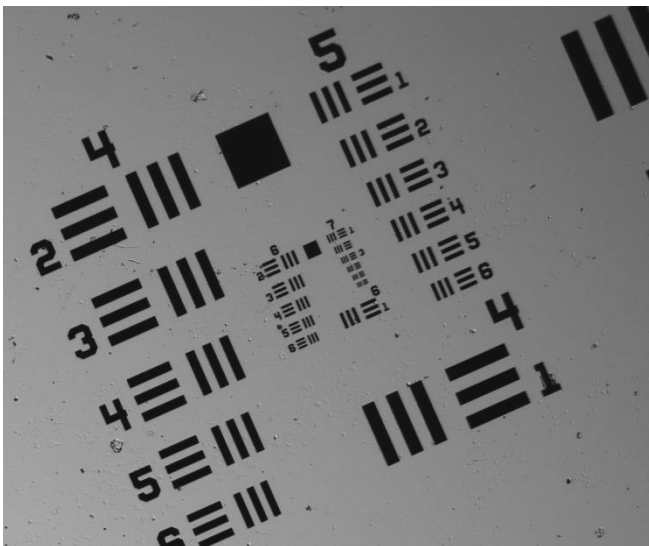
Obr. 1 – Současný stav holografického mikroskopu

Výsledky a diskuze

Prvním cílem bylo sestavit a zjustovat klasický mikroskop a naměřit data s použitím laseru 532nm a také s použitím „bílého“ světla z LED diody. Dále byly provedeny testy hloubky ostrosti prostřednictvím USAF 1951 testovacího objektu (USAF target), které můžete vidět na Obr. 2 a Obr. 3. Dalším cílem je modifikovat měřicí sestavu do interferometrického uspořádání, tedy přivedením referenční větve, viz Obr. 1, která nám umožní získat fázovou informaci o měřeném vzorku.



Obr. 2 – Snímek mince 5 Kč



Obr. 3 – Snímek testovacího objektu USAF 1951

Závěr

Bylo navrženo a sestaveno měřicí schéma holografického profilometru. Měřicí systém byl zjustován. Dále byla provedena měření pro charakterizaci systému. Byly provedeny první kroky pro automatizaci měření, tj. ovládní posuvných stolků,

automatická akvizice snímků z kamery a také měření rozlišovacích schopností a laterálního rozlišení pomocí USAF testu. Dosavadní výsledky naznačují, že rozlišení systému je dostatečné pro další plánované testy.

Poděkování

Tato práce byla podpořena z projektu Studentské grantové soutěže (SGS) na Technické univerzitě v Liberci v roce 2019.

Bibliografie

- [1] SPRING, Kenneth R. Resolution and Contrast in Confocal Microscopy. *Olympus.com* [online]. 2018 [cit. 2019-01-04]. Dostupné z: <https://www.olympus-lifescience.com/en/microscope-resource/primer/techniques/confocal/resolution/>
- [2] DE GROOT, Peter. Phase Shifting Interferometry. *Optical Measurement of Surface Topography* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, , 167-186 [cit. 2019-01-01]. DOI: 10.1007/978-3-642-12012-1_8. ISBN 978-3-642-12011-4. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-12012-1_8