

Dyfrakcyjne kształtowanie światła modulatorami fazowymi

**Michał Makowski, Adam Kowalczyk, Izabela Ducin, Marcin Bieda, Jarosław Suszek,
Jan Bolek, Joanna Starobrat, Paula Wilczyńska, Paula Kochańska, Maciej Sypek,
Andrzej Kołodziejczyk**

Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

Możliwości kształtowania pól świetlnych przy pomocy klasycznej optyki refrakcyjnej szybko wyczerpują się w przypadku niekonwencjonalnych układów obrazujących. Powodem są trudności w fabrykacji asymetrycznych elementów optycznych i związane z tym koszty. Zastosowanie optyki dyfrakcyjnej, pomimo ograniczenia do światła quasi-monochromatycznego, znacznie zwiększa możliwości uzyskiwania funkcjonalności optycznej skrojonej pod konkretne zastosowanie. Współczesne przestrzenne modulatory światła wykorzystują warstwy ciekłokrystaliczne na podłożu krzemowym w celu uzyskania dynamicznej, sterowanej komputerowo i czysto fazowej modulacji koherentnych wiązek światła. Znacznie ograniczona absorpcja światła otwiera możliwości praktycznie bezstratnego wyświetlania złożonych pól natężeniowych lub zespolonych.

W niniejszej pracy przedstawimy najnowsze osiągnięcia w kształtowaniu pól świetlnych do nietypowych zastosowań, wykorzystujące najnowocześniejsze modulatory SLM z ultra-gęstą siatką pikseli o rozmiarach $3,74\mu\text{m}$. Uzyskiwane w praktyce kąty ugięcia dyfrakcyjnego w pierwszym rzędzie wynoszące powyżej 5 stopni umożliwiają projekcję barwnych obrazów płaskich o rozmiarach wystarczających do zastosowań w przenośnej elektronice użytkowej. Zaprezentujemy wyniki prac nad demonstratorem najmniejszej w świecie projekcyjnej głowicy holograficznej zdolnej do wyświetlania w czasie rzeczywistym obrazów barwnych bez użycia soczewek i z wydajnością przewyższającą rozwiązania konwencjonalne [1,2]. Zademonstrujemy zaobserwowaną eksperymentalnie zwiększoną głębię ostrości uzyskaną w przypadku nowych nie-iteracyjnych algorytmów obliczania hologramów komputerowych [3].

Generowane komputerowo hologramy, w odróżnieniu od systemów obrazujących z soczewkami, mogą być z powodzeniem wyświetlane na kolektywnych macierzach modulatorów fazowych na zasadzie apertury syntetycznej. Dzięki temu można znacznie zwiększyć rozdzielczość obrazów uzyskiwanych w modzie projekcji lub w trybie wyświetlacza przyocznego, nawet poza zakresy uzyskiwane w bardzo drogich obiektywach projekcyjnych. W szczególności zademonstrujemy otrzymane eksperymentalnie dwukrotne zawężenie plamki rozmycia PSF, które może znaleźć praktyczne zastosowanie m.in. w pułapkowaniu optycznym oraz w projektorach kinowych wysokich mocy.

Omówimy najnowsze sposoby obejścia ograniczeń modulatorów z periodyczną siatką pikseli dzięki metodzie apodyzacji pikselowej oraz zademonstrujemy możliwości zwiększenia kątów dyfrakcji poprzez zmniejszanie efektywnego rozmiaru piksela przy padaniu wiązki pod dużym kątem.

Wymienione powyżej wyniki stanowią swojego rodzaju przegląd najnowszych osiągnięć w dyfrakcyjnym formowaniu frontów falowych, z naciskiem na ich potencjalne zastosowania praktyczne.

[1] M. Makowski, Opt. Express **21**, 29205-29216 (2013).

[2] M. Makowski, I. Ducin, K. Kakarenko, J. Suszek, A. Kowalczyk, Phot. Lett. Poland **8**, 26-28 (2016).

[3] M. Makowski, T. Shimobaba, T. Ito, Chin. Opt. Lett. **14**, 120901-1-5 (2016).