

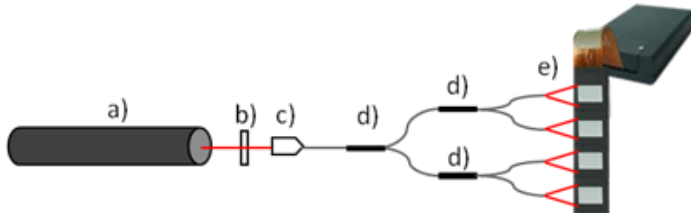
Przestrzenna modulacja fazy laserowych wiązek światła, w połączeniu z metodami holografii komputerowej, umożliwia realizację teoretycznie dowolnych funkcji optycznych. Tym niemniej zakres możliwości jest ograniczony przez skończoną ilość aktywnych punktów (pikseli) modulatorów ciekłokrystalicznych. Niezwykle potrzebne jest zatem połączenie wielu modulatorów w celu połączenia ich obszarów aktywnych i zsumowania aktywnych pikseli. W niniejszym projekcie sprawdzimy, czy jest to możliwe przy użyciu koncepcji apertury syntetycznej.

Apertura syntetyczna jest powszechnie używana w technice radarowej oraz w paśmie mikrofalowym w celu powiększenia efektywnej apertury detektora. Wiąże się to z poprzecznym przemieszczaniem detektora nad wykrywanym lub lokalizowanym celem. W projekcie chcemy wykazać i udowodnić stosowność koncepcji apertury syntetycznej w odniesieniu do holografii syntetycznej (komputerowej). Oznacza to odwrócenie koncepcji stosowanej w technice radarowej, tj. tak by zwiększyły efektywność powierzchni modulatora fazowego światła (ang. Spatial Light Modulator, SLM).

Aby to zrealizować należy zestawić kilka egzemplarzy modulatorów oraz zsynchronizować je ze sobą tak, aby z optycznego punktu widzenia stanowiły jedną powierzchnię, na której zachodzi spójna modulacja fazy światła odczuwalna kontrolowaną dyfrakcją padającej wiązki laserowej na bardzo dużej powierzchni. Oczywiście powierzchnia ta będzie pofragmentowana ze względu na niezerowe odstępy pomiędzy aktywnymi powierzchniami modulatorów. Tym niemniej dzięki wykorzystaniu fundamentalnej właściwości holografii, tzn. możliwości rekonstrukcji całego zapisanego sygnału z dowolnego fragmentu hologramu, możliwe będzie pominięcie lub minimalizacja wpływu "martwych obszarów" na odtworzony sygnał.

Podczas realizacji projektu kluczowymi zagadnieniami będą dostosowanie wzajemnego położenia modulatorów (rozmiar piksela to $8 \times 8 \mu\text{m}$) oraz kompensacja ich wewnętrznych krzywizn, tak by uzyskać płaskie charakterystyki frontu falowego odbitego w pierwszym rzędzie ugięcia. Oznacza to konieczność do wiadczalnego dobrania parametrów funkcji korygujących dla każdego modulatora z osobna. Funkcje te będą koherentną kombinacją rozkładu fazowego nieregularnych siatek dyfrakcyjnych oraz funkcji soczewki rozpraszającej budowanej przez iteracyjny dobór odpowiednich współczynników.

Dodatkowo należy zagwarantować poprawne oświetlenie systemu. Z jednej strony cały zestaw musi być oświetlony tym samym, koherentnym frontem falowym, a z drugiej strony nie powinno się oświetlać obszarów znajdujących się pomiędzy aktywnymi powierzchniami modulatorów, gdyż spowoduje to istotne straty światła. Rozwiązaniem może być zarówno odpowiednie uformowanie wiązki w układzie optycznym, jak i zbudowanie układu światłowodowego, który charakteryzuje się mniejszymi rozmiarami i łatwiejszą konfiguracją. Schemat układu znajduje się na poniższej ilustracji.



Wiązka z lasera He-Ne (a) jest wprowadzana do światłowodu jedno-modowego po przejściu przez płytkę półfalową (b) przy pomocy kolimatora (c). Następnie przy pomocy sprzączki kierunkowej (d) jest rozdzielana na dwa światłowody wtórne i ponownie na cztery wtórne, których końcówki (e) stanowią quasi-punktowe źródła światła oświetlające cztery modulatory SLM. Zaletą tego rozwiązania jest dowolność w ustawieniu modulatorów, co pozwoli na zbadanie rozdzielczości uzyskanych obrazów przy różnych konfiguracjach.

Pozytywnym wynikiem realizacji projektu umożliwi w przyszłości aplikowanie projektu badań stosowanych ukierunkowany na zbadanie praktycznych realizacji holograficznego kształtowania wiązki, np. w dziedzinie pułapkowania optycznego. Obecnie jest to główne przemysłowe zastosowanie holografii komputerowej. Krytycznym parametrem w tej dziedzinie nauki i techniki, decydującym o potencjale stosowności jest rozmiar plamki świetlnej służącej do manipulacji mikro-objektami w preparacie mikroskopowym. Na rozmiar plamki, oprócz apertury numerycznej obiektywu, wpływa również apertura (powierzchnia czynna) modulatora światła, którego rolą jest kształtowanie i pozycjonowanie jednej plamki lub wielu plamek w objętości preparatu. Oprócz tego złożoność definicji kształtu plamek związana jest z ilością pikseli modulatora. Z wymienionych powodów zastosowanie koncepcji apertury syntetycznej pozwoli na uzyskanie znacznie lepszych parametrów, które by mogły otworzyć kolejne dziedziny badawcze dla holografii komputerowej.

Kolejnym atrakcyjnym celem przyszłych projektów stosowanych bazujących na niniejszym projekcie będzie opracowanie holograficznych projektorów obrazów o ultra-wysokiej rozdzielczości (tj. ilości punktów obrazu). Wielokrotnie zwiększona rozdzielczość będzie osiągnięta dzięki koherentnemu zestawieniu na zasadzie apertury syntetycznej wielkiego modulatora o gigantycznej ilości pikseli ze składowych modulatorów światła o przeciwnych rozdzielczościach i niskiej cenie. Jest to niezwykle potrzebne cechy z punktu widzenia ogromnego przemysłu wyświetlaczy, który w przeciągu kolejnej dekady ma upowszechnić wyświetlacze komputerowe, telewizory i projektory domowe oraz kinowe o rozdzielczości 2000 linii i 4000 linii obrazu. Istotne jest, że dzięki modułarnemu zestawianiu dowolnych w kształcie i rozmiarze apertur syntetycznych rozdzielczości finalnych urządzenie wydaje się w praktyce nieograniczone (8000 linii i więcej). Poza tym możliwe stanie się konstruowanie modulatorów nie płaskich, lecz o kształcie cylindrycznym lub sferycznym, co ma istotne znaczenie w procesie dopasowywania układu optycznego do nowoczesnych źródeł światła, np. lasery wysokiej mocy, źródła światłowodowe itp.

Wymienione powyżej niezwykle atrakcyjne możliwości przyszłych zastosowań wymagają jednak najpierw gruntownego poznania na poziomie fundamentalnym sposobu realizacji i ograniczeń niesionych przez koncepcję apertury syntetycznej dla światła widzialnego w zastosowaniu do holografii komputerowej, co jest głównym celem tego projektu.