

ĆWICZENIE 7

Hologram gruby widoczny w zakresie 360°

1. Wprowadzenie

Klasyczne hologramy są jak dotąd najlepszą metodą rejestracji obiektów trójwymiarowych. Dzięki pełnemu zapisowi informacji o obiekcie (amplituda i faza) wygoda oglądania i jakość uzyskiwanego odtworzenia przewyższa komercyjnie dostępne technologie trójwymiarowe (które najczęściej wykorzystują stereogramy). Ponadto wykorzystanie grubych hologramów umożliwia obserwację zapisanych obiektów w świetle białym. Wymagane jest jedynie, aby rozmiar kątowny takiego źródła światła była mała.

W toku zajęć Podstawy Optyki – laboratorium oraz Laboratorium Informatyki Optycznej wykonywana jest seria różnego rodzaju hologramów. Wszystkie wykorzystują do zapisu koherentne światło lasera, oraz w większości przypadków jako medium rejestrujące – płytki holograficzne. Analogowy sposób zapisu umożliwia rejestrację różnego rodzaju powierzchni i prążków interferencyjnych o bardzo dużych gęstościach rzędu tysięcy par linii na mm.

Sposób rejestracji prążków interferencyjnych przy pomocy cyfrowych elementów światłoczułych ma swoje ograniczenia. Maksymalna rozdzielczość to kilkadziesiąt par linii na milimetr rejestrowanych w płaszczyźnie elementu. Nie stosuje się też elektronicznej rejestracji hologramów objętościowych.

Warto podkreślić, że zapis klasyczny umożliwia uzyskanie efektów, które nie są możliwe do otrzymania innymi sposobami, np.:

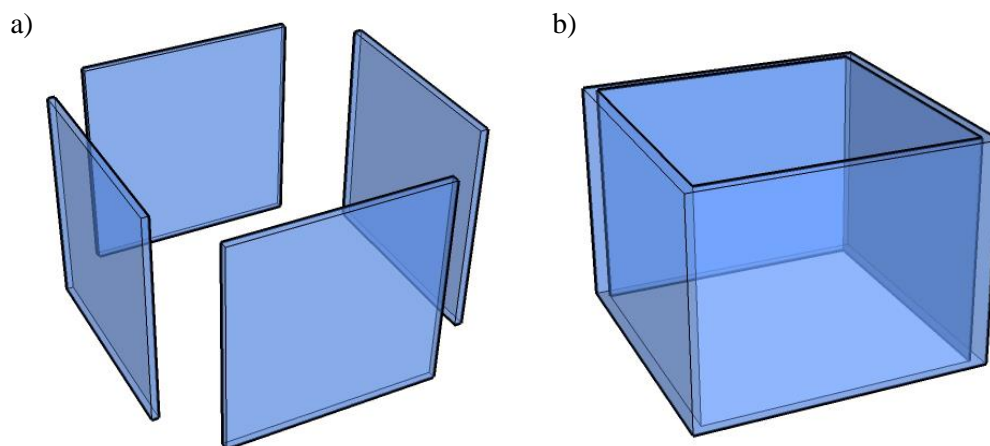
- rejestracja wielu hologramów na jednej kliszy (w ramach ćwiczeń zapisuje się dwa różne obiekty na jednej kliszy, choć możliwości są dużo większe – nawet do kilkunastu)
- całkowicie optyczne rozpoznawanie obiektów
- sprzęganie fazy

Kolejnym ciekawym efektem możliwym do uzyskania klasycznymi metodami holograficznymi jest zapis obiektu w całym zakresie kątowym 0-360°. Oznacza to, że uzyskany hologram umożliwi obserwację obiektu ze wszystkiego stron.

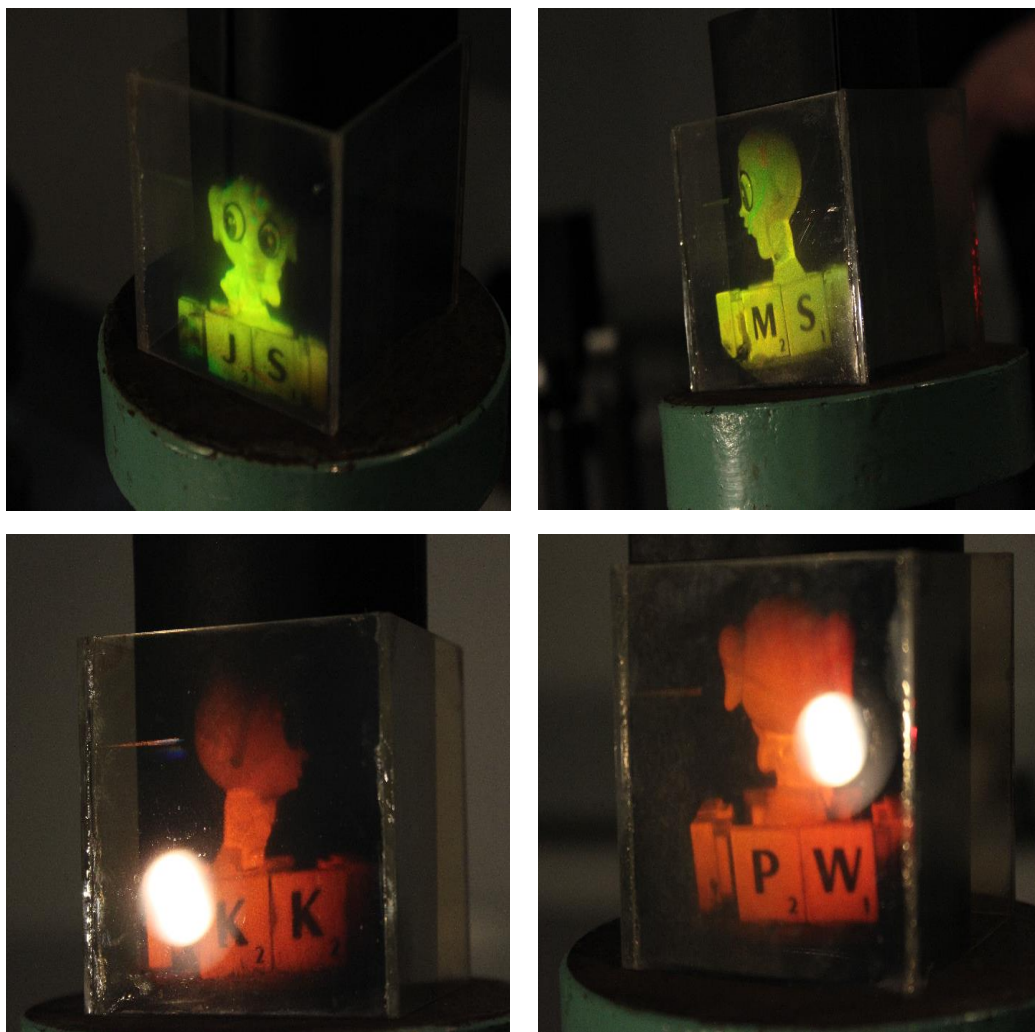
2. Przykładowe konfiguracje zapisu hologramu 0-360°

2.1. Quasi sześcián

Układ ten wykorzystuje 4 hologramy objętościowe przedstawiające obiekt z 4 różnych stron. Hologramy te można uzyskać tak jak w ćwiczeniu „hologram gruby” poprzez wcześniejszą rejestrację odpowiednich 4 hologramów Fresnela lub w najprostszym układzie gdzie obiekt usytuowany jest bezpośrednio za kliszą holograficzną.



Rysunek 1. „Quasi sześcian” a) model ideowy połączenia czterech płytek holograficznych b) model „quasi sześcianu”

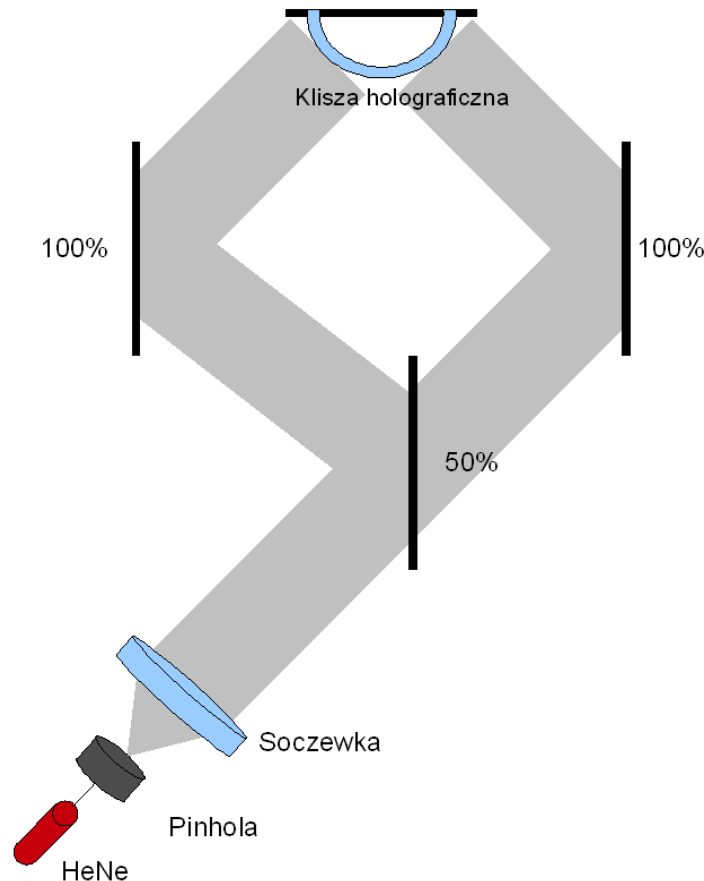


Rysunek 2. Odtworzenie "quasi sześcianu" z 4 stron

2.2. Hologram cylindryczny

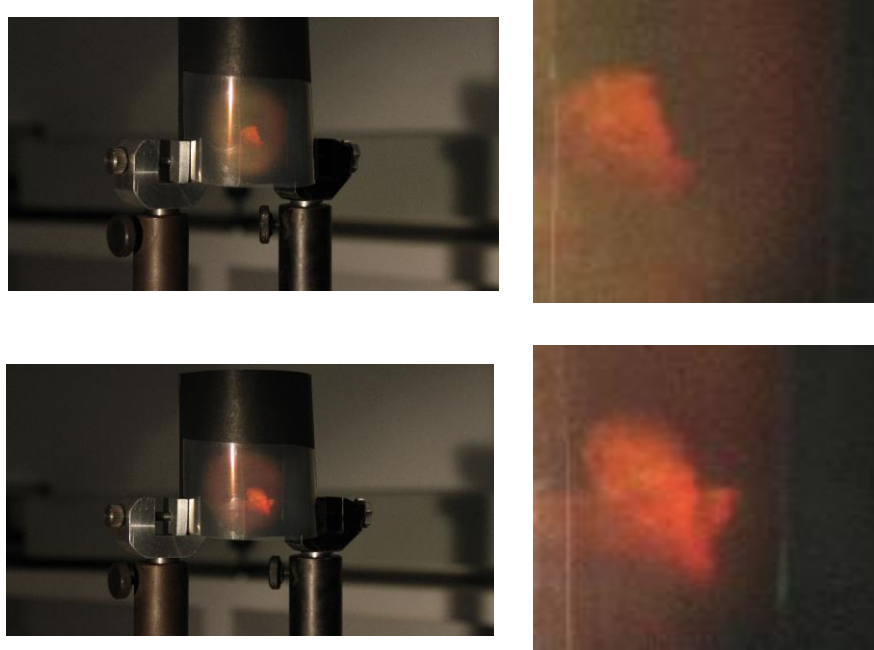
2.2.1. Hologram „pół-cylindryczny” 0-180°

W holografii najczęściej wykorzystuje się szklane płytki z naniesioną emulsją holograficzną. Daje to odpowiednią stabilność mechaniczną podczas długiego (powyżej 0,5 sekundy) naświetlania hologramu. W ogólności emulsję taką można nanieść na prawie dowolny materiał, np. błonę wykonaną z tworzywa sztucznego. Dzięki temu powierzchnia rejestracji hologramu nie musi być płaska.

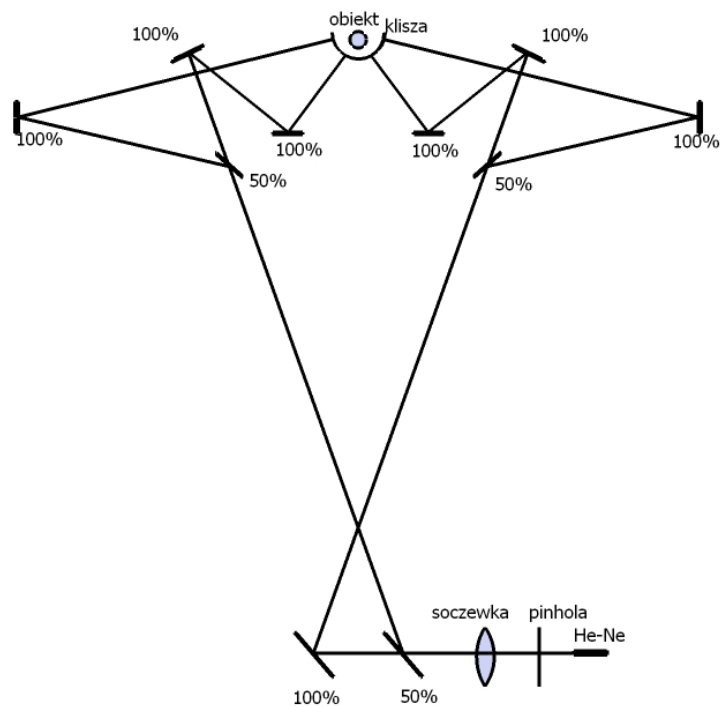


Rysunek 3. Schemat układu optycznego do zapisu hologramu grubego na kliszy holograficznej wygiętej w „półcylinder” z dwoma wiązkami odniesienia

W trakcie prac przygotowawczych nad powyższym układem napotkano trudności związane z uzyskaniem dokładnego oświetlenia całej powierzchni wiązkami o równomiernych natężeniach. Nawet, jeśli udałoby się bardzo precyzyjnie ukierunkować wiązki na wcześniej przygotowany model kliszy i zlekceważyłoby się efekt prążków dyfrakcyjnych pochodzących od ugięcia fali na przeszkodzie to i tak nie ma gwarancji, że przy montażu kliszy w układzie będzie ona dokładnie w ten sam sposób zamontowana. Niestety, w większości wypadków montowane klisze różnią się promieniem krzywizny, co w praktyce doprowadza do częściowego krzyżowania się wiązek bądź do częściowego niedoświetlenia powierzchni kliszy. Jest to jeden z istotniejszych mankamentów powyższego układu. Aby tego uniknąć skonstruowano układ o 4 wiązkach (rys. 5).



Rysunek 4. Zdjęcia wykonanego hologramu pod wybranymi kątami



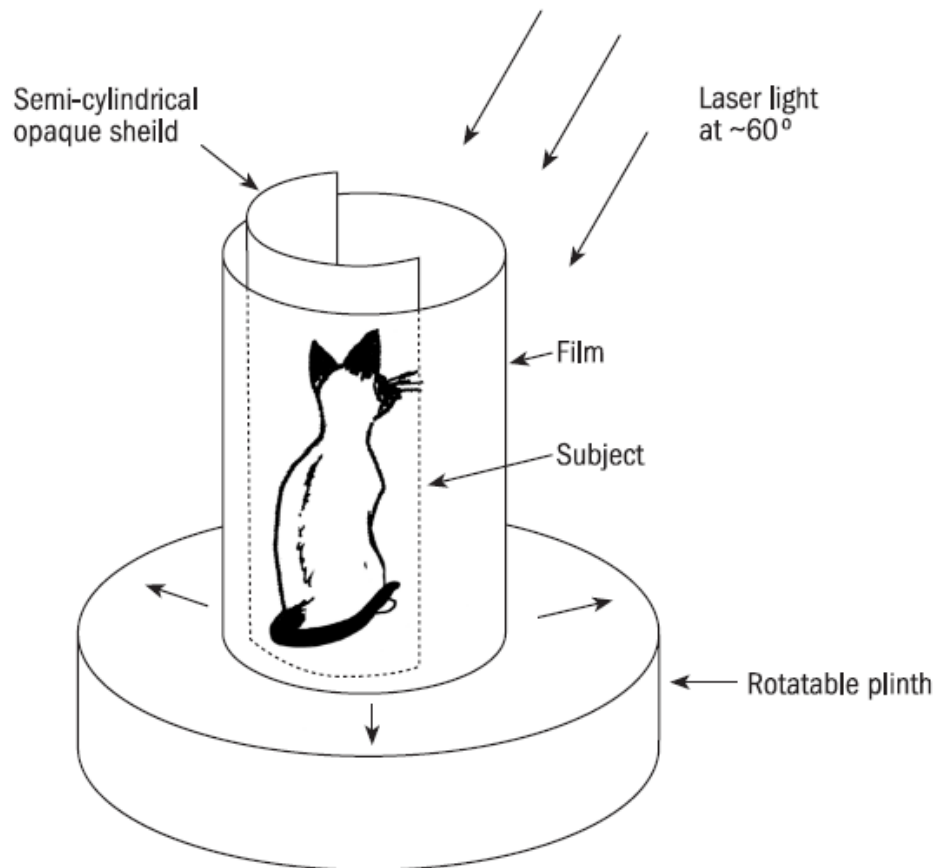
Rysunek 5. Schemat układu optycznego z czterema wiązkami odniesienia

Istotne jest to, że w tym układzie (rys. 5) wygodnie jest nie przesłaniać między sobą wiązki oświetlających. Przesłanianie chroniło przed dodatkową, szkodliwą interferencją między wiązkami odniesienia. Niestety takie rozwiązanie prowadziło do efektu skokowej zmiany natężenia sumarycznej fali padającej na kliszę. Z całą pewnością należało oczekiwać, iż przy czterech wiązkach problem nasiliłby się. W

celu uniknięcia dodatkowych interferencji między wiązkami odniesienia, które fałszowałyby strukturę prążków interferencyjnych, powinno się naświetlić kliszę cztery razy dla każdej wiązki osobno – tak jak przy hologramie dwuekspozycyjnym.

2.2.2. Hologram „cylindryczny” 0-360°

Aby uzyskać pełne 360° należy kliszę zawinąć w rulon (cylinder) i naświetlić zgodnie z poniższym schematem:



Rysunek 6. Układ do rejestracji hologramu objętościowego na kliszy w kształcie cylindra

Zasada naświetlania jest taka jak przy „półcylindrze” z tym, że za obiektem należy dostawić specjalną przesłonę, która uniemożliwi zaświecenia drugiej połówki kliszy. Warto naświetlać na raz około 60°, a wysłaniać ok. 120°. Obiekt wraz z kliszą powinien być zamocowany na stojaku, który umożliwi obracania względem wiązki lasera – to upraszcza układ i daje wrażenia wielokrotnego naświetlania z wielu stron. Tutaj przy odtworzeniu jeśli hologram był naświetlany 3 razy do odtworzenia powinno się użyć 3 źródeł światła – wtedy wszystkie hologramy będą odtwarzane w tym samym momencie.



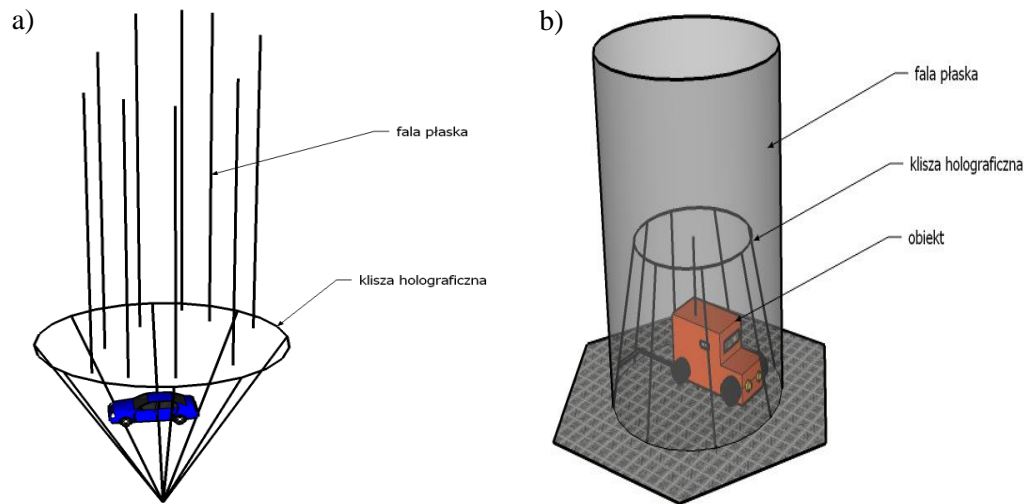
Rysunek 7. Trzy odtworzenia obiektu kliszy zwiniętej w cylinder



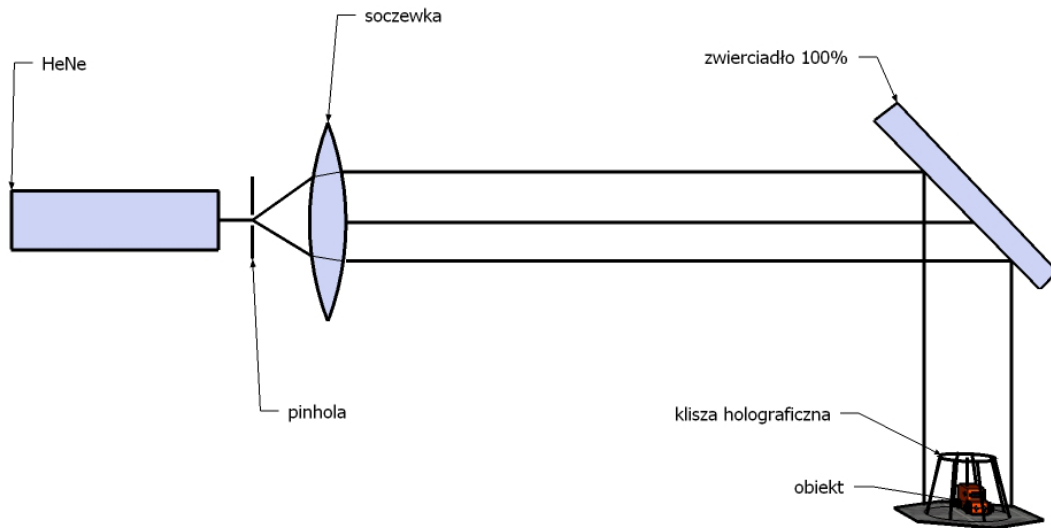
Rysunek 8. Te same trzy odtworzenia obiektu, ale na wyprostowanej kliszy

2.3. Hologram stożkowy

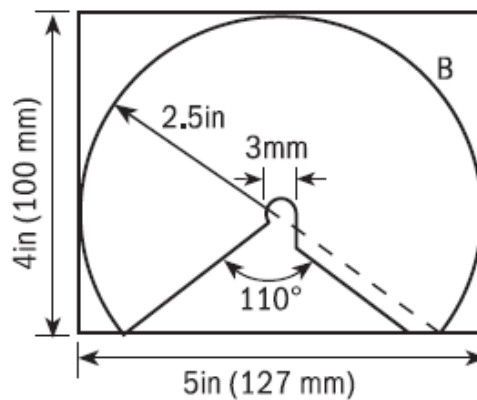
Kliszę holograficzną należy wygiąć w stożek ale tym razem kształt powinien być zbliżony do powierzchni bocznej stożka ściętego (rys. 9 i 10). Obiekt „przykrywamy” kliszą, większą średnicą stożka ściętego do dołu. Większa średnica powinna być na tyle duża aby wiązka oświetlająca obiekt przechodzą przez otwór w zwiniętej kliszy mogła dostatecznie oświetlić cały obiekt. Pozostała część wiązki będzie oświetlała kliszę, a zatem będzie pełniła rolę wiązki odniesienia. Wynika z tego, że średnica wiązki oświetlającej kliszę i obiekt powinna być zbliżona do średnicy większej podstawy stożka ściętego.



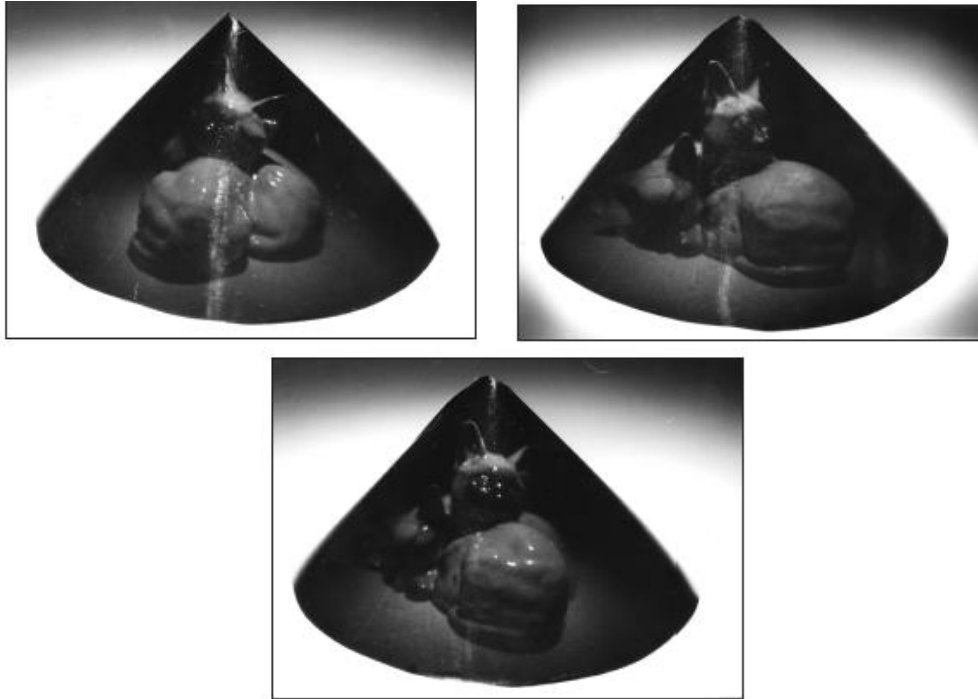
Rysunek 9. Model kliszy holograficznej wygiętej w a) stożek – hologram Fresnela b) "ścięty stożek" – hologram objętościowy



Rysunek 10. Schemat układu optycznego do zapisu hologramu objętościowego na kliszy uformowanej w kształt powierzchni bocznej ściętego stożka



Rysunek 11. Wymiary przycięcia kliszy



Rysunek 12. Odtworzenie hologramu objętościowego z kliszy holograficznej wygiętej w stożek

3. Wykonanie ćwiczenia

W zależności od dostępności odpowiednich klisz holograficznych w laboratorium należy wykonać hologram 0-360° - wybór układu podejmie prowadzący zajęcia.

UWAGA !!! W trakcie projektowania i zapisu hologramu należy pamiętać o warunkach zapisu hologramu, szczególnie przy użyciu klisz z giętkiego materiału, o stabilności mechanicznej.

Uzyskane wyniki należy udokumentować fotograficznie, a zdjęcia załączyć do sprawozdania z ćwiczenia.

4. Literatura

1. J. Skowroński, „Opracowanie konfiguracji zapisu hologramu objętościowego odtwarzanego w przedziale 0-360 stopni”, praca magisterska na WF PW, 2010
2. G. Saxby, „Practical holography”, 3rd edition, 2004