

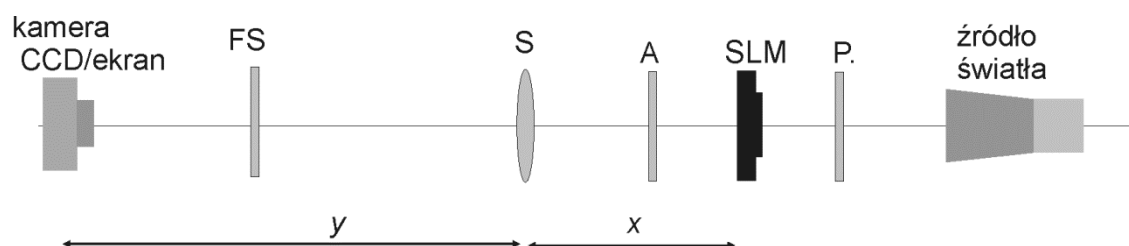


**ĆWICZENIE
106**

MODULATOR CIEKŁOKRYSTALICZNY

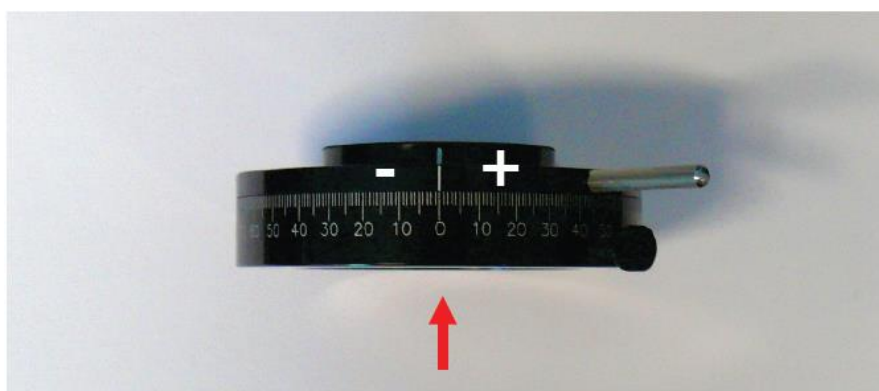
1. Układ pomiarowy

1.1. Zidentyfikuj wszystkie elementy potrzebne do ćwiczenia: modulator SLM, dwa polaryzatory w oprawie (P, A), soczewka S, szary filtr F, kamera CCD, biały ekran. Włącz zasilanie lasera, podłącz do komputera kamerę CCD oraz SLM. Sprawdź czy modulator połączony jest do zasilania. Sprawdź czy kamera nie jest zasłonięta. Włącz komputer (najpierw włączamy modulator, potem komputer - inna kolejność spowoduje, że komputer nie wykryje prawidłowo modulatora)



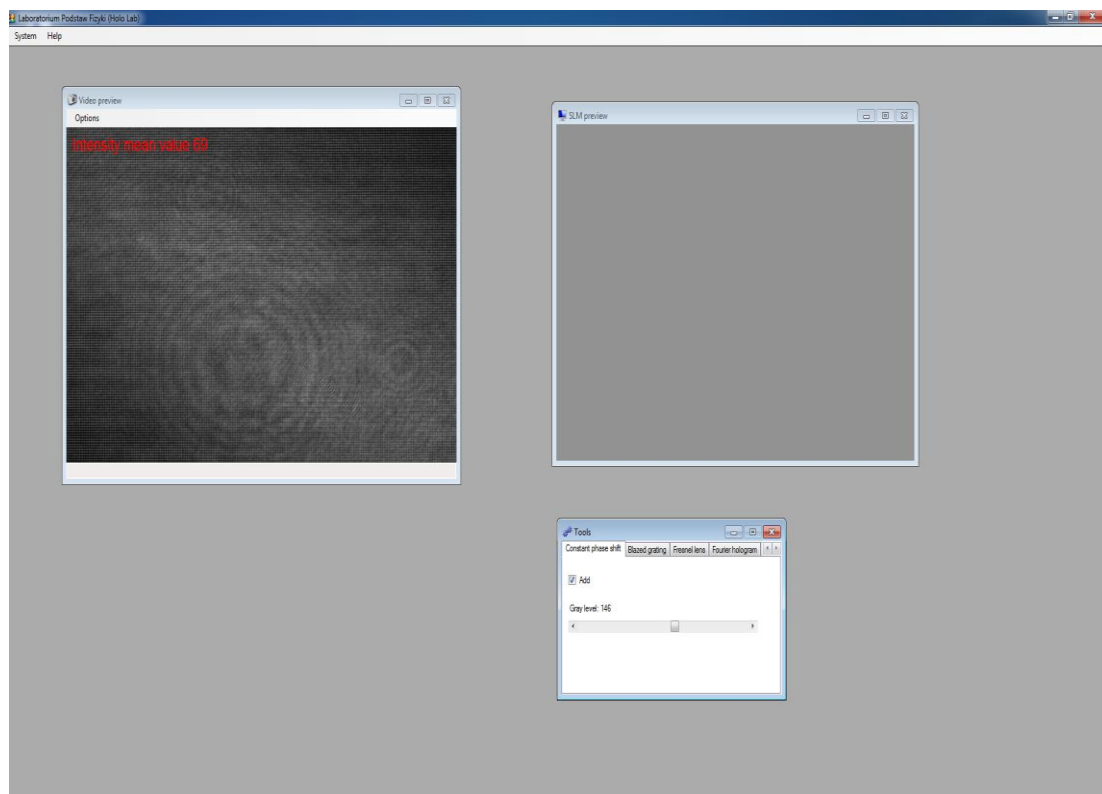
Rys. 1. Elementy układu i ich rozmieszczenie na ławie optycznej.

1.2. Zwróć uwagę, że polaryzatory mogą obracać się w oprawie kątowej niezależnie od obrotu skali. Polaryzatory na swojej oprawie mają dodatkowy znacznik, który określa ich kierunek przepuszczania. Znacznik ten powinien pokrywać się ze znacznikiem oprawy kątowej (rys. 2). Kąt ustawienia osi polaryzatora będzie oznaczany w dalszej części instrukcji θ_p , analizatora θ_A .

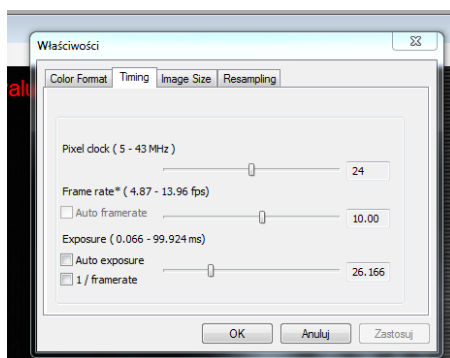


Rys. 2. Określenie kierunku osi polaryzatora w oprawie.

1.3. Uruchom na komputerze program HoloLab (HoloLab3). Jest to program umożliwiający sterowanie modulatorem z jednoczesną obserwacją obrazu na kamerze. Po uruchomieniu pojawią się trzy okna: Video preview, SLM preview i Tools (rys. 3). Okno *Video preview* przedstawia obraz rejestrowany na kamerze, okno *SLM preview* przedstawia obraz wyświetlany na modulatorze, natomiast okno Tools umożliwia sterowanie obrazem wyświetlanym na modulatorze. Kamera rejestruje obraz w 255 stopniowej skali szarości. Jeśli na kamerę pada zbyt duże natężenie światła, jest ona prześwietlona. Należy zwrócić uwagę, żeby kamera nie pracowała w trybie prześwietlonym. Gdy natężenie światła jest zbyt duże, należy przed kamerą wstawić szary filtr. Jeśli kamera jest nadal prześwietlona, można zmniejszyć czas otwarcia migawki (w oknie *Video preview* kliknij *Options* a następnie wybierz *Stream*. Włączone zostanie okno *Właściwości* (rys. 4). Należy wybrać zakładkę *Timing*, wyłączyć *Auto exposure* i *1/framerate*, a następnie suwakiem dobrać właściwy czas ekspozycji).



Rys.3 Okno programu HoloLab3



Rys. 4. Okno ustawienia czasu migawki

2. Zadania do wykonania

2.1. SLM jako wyświetlacz video

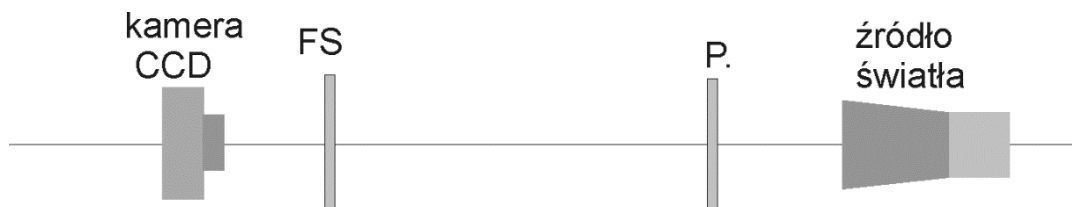
SLM może działać jak przezroczce w klasycznym układzie projekcyjnym (wyświetlacza). W tym celu zestaw na ławie optycznej układ przedstawiony na rys. 1. Ustaw polaryzator w położeniu $\theta_p=0^\circ$, analizator $\theta_A=90^\circ$. Soczewkę o ogniskowej $f=250\text{mm}$ ustaw w odległości x większej niż 300mm od modulatora. Na modulatorze wyświetl „przezroczce”. W tym celu w oknie *Tools* wybierz zakładkę *Display image* i załaduj obrazek. Ustaw ekran w takiej odległości y od soczewki, żeby ostro można było obserwować obraz SLM.

Obracając analizatorem zaobserwuj zmiany w oglądanym obrazie. Zwróć uwagę, że kontrast obserwowanego obrazu zależy od względnych położenia polaryzatora i analizatora. Odpowiednie ich ustawienie umożliwi modulację natężenia światła przechodzącego przez układ. Wyciągnij z układu analizator i zaobserwuj obraz na ekranie.

UWAGA: Sam modulator powoduje tylko zmianę fazy padającego światła. Żeby zmienić amplitudę (i zobaczyć coś!) potrzebujemy układu polaryzatorów (taki układ polaryzator-analizator nazywamy polaryskopem), który zamienia zmiany fazy na zmiany amplitudy.

2.2. Sprawdzenie właściwości polaryzacyjnych źródła światła:

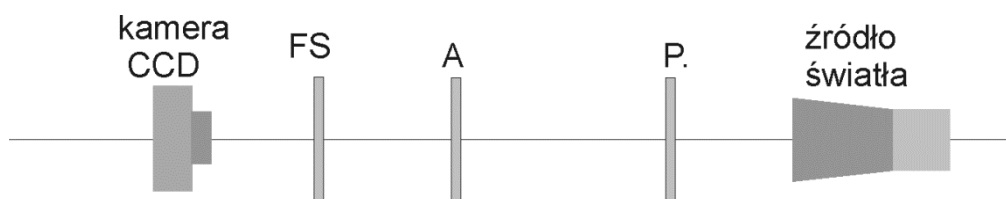
Przygotuj na ławie układ przedstawiony na rysunku 5. Obracaj stopniowo polaryzator (z krokiem 10°) i obserwuj zmianę natężenia światła na kamerze (lub białym ekranie zamiast kamery). Jeśli źródło światła jest niespolaryzowane, obrót polaryzatora nie zmienia natężenia przechodzącego światła. Przy spolaryzowanym świetle, natężenie światła przechodzącego przez polaryzator będzie zależeć od ustawienia osi polaryzatora.



Rys. 5. Układ do badania właściwości polaryzacyjnych źródła światła.

2.3. Sprawdzenie prawa Malusa

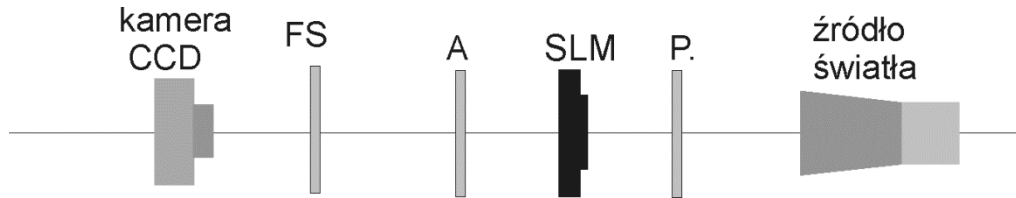
Ustaw układ przedstawiony na rysunku 6 (układ taki nazywamy polaryskopem). Światło po przejściu przez polaryzator jest liniowo spolaryzowane. Umieszczenie drugiego polaryzatora (nazywanego analizatorem), umożliwi zmierzenie kąтового rozkładu natężenia światła (prawo Malusa). Ustaw polaryzator w położeniu $\theta_p=0^\circ$. Analizator obracaj stopniowo z krokiem 10° w zakresie $\theta_A = -90^\circ$ do $+90^\circ$. Dla każdego położenia analizatora θ_A zanotuj średnią wartość natężenia światła (I) rejestrowaną na kamerze (czerwona liczba w oknie *Video preview*). Wykreśl zależność $I(\theta_A)$.



Rys.6. Układ polaryskopu do badania kąтового rozkładu natężenia światła spolaryzowanego.

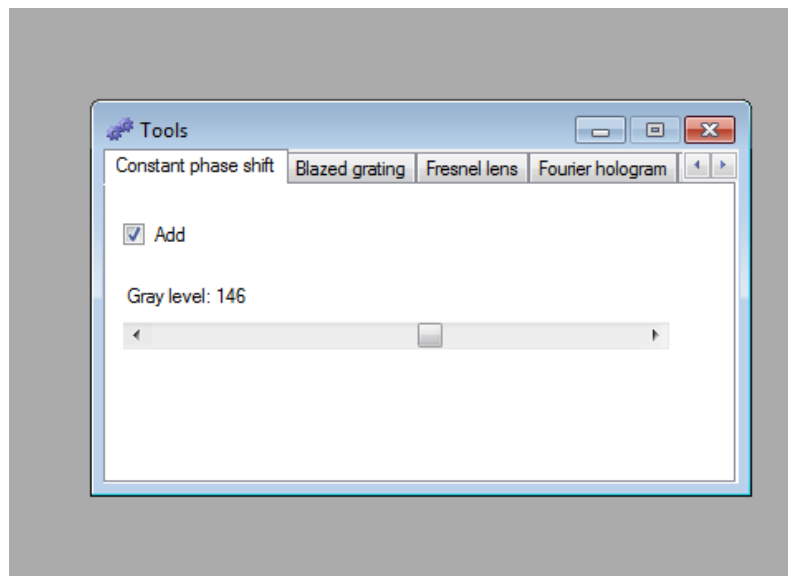
2.4. Określenie właściwości polaryzacyjnych modulatora .

Ustaw na ławie optycznej elementy zgodnie z rys. 7. Ustaw kierunek przepuszczania (oś) polaryzatora $\theta_p=0^\circ$, analizator ustaw w położeniu $\theta_A=90^\circ$ (polaryzator i analizator skrzyżowane).



Rys.7. Podstawowy układ do badania właściwości polaryzacyjnych.

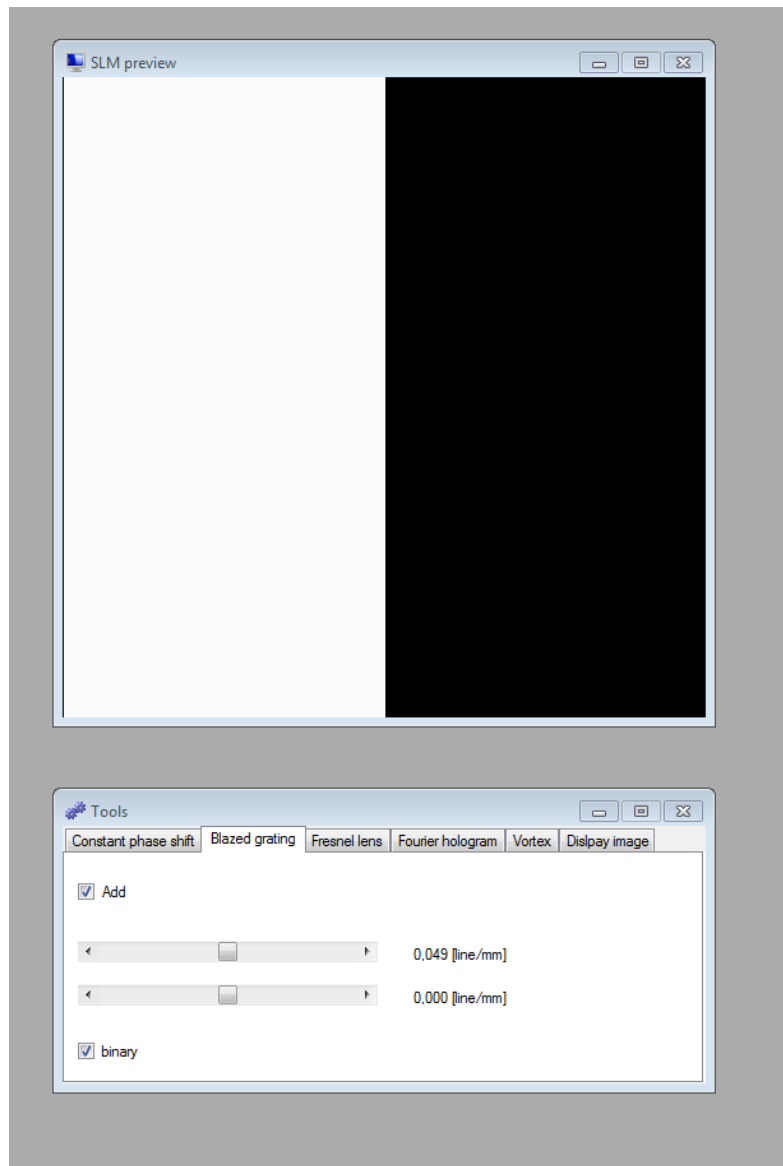
- Wybierz okno programu Tools, a na nim zakładkę *Constant phase shift* (rys. 8). Okno to umożliwi wyświetlanie na modulatorze obrazka o jednolitym stopniu szarości (od 0 do 255). Stopniom szarości przypisywana jest odpowiednia wartość napięcia pomiędzy skrajnymi warstwami ciepłego kryształu, to z kolei powoduje zmianę stanu polaryzacji światła przechodzącego przez SLM, a w konsekwencji zmianę fazy przechodzącego światła. Zaobserwuj zmianę natężenia światła padającego na ekran w zależności przyłożonego napięcia. W tym celu zaznacz pole *Add* (to oznacza, że na SLM będzie wyświetlany ten wariant) a następnie suwakiem przy polu *Gray level*, zmieniaj wartość wyświetlanych stopni szarości/napięcia.



Rys. 8. Fragment okna programu HoloLab3.

- Sprawdź czy taki sam efekt obserwuje się przy wyciągniętym z układu analizatorze.
- Wyłącz dodawanie stałego napięcia (odznacz *Add* na zakładce *Constant phase shift*). W oknie *Tools* wybierz zakładkę *Blazed grating* (siatka dyfrakcyjna). Włącz wyświetlanie siatki (zaznacz *Add*). Parametry siatki ustaw tak, żeby na SLM wyświetlany był obrazek przedstawiony na rys. 9. Obracając analizatorem zaobserwuj jak zmienia się kontrast obrazu na ekranie. Zwróć uwagę na

położenia analizatora, w którym kontrast zanika oraz gdy kontrast jest odwrócony.



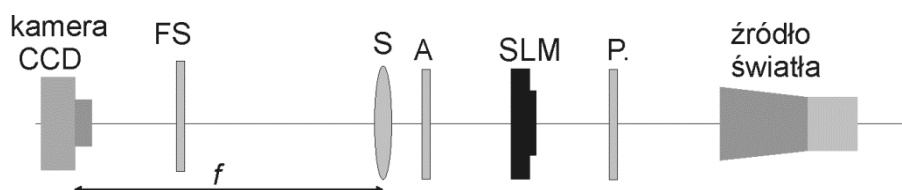
Rys. 9.

UWAGA: Odpowiednie ustawienie polaryskopu będzie powodowało modulację tylko fazy światła, tylko amplitudy światła bądź i fazy i amplitudy jednocześnie.

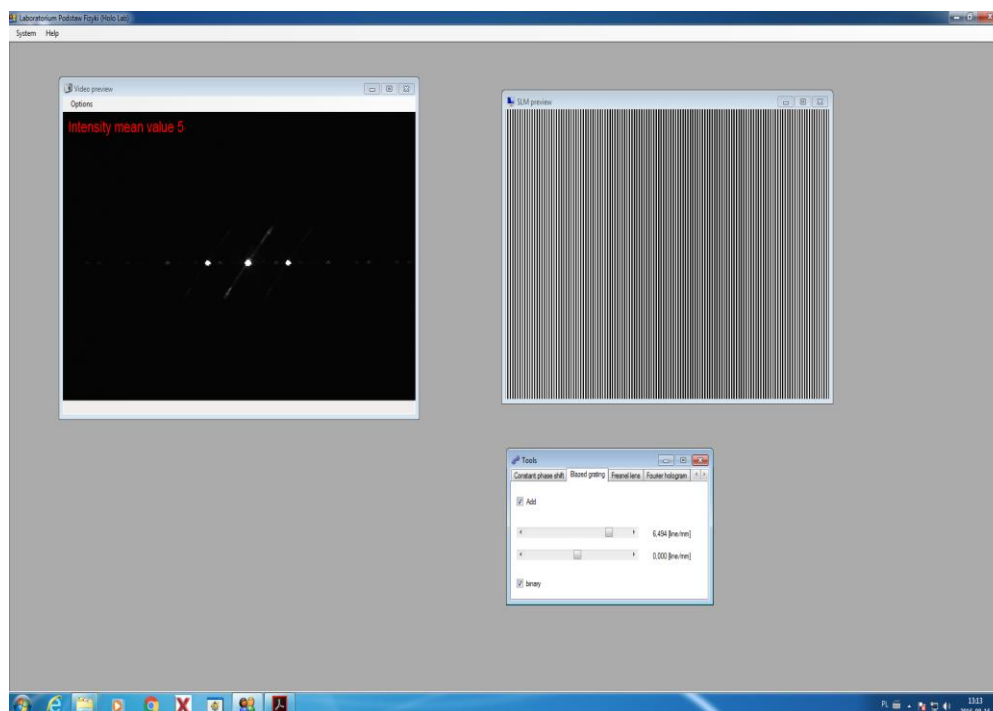
2.5. SLM jako element dyfrakcyjny

2.5.1. Wyświetlanie siatki dyfrakcyjnej.

Na ławie ustaw układ przedstawiony na rys. 10. Kamera CCD powinna znajdować się w płaszczyźnie ogniskowej soczewki. W oknie *Tools* wybierz zakładkę *Blazed grating*. Zaznacz pole *Add* (co oznacza wyświetl to na modulatorze). Suwakiem wybierz gęstość siatki. Możesz określić również jej kierunek podając składową wzdłuż OX i OY. Na kamerze zaobserwuj widmo dyfrakcyjne. Zaobserwuj jak zmienia się jego kształt w zależności od gęstości prążków i ich orientacji.



Rys. 10. Konfiguracja układu do obserwacji widm dyfrakcyjnych.



Rys. 11. Przykładowe widmo dyfrakcyjne siatki (okno Video preview), wraz z wyświetlaną mapą fazową (okno SLM preview) i parametrami siatki (okno Tools)

2.5.2. Wyświetlanie hologramu. Pracujemy w układzie przedstawionym na rys. 10. W oknie *Tools*, wybierz zakładkę *Display image*, załaduj obraz , a następnie na zakładce Fourier hologram wylicz jego hologram. Na kamerze CCD zaobserwuj obraz (odtworzony hologram).

2.5.3. Wyświetlanie złożonej kombinacji map fazowych.

SLM daje ogromne możliwości w dodawaniu do siebie różnych masek fazowych i wpisania ich w jeden wyświetlany na modulatorze obraz. Na wyświetlany hologram możemy nałożyć dodatkowo mapę fazową pryzmatu, soczewki, etc. Złożenie hologramu i soczewki spowoduje przeogniskowanie (przesunięcie płaszczyzny obrazu wzdłuż osi optycznej). Złożenie hologramu i pryzmatu spowoduje z kolei przesunięcie obrazu w płaszczyźnie prostopadłej do osi optycznej.

Przykładowe złożenie trzech masek (obserwacja jak w układzie na rys.10):

1. Wyświetlenie hologramu: W oknie *Tools* wybierz zakładkę *Display image*, załaduj obraz, a następnie na zakładce Fourier hologram wylicz jego hologram. Zaznacz pole *Add* (co oznacza wyświetl to na modulatorze). Na kamerze powinniśmy zobaczyć odtworzony hologram (wielokrotniony obraz załadowany z *Display image*).

2. Do istniejącego hologramu dołóż maskę siatki dyfrakcyjnej: W oknie *Tools* wybierz zakładkę *Blazed grating*. (zaznacz pole *Add*). Suwakiem wybierz gęstość siatki. Możesz określić również jej kierunek podając składową wzdłuż *OX* i *OY*. Na kamerze zaobserwuj przesunięcie obrazu. Zaobserwuj jak zmienia się przesunięcie w zależności od gęstości prążków i ich orientacji.

3. Do istniejących masek hologramu i siatki dołóż soczewkę Fresnela. W oknie *Tools* wybierz zakładkę *Fresnel lens*. (zaznacz pole *Add*). Suwakiem zmień ogniskową soczewki. Dodanie soczewki spowoduje, że na kamerze CCD odtworzony hologram stanie się rozmyty. Aby znów uzyskać ostry obraz, należy przesunąć soczewkę względem kamery.

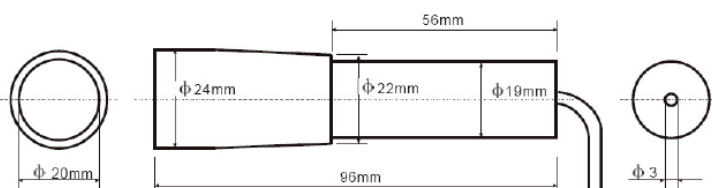
Opracowała
Agnieszka Popiołek-Masajada

PARAMETRY TECHNICZNE:



Modulator

Rodzaj LCD: twisted nematic
Aktywny obszar: 36.9 x 27.6 mm
Przekątna: 1.8"
Rozmiar piksela: 36 μ m
Rozdzielczość: 1024 x 768 Pixel - XGA
Szybkość odświeżania: max 60Hz
Zasilanie: 12V- 2.5A
Temperatura pracy: -10° ~+40°



Moduł laserowy

Długość fali: 650nm
Zasilanie: 5V, 120 mA