

HOLOGRAFIA

XX STUDENCKA SESJA PLAKATOWA

INSTYTUT FIZYKI
WYDZIAŁ FIZYKI, ASTRONOMII
I INFORMATYKI STOSOWANEJ UJ



AUTOR:
KOPEĆ TOMASZ

OPIEKUN:
DR HAB. TOMASZ KAWALEC

21

ABSTRAKT

Celem ćwiczenia było wykonanie trójwymiarowych obrazów metodami holografii: transmisyjnej (Leitha-Upatnieksa), objętościowej oraz cyfrowej. Dodatkowo skonstruowano interferometr Michelsona, co pozwoliło zaobserwować efekt interferencji światła i wyznaczyć drogę spójności d lasera helowo-neonowego (He-Ne). Uzyskano wynik $d = 36.0(1.5)$ cm.

HOLOGRAFIA W PIGUŁCE

- ▶ Holografia jest działem optyki, który zajmuje się technikami uzyskiwania obrazów trójwymiarowych za pomocą rekonstrukcji fali świetlnej. Rekonstrukcja taka musi uwzględniać nie tylko amplitudę światła, ale również jego fazę.
- ▶ Wprowadza się dodatkową wiązkę (referencyjną), która interferuje z wiązką przedmiotową na kliszy. Relacja między fazami zostaje zapisana w postaci obrazu interferencyjnego – pozwala to następnie odtworzyć falę przedmiotową oświetlając gotowy hologram wiązką referencyjną.
- ▶ Pierwszy hologram został wykonany przez Dennisa Gabora w 1948 roku (Nagroda Nobla 1971). Holografia została od tego czasu znacznie rozwinięta (zwłaszcza dzięki upowszechnieniu laserów) i znalazła zastosowanie w nauce, medycynie, informatyce, technice, a nawet sztuce.



Rysunek 1: Rejestracja hologramu metodą Leitha-Upatnieksa.

DROGA SPÓJNOŚCI LASERA HE-NE

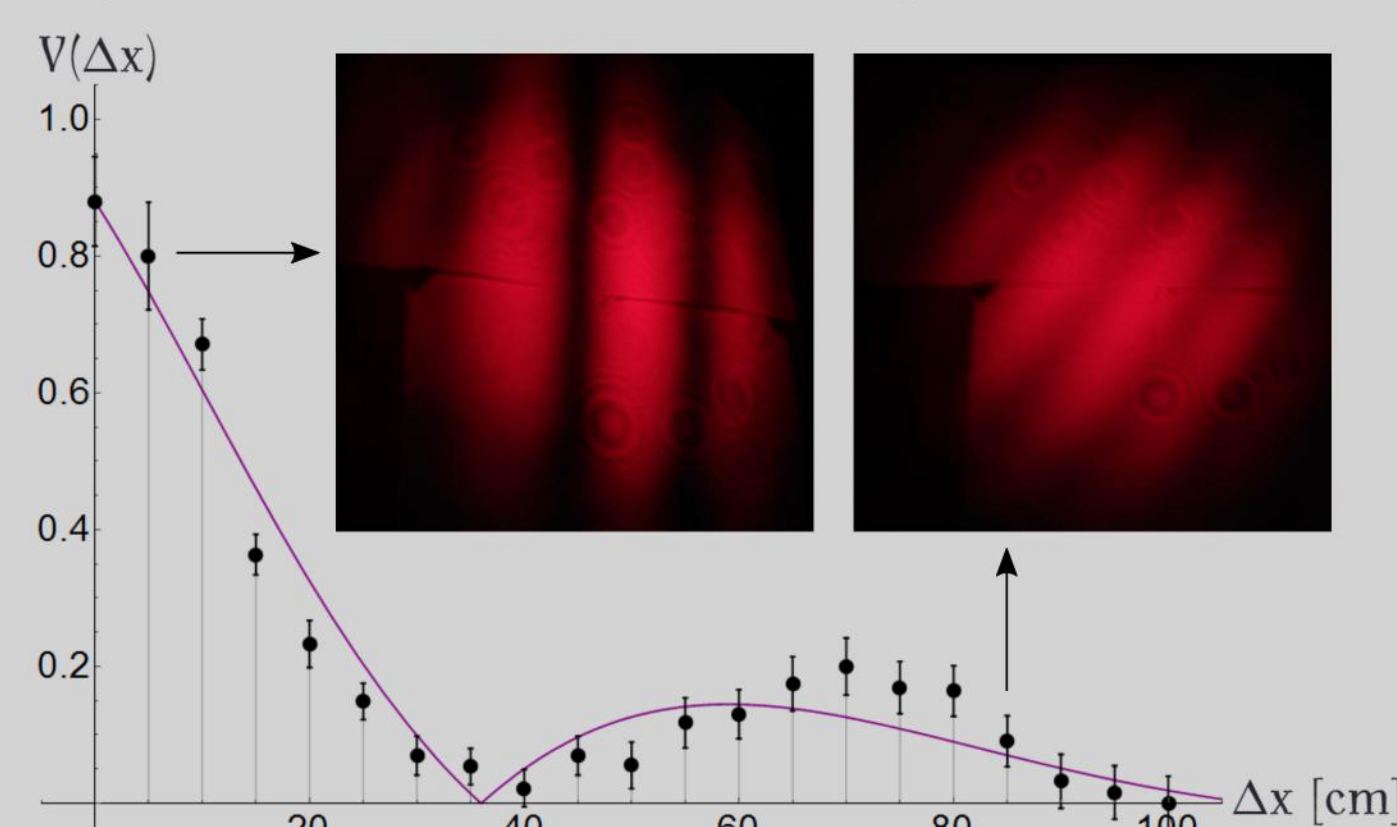
- ▶ Obserwacja obrazu interferencyjnego (serii jasnych i ciemnych prążków) pozwala na zbadanie kontrastu V , który dla różnicy dróg optycznych Δx między wiązkami wyrażony jest przez natężenia I prążków:

$$V(\Delta x) = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}.$$

- ▶ Gdy natężenia interferujących wiązek są równe, to kontrast przyjmuje postać funkcji nazywanej modulem stopnia spójności, $V(\Delta x) = |\gamma(\Delta x)|$:

$$|\gamma(\Delta x)| = \exp\left(-\frac{\Gamma|\Delta x|}{c}\right) \left| \cos\left(\pi \frac{\Delta x}{2d}\right) \right|,$$

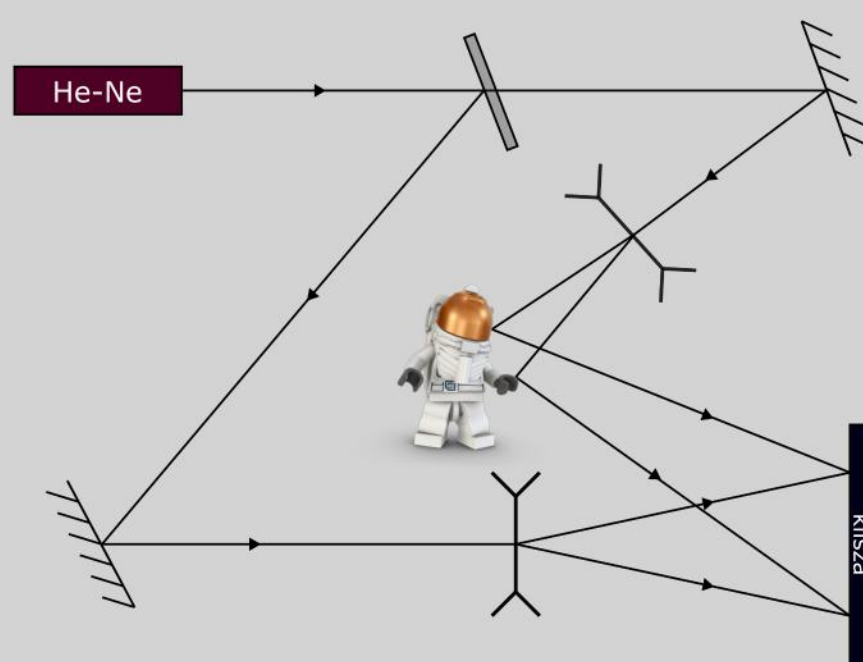
gdzie Γ jest połówkową szerokością spektralną pojedynczego modu lasera. Pierwsze zero odpowiada odległości $\Delta x = d$, czyli drodze spójności światła.



Rysunek 2: Zmierzony kontrast wraz z dopasowaną funkcją $|\gamma(\Delta x)|$. Parametry dopasowania: $\Gamma = 2\pi \cdot 132(12)$ MHz, $d = 36.0(1.5)$ cm. Wartość d powinna być równa długości rezonatora lasera (ok. 40 cm).

HOLOGRAFIA TRANSMISYJNA

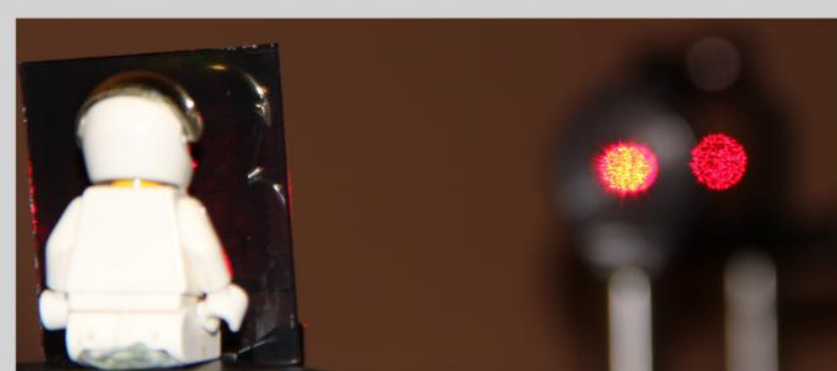
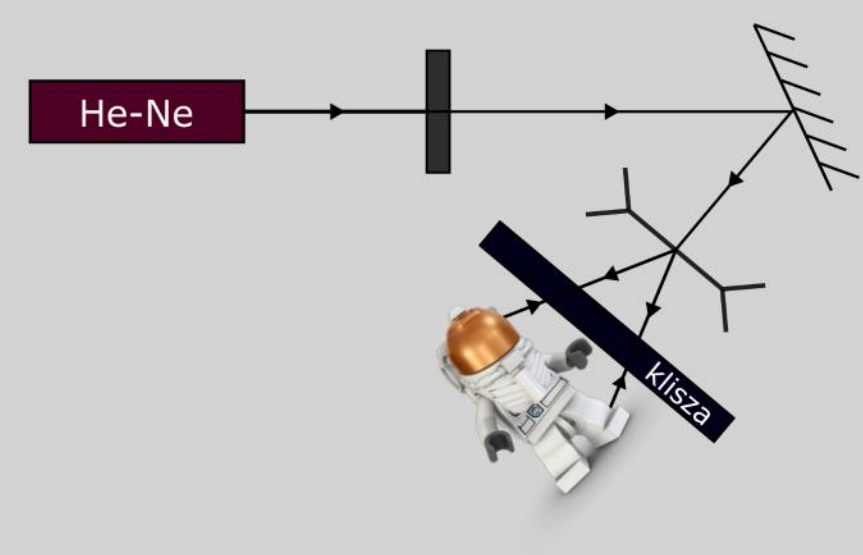
- ▶ Wiązka z lasera jest rozdzielana na dwie: część pada na kliszę bezpośrednio (wiązka referencyjna), a druga odbija się wcześniej od przedmiotu (wiązka przedmiotowa).
- ▶ Różnica dróg optycznych pokonywanych przez wiązki powinna być możliwie mała.
- ▶ Na kliszy zachodzi interferencja obu wiązek. Wskutek pochłonięcia energii klisza zostaje zaczerniona.
- ▶ Hologram zanurza się w wywoływaczu i utrwalaczu oraz płucze pod wodą.
- ▶ Oświetlenie gotowego hologramu wiązką referencyjną pod odpowiednim kątem pozwala na odtworzenie obrazu przedmiotu.



Rysunek 3: Schemat układu.

HOLOGRAFIA OBJĘTOŚCIOWA

- ▶ Układ do holografii objętościowej jest prostszy – wiązka referencyjna pełni tu także funkcję wiązki przedmiotowej.
- ▶ Grubość emulsji fotograficznej jest znacznie większa niż odległość między prążkami – transmitancja wykazuje modulację w całej objętości kliszy, a nie tylko na jej powierzchni.
- ▶ Prążki interferencyjne formują się jako warstwy równoległe do powierzchni kliszy.
- ▶ Hologram można zatem oglądać w świetle białym (patrz odbicie Bragga).

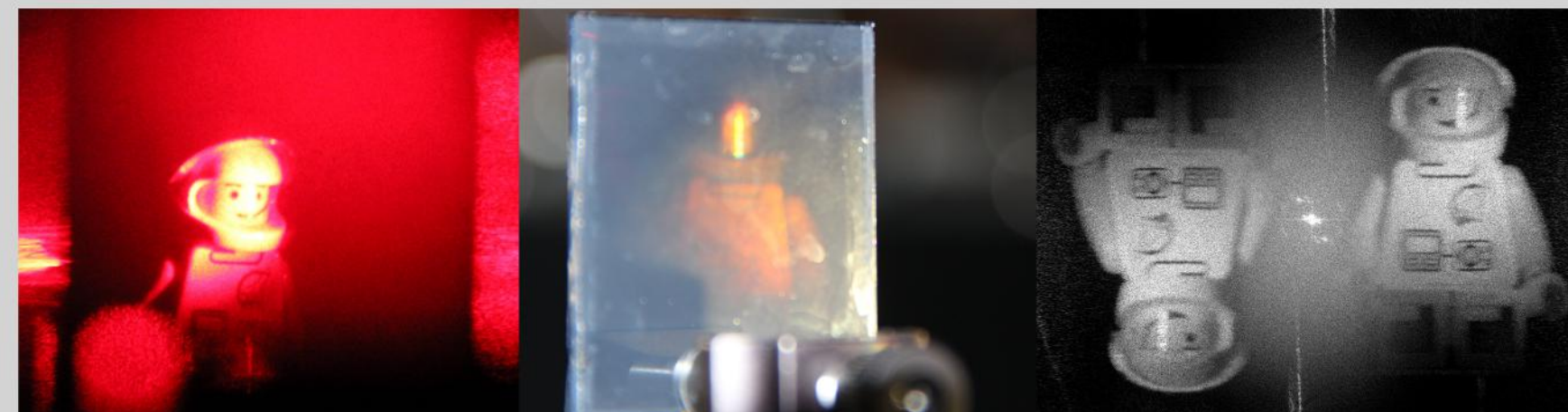


Rysunek 4: Schemat i jego realizacja.

HOLOGRAFIA CYFROWA

- ▶ Układ do holografii cyfrowej przypomina ten do transmisyjnej, z tym że rolę kliszy pełni tu matryca kamery.
- ▶ Rozdzielczość kamery pozwala na rejestrację hologramów tylko niewielkich przedmiotów.
- ▶ Wykonując odwrotną transformatę Fouriera na danych (zarejestrowanym kamerą rozkładzie natężenia światła) można odzyskać (i to w dwójnasób) falę pierwotną – obraz przedmiotu.

WYNIKI DOŚWIADCZENIA



Rysunek 5: Fotografie hologramów transmisyjnego i objętościowego (oświetlonych kolejno światłem laserowym i białym) oraz obraz hologramu cyfrowego, po wykonaniu transformaty Fouriera i uśrednieniu dla różnych oświetleń.

DLA DOCIEKLIWYCH

- [1] P. Hariharan, *Basics of Holography*
- [2] J. R. Meyer-Arendt, *Wstęp do optyki*
- [3] W. Demtröder, *Spektroskopia laserowa*
- [4] W. T. Cathey, *Optical Information Processing and Holography*
- [5] E. Hecht, *Optyka*

