

XX STUDENCKA SESJA PLAKATOWA

INSTYTUT FIZYKI
WYDZIAŁ FIZYKI, ASTRONOMII
I INFORMATYKI STOSOWANEJ UJ



AUTOR:
SOWA PIOTR

OPIEKUN:
DR HAB. TOMASZ KAWALEC

40

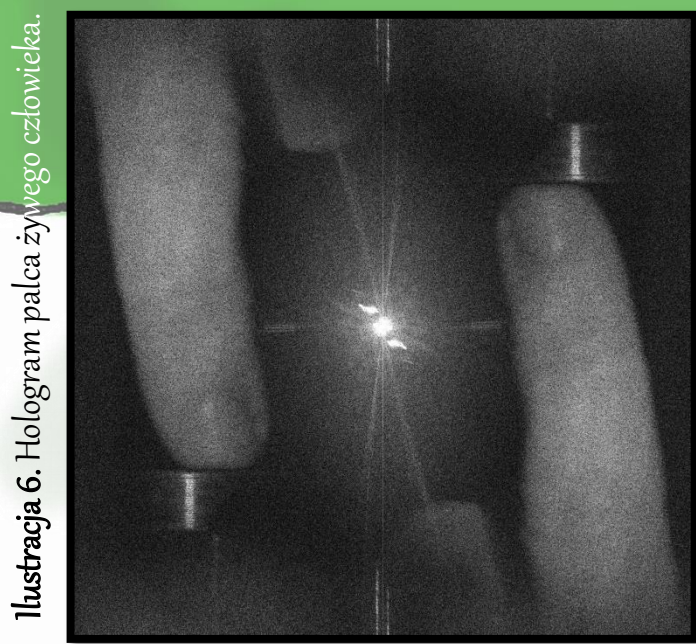
Holografia cyfrowa

Przodownicy pracy - przedmiot w ruchu

Postawiona została dodatkowa hipoteza: dlaczego trudno uzyskać obraz żywego palca ludzkiego – czy z powodu jego stosunkowo wysokiej temperatury (zwiększony ruch powietrza wokół), czy może dlatego, że nadmiernie drga?

Sprawdziłem zatem drugą opcję: ustawiłem wahadło (stosunkowo ciężki stojak optyczny zawieszony na drucie) w miejsce przedmiotu i wprowadziłem w ledwie widoczne drgania – na boki oraz w kierunku przód-tył względem kamery; czas naświetlania zmniejszyłem kilkakrotnie: →.

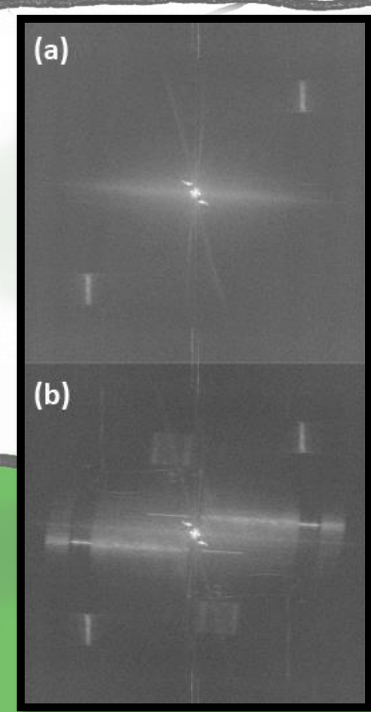
Drgania lewo-prawo poważnie szkodzą jakości holografu, podczas gdy przód-tył – o wiele mniej.



Ilustracja 6. Hologram palca żywego człowieka.

Ustabilizowałem zatem możliwie dobrze, zwracając uwagę zwłaszcza na drgania poprzeczne, własny mały palec (wybrany ze względu na najciekawsze ukształtowanie), po czym dokonałem hologramu: ←.

Obraz jest najostrzejszy w miejscu najlepszej stabilizacji palca (obszar okołopaznokciowy), bardzo rozmywa się przy kciści dłoni (praktycznie nie została uchwycona).



Ilustracja 5. Lecko drgające wahadło: (a) lewo-prawo, (b) przód-tył (względem kamery).

Ludzie! Po co to wszystko..? - zastosowania

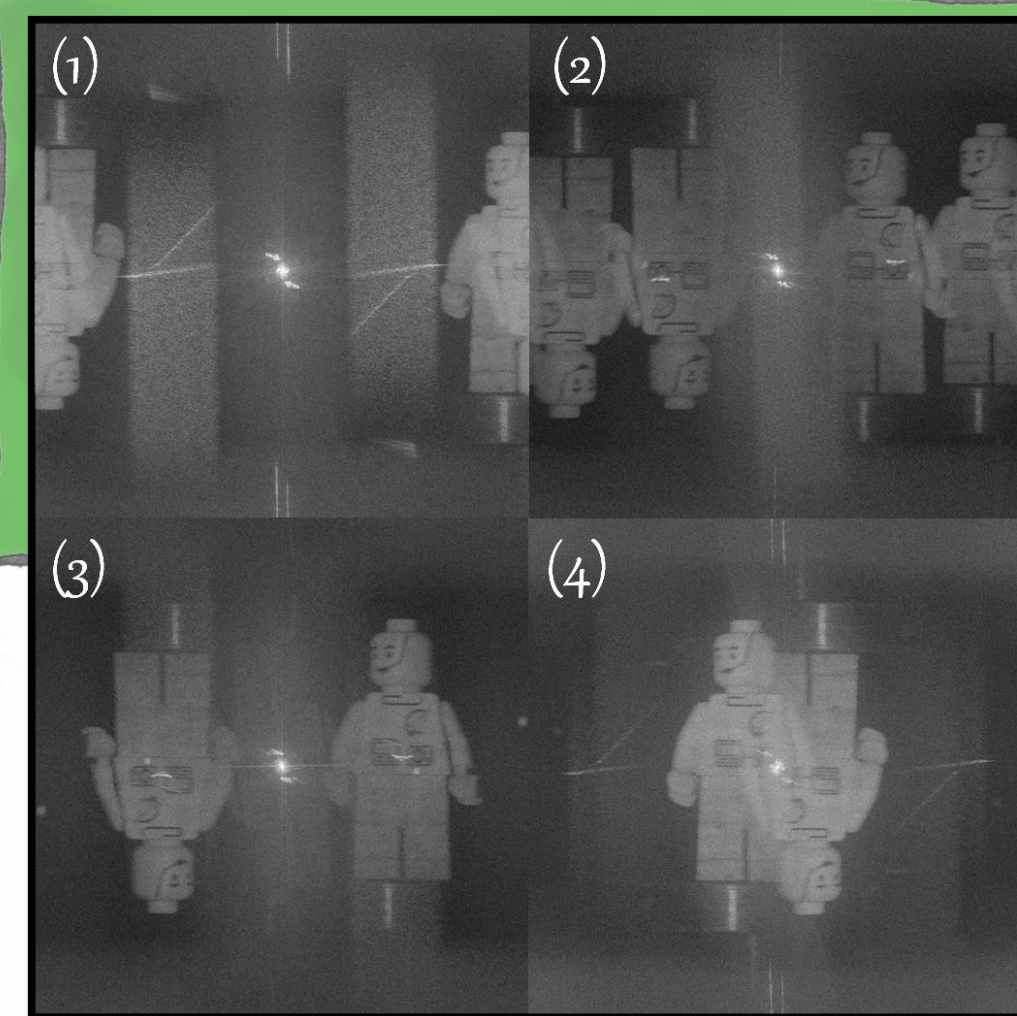
Pomysłów jest mnóstwo! Z ciekawszych:

- mikroskopia 3D – obserwacja próbek w czasie rzeczywistym – trójwymiarowo;
- analiza cząstek – wyznaczanie rozmiarów, położenia, rozkładu przestrzennego, prędkości i wielkości powiązanych wiązki cząstek;
- interferometria – np. pomiary deformacji przedmiotów (nacisk, przesunięcie), zmian współczynnika załamania światła;
- być może telewizja 3D?

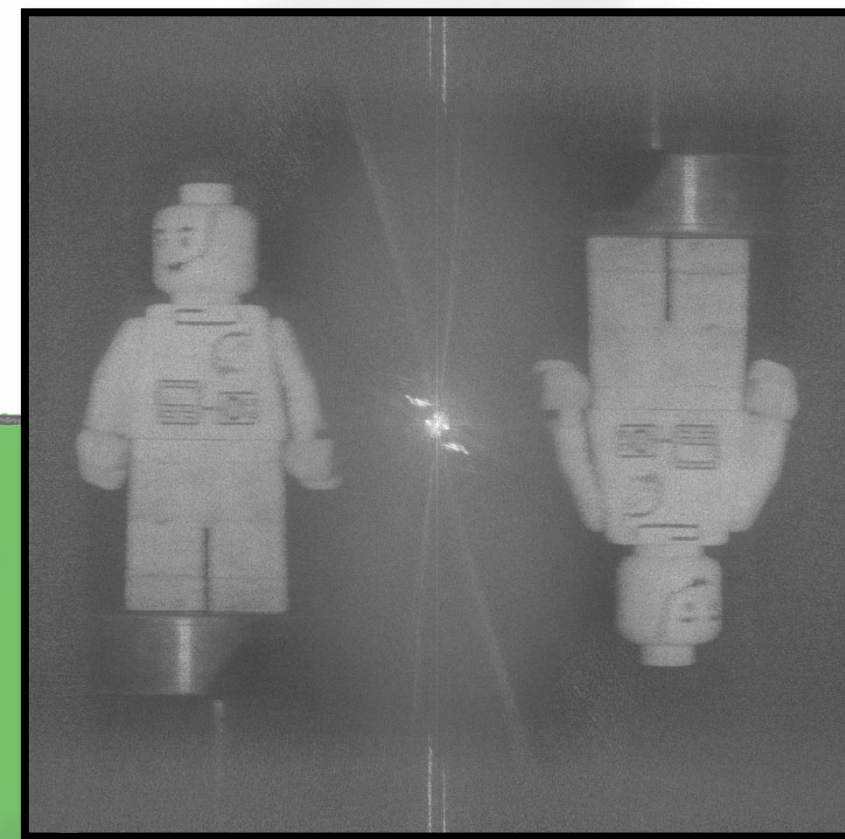
Czas nie został zmarnowany! - rezultaty

Zarejestrowany przez kamerę obraz interferencyjny, uśredniony z 36 fotografii, na którym dokonałem transformaty Fouriera – gotowy hologram cyfrowy – przedstawia się następująco: →

Trudności w powstawaniu (np. regulacja układu) można sobie uświadomić, spoglądając na wynik działań podjętych przy lekko jedynie obróconej płytce światłodzielącej przed kamerą: ↓



Widoczne artefakty pochodzą od samych wiązek oraz elementów układu.

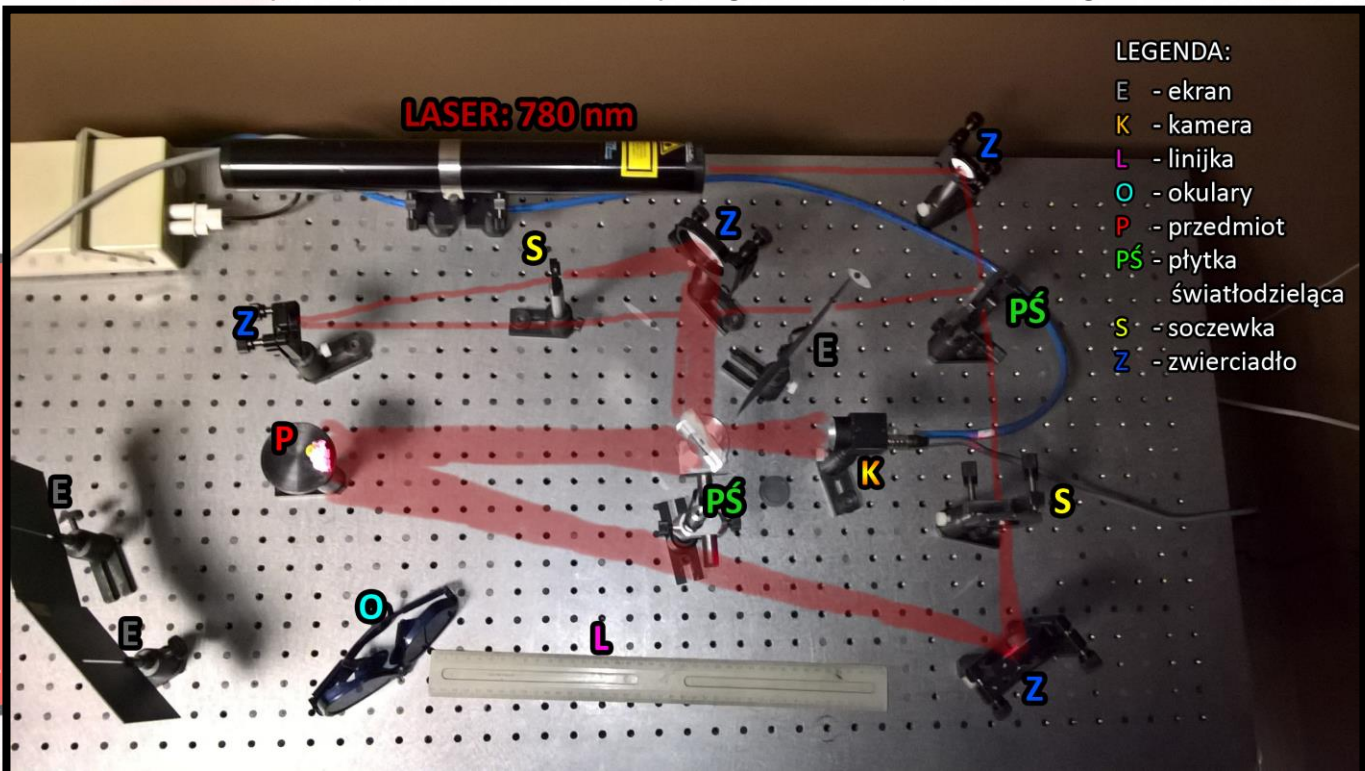


Ilustracja 3. Otrzymany hologram ludzkiej LEGO®

Ilustracja 4. Konieczność precyzyjnego uśrodkowania elementów w układzie pomiarowym.

Podejdźmy wszyscy do stółu (pomiarowego)

Połowę czasu zajęło sporządzenie działającego układu pomiarowego...



LEGENDA:
E - ekran
K - kamera
L - linijka
O - okulary
P - przedmiot
PS - płytka
S - światłodzieląca
S - soczewka
Z - zwierciadło

Kluczowe było zachowanie równości dróg optycznych (można zapytać których) – dla automatycznej ostrości uzyskiwanego obrazu oraz równomierne oświetlenie przedmiotu.

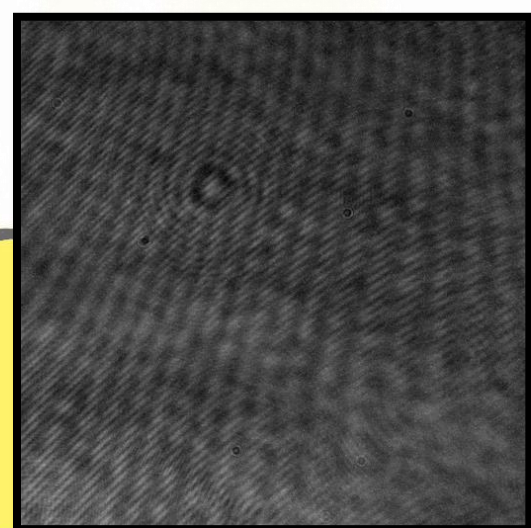
Używane oprogramowanie:

FlyCapture2 2.8.3.1 (firmowy software kamery),

ImageJ 1.51j8 (wykonuje FFT), RegiStax 6 (uśrednia hologramy).

Początek drogi - poznawanie holografii

Holografia jest doskonalszą formą fotografii – zapisuje nie tylko informacje o natężeniu światła, ale też o jego fazie, dzięki czemu możliwe jest uzyskanie obrazu posiadającego głębię.



Ilustracja 1. zarejestrowany hologram CCD układ prędków, gotowy do transformacji Fouriera.

W tradycyjnej holografii hologram – czyli efekt interferencji wiązki referencyjnej z wiązką rozproszoną na przedmiocie – otrzymuje się na kliszy. W holografii cyfrowej fizyczny obraz przedmiotu nie występuje, a rolę soczewki dokonującej transformaty Fouriera przejmuje komputer.

Dlaczego to działa?

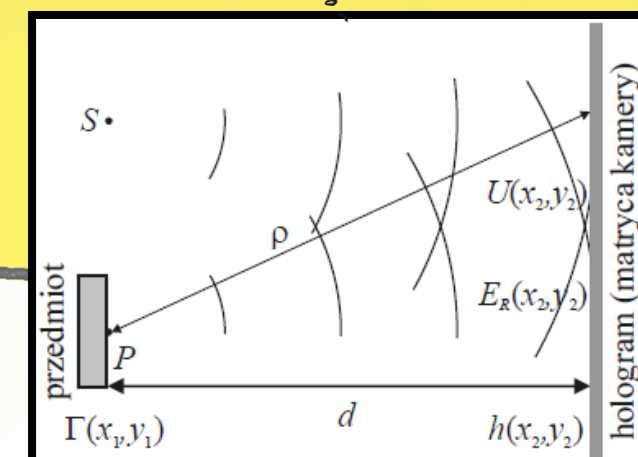
Matryca kamery – koniec układu pomiarowego – służy do odczytania rozkładu natężenia prążków interferencyjnych (h). Rozkład ten pochodzi od pól elektrycznych światła pochodzącego od przedmiotu i wiązki referencyjnej:

$$h(x_2, y_2) = |E_R(x_2, y_2) + U(x_2, y_2)|^2$$

Nas jednak interesuje pole elektryczne $\Gamma(x_1, y_1)$ – wiązki ulegającej dyfrakcji na hologramie. Dokonując kolejnych przybliżeń (przyjmujemy odległość między pozornym źródłem fali referencyjnej a przedmiotem za równą zero, rozwijamy ρ w szereg i zaniedbując czony ponadkwadratowe i uwzględniając fakt, że fala referencyjna jest kulista) otrzymujemy proporcjonalność pomiędzy polem Γ a odwrotną transformacją Fouriera rozkładu h :

$$\Gamma\left(\frac{x_1}{\lambda d}, \frac{y_1}{\lambda d}\right) \sim FT^{-1}[h(x_2, y_2)]$$

Wystarczy zatem zarejestrować obraz i dokonać odwrotnej transformaty Fouriera.



Ilustracja 2. Wielkości używane w opisie. Źródło: instrukcja do ćwiczenia z28B