

# Zastosowanie deflektometrii do pomiarów kształtu 3D

Katarzyna Goplańska

# Plan prezentacji

- Metody pomiaru kształtu
- Deflektometria
  - Zasada działania
  - Stereo-deflektometria
  - Kalibracja
  - Zalety
  - Zastosowania
  - Przykład
- Podsumowanie

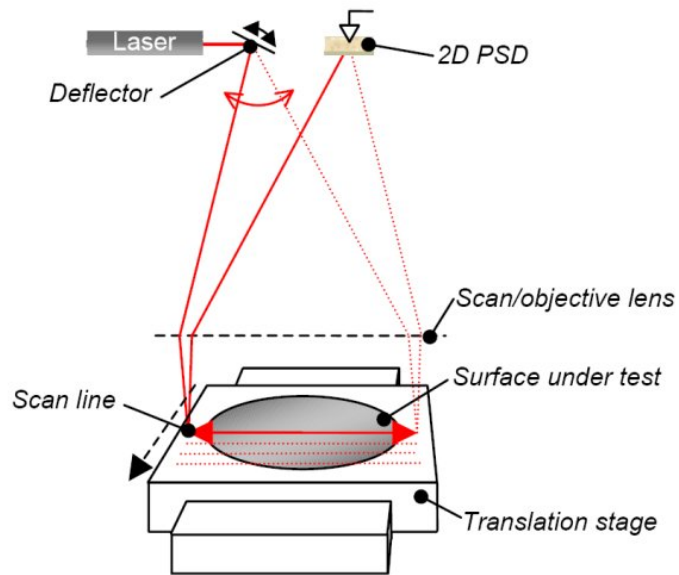
# Metody pomiaru kształtu

- Profilometry stykowe
- Mikroskop ze Skanującą Sondą (SPM)
- Czujnik odległości oparty na metodzie ogniskowania
- Interferometry
- Pomiar kształtu bazujące na pomiarze nachylenia

# Pomiary kształtu bazujące na pomiarze nachylenia

- Interferometry różniczkujące oraz z podziałem czoła fali
- Sensor frontu falowego Shack'a-Harman'a
- Deflektometry
  - Szybkie Skanowanie Optyczne
  - Deflektometria 3D
  - Deflektometria Pomiaru Fazy (PMD)

# Deflektometria



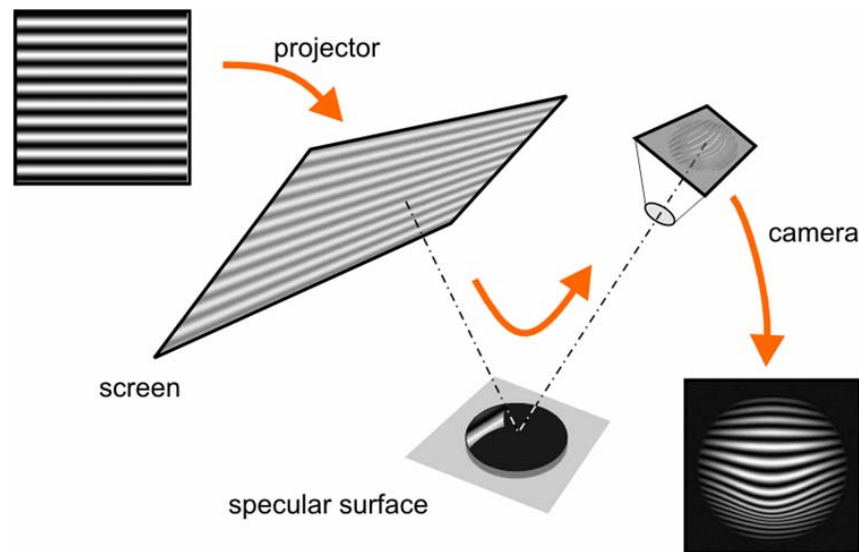
Szybkie Skanowanie  
Optyczne

Deflektometria 3D

# Deflektometria Pomiaru Fazy

## zasada działania

Podstawową zasadą pomiaru jest projekcja prążków sinusoidalnych na ekran umieszczony nad próbką oraz obserwacji prążków odbitych od badanej powierzchni.



# Zasada działania

Do oceny obrazów prążkowych można zastosować znane metody z przesunięciem fazowym.

Trzeba projektować poziome i pionowe prążki, żeby móc zdetekować nachylenie w obydwu azymutach.

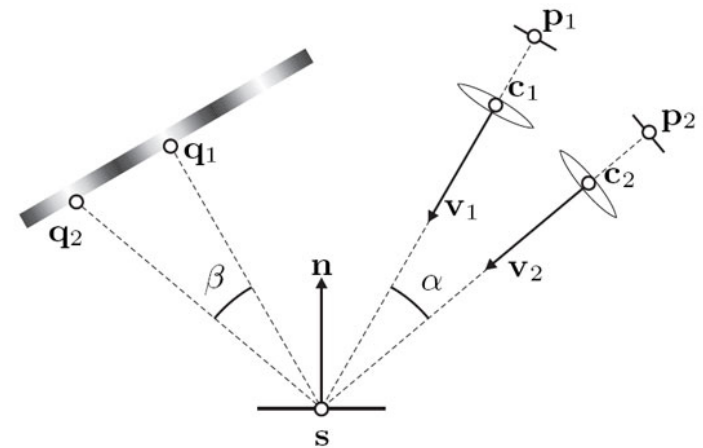


# Stereo-deflektometria

Zastosowanie drugiej kamery CCD

➔ pomiar położenia punktów

Zależność między detektorami:  
Normalna w punkcie  $s$   
jednakowa dla obu kamer



Pomiar wysokości z bezwzględną niepewnością  $200\mu\text{m}$   
i szumem na poziomie  $40\mu\text{m}$

# Kalibracja

Aby obliczyć lokalne nachylenie powierzchni z mierzonej fazy konieczne jest skalibrowanie czujnika w pięciu stopniach swobody: położenie w trzech wymiarach oraz lokalne nachylenie w dwóch azymutach.

Kalibracja jest podzielona na 3 oddzielne procedury:

- kalibrację projektora
- kalibrację kamery
- geometryczną kalibrację całego systemu

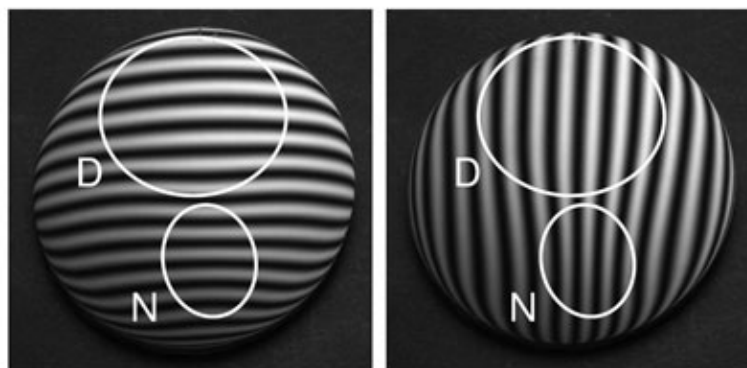
# Deflektometria Pomiaru Fazy - zalety

- Duża dokładność pomiarów
  - Odtwarzanie lokalnego nachylenia do kilku sekund kątowych
  - Bezwzględna dokładność pomiaru do kilku minut kątowych
- Szybkość pomiaru
- Pomiar bezdotykowy
- Mniejszy szum niż w metodach zbierających informację o kształcie
- Brak przesuwu

# Zastosowania

- Bardzo dokładne pomiary  
(np. wafli krzemowych lub bardzo precyzyjnej optyki – zwłaszcza wyznaczanie lokalnych krzywizn w progresywnych soczewkach okularowych)
- Szybka kontrola większych obiektów  
(np. karoserii czy przednich szyb samochodowych)

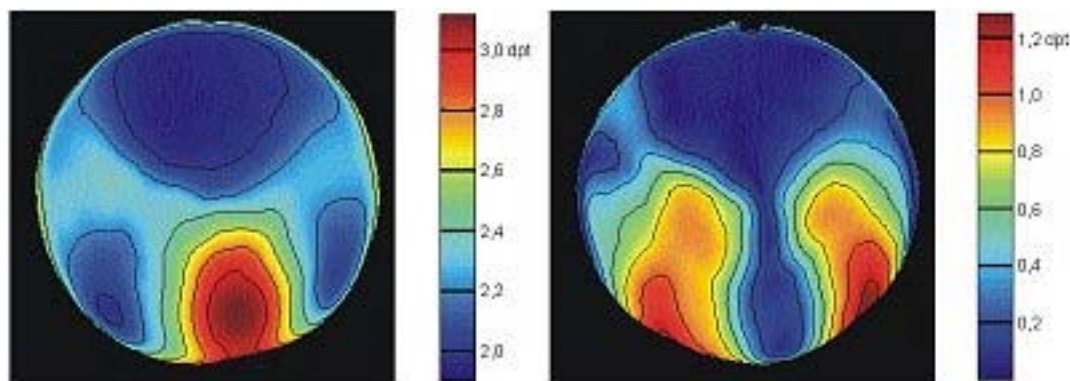
# Przykład - pomiar progresywnych soczewek okularowych



Większa krzywizna oznacza szybszą zmianę nachylenia powierzchni, a zatem wyższą częstość przestrzenną prążków.

Obecnie pobieranych jest 20 obrazów dla całego pomiaru. Czas akwizycji wyniku dla 1 pomiaru wynosi 10 sekund.

# Przykład - pomiar progresywnych soczewek okularowych



Mapa krzywizny progresywnej soczewki okularowej.

## System

Wymiar ekranu:  $600 \times 500 \text{ mm}^2$   
Odległość obiektu od ekranu  $\sim 250 \text{ mm}$   
Rozdzielczość kamer:  $1000 \times 1000$   
pikseli

## Obiekt

Obszar pomiaru o średnicy  $\sim 100 \text{ mm}$   
Obszar pomiaru lokalnej  
krzywizny:  $3 \times 3 \text{ mm}^2$   
Falistość:  $0,01 \text{ dpt}$ .

# Podsumowanie

- Pomiar kształtu powierzchni odbijających
- Zasada – ugięcie prążków na powierzchni
- Dosyć szybki i dokładny pomiar
- Duże możliwości zastosowań
- Niezależna kalibracja

# Bibliografia

- Phase Measuring Deflectometry: a new approach to measure specular free-form surfaces

[http://www.optik.uni-erlangen.de/osmin/upload/pdf/MCK\\_PMD\\_photonics04.pdf](http://www.optik.uni-erlangen.de/osmin/upload/pdf/MCK_PMD_photonics04.pdf)

- The 3D Deflectometry Consortium

<http://www.deflectometry.info>

- 3D-SHAPE GmbH

[http://www.3d-shape.com/produkte/pmd\\_e.php](http://www.3d-shape.com/produkte/pmd_e.php)

- 3D-deflectometry. Fast nanotopography measurement for semiconductor industry

Dziękuję za uwagę 😊