

440

BE 10

**OŚRODEK POMIARÓW RUCHU I CZASU**

Nazwa ONB/ŻNB

Główny wykonawca mgr inż. Arkadiusz Cybulski

Wykonawcy mgr inż. Arkadiusz Cybulski

inż. Jerzy Niewiatowski

„Sprawdzenie możliwości realizacji pomiaru grubości szkła  
przy użyciu kamery CCD”.

praca jednoetapowa

**DOKUMENT WZORCOWY**

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

Zleceniodawca PIAP

Główny Wykonawca

mgr inż. A. Cybulski

Z-ca Dyrektora d/s  
Badawczo-Rozwojowych

dr inż. Jan Jabłkowski

Kierownik ORC

mgr inż. A. Cybulski

Pracę zakończono dnia 30.12.98r.

---

Abstrakt

Tytuły poprzednich sprawozdań

Rozdzielnik

Egz.1 OIN

Egz.2 ORC

## SPIS TREŚCI

	str.
1. SPRAWY FORMALNE.....	2
1.1 Przedmiot pracy.....	2
1.2. Podstawa wykonania pracy.....	2
1.3. Zakres pracy.....	2
2. OPIS PRAC.....	2
2.1. Wprowadzenie.....	2
2.2. Prace wstępne.....	3
2.3. praktyczna realizacja.....	7
2.4. Przebieg pracy.....	7
3. WNIOSKI.....	7

## 1. SPRAWY FORMALNE.

### 1.1 Przedmiot pracy.

Przedmiotem pracy było sprawdzenie możliwości realizacji pomiaru grubości szkła przy użyciu kamery CCD.

### 1.2 Podstawa wykonania pracy.

Praca wykonana była w ramach zlecenia PIAP nr S1850.

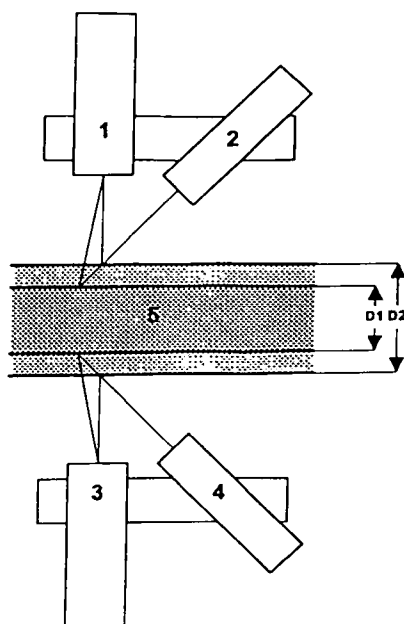
### 1.3 Zakres pracy.

Praca miała doprowadzić do powstania modelu urządzenia do pomiaru grubości szkła przy wykorzystaniu opracowanej w PIAP kamery CCD.

## 2. OPIS PRAC.

### 2.1 Wprowadzenie.

W ORC w latach ubiegłych opracowano system pomiarowy służący do bezdotykowego pomiaru grubości. System ten pracuje w dwóch zakładach wytwórczych płyt wiórowych w Wieruszowie oraz w Grajewie. Zasada pomiaru oparta jest na metodzie triangulacji. Urządzenie składa się z dwóch głowic pomiarowych umieszczonych naprzeciw siebie po obu stronach elementu mierzzonego. Każda głowica zawiera oświetlacz laserowy oraz kamerę CCD (rys.1).



- 1,3 - kamery CCD
- 2,4 - oświetlacze laserowe
- 5 - element mierzony
- D1,D2 - grubość elementu mierzzonego

Rys.1

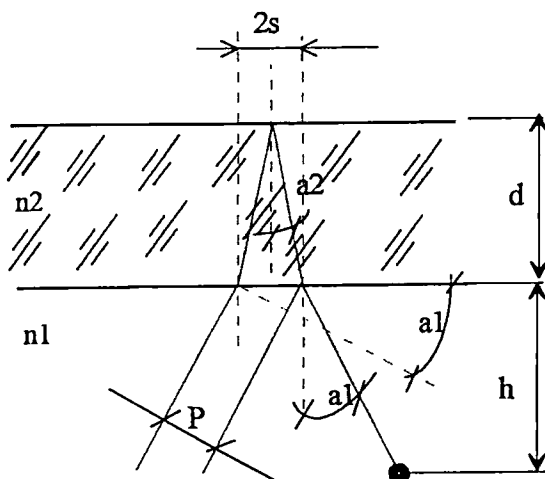
W kamerze jako detektor obrazu zastosowano jednowymiarowy czujnik wizyjny CCD. Kamera wykrywa położenie plamki świetlnej rzutowanej z oświetlacza i rozpraszanej na powierzchni elementu mierzzonego. Położenie plamki zmienia się w polu widzenia kamery wraz ze zmianą odległości głowicy od obserwowanej powierzchni. Sygnał z liniiki CCD jest odczytywany i przetwarzany przez procesor.

Przy realizacji tematu pomiaru grubości szkła założono wykorzystanie do realizacji zadania w/w kamery. Podstawowym problemem badawczym była optymalizacja układu optycznego oraz układu „odczytującego” stan liniiki CCD.

## 2.2 Prace wstępne.

We wstępnej fazie prac we współpracy z COBRABID przeprowadzono analizę zjawiska oraz wytypowanie metody pomiaru umożliwiającej wykorzystanie kamery CCD opracowanej w PIAP.

Zaproponowana metoda wykorzystuje wiązkę laserową jako źródło światła i zjawisko załamania i odbicia światła na granicy dwóch ośrodków dielektrycznych.



Rys. 2

Na rysunku nr 2 przedstawiono schematycznie zjawisko dwukrotnego odbicia promienia laserowego, wykorzystanego do pomiaru grubości szkła. Zgodnie z rysunkiem w dalszych rozważaniach przyjęto następujące oznaczenia:

$d$  - grubość badanego szkła;

$h$  - pionowa odległość lasera od pierwszej powierzchni szkła;

$n_1$  - współczynnik załamania światła w powietrzu;

$n_2$  - współczynnik załamania światła w badanym szkłem;

$a_1$  - kąt padania wiązki laserowej na badaną próbkę;

$a_2$  - kąt załamania promienia w próbce;

$2s$  - przesunięcie między promieniami odbitymi od pierwszej i drugiej powierzchni próbki

$P$  - mierzone przesunięcie między promieniami.

Wyżej opisane wielkości związane są następującymi zależnościami:

$$(1) \quad n_1 \cdot \sin(\alpha_1) = n_2 \cdot \sin(\alpha_2)$$

$$(2) \quad s = d \cdot \tan(\alpha_2)$$

$$(3) \quad \frac{p}{2s} = \cos(\alpha_1)$$

$$(4) \quad \frac{p}{2 \cdot d \cdot \tan(\alpha_2)} = \cos(\alpha_1)$$

$$(5) \quad P = 2 \cdot d \cdot \tan(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_1)$$

$$(6) \quad P = 2 \cdot d \cdot \frac{\sin(\alpha_2)}{\cos(\alpha_2)} \cdot \cos(\alpha_1)$$

$$(7) \quad P = 2 \cdot d \cdot \frac{n_1 \sin(\alpha_1) \cos(\alpha_1)}{\cos(\alpha_2)}$$

Ponieważ:

$$(8) \quad \cos(\alpha_2) = \sqrt{1 - \sin^2(\alpha_2)} = \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin(\alpha_1)\right)^2}$$

Otrzymujemy:

$$(9) \quad P = \frac{2 \cdot d \cdot \frac{n_1}{n_2} \sin(\alpha_1) \cos(\alpha_1)}{\sqrt{1 - \sin^2(\alpha_1) \cdot \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2}}$$

Ostatecznie możemy napisać, że :

$$(10) \quad P = d \cdot k$$

gdzie :

$$(10a) \quad k = 2 \cdot \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{\sin(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_1)}{\sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \cdot \sin^2(\alpha_1)}}$$

ponieważ dla powietrza możemy przyjąć, że  $n_1 = 1$  współczynnik  $k$  przyjmuje postać

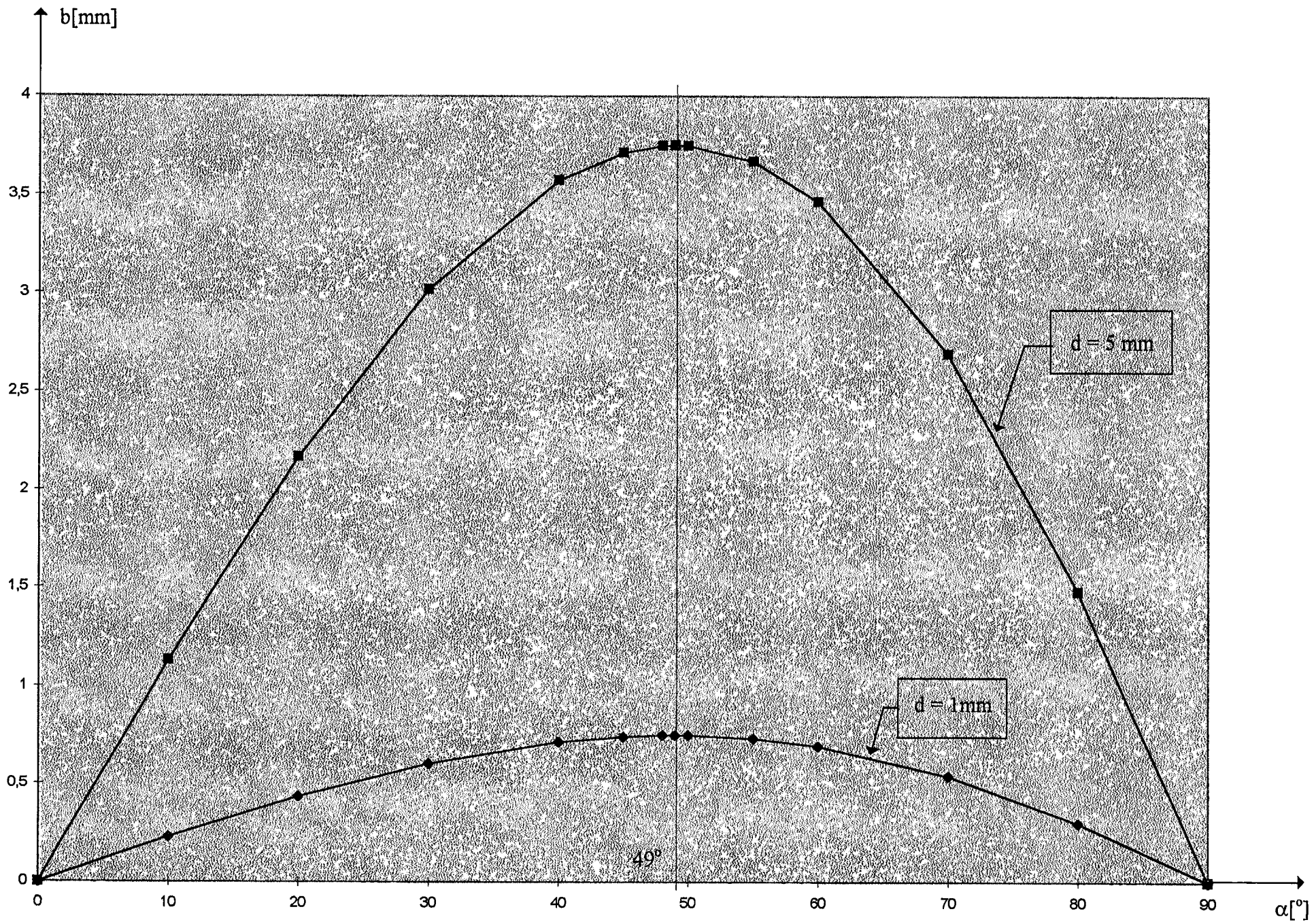
$$(10b) \quad k = 2 \cdot \frac{1}{n_2} \cdot \frac{\sin(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_1)}{\sqrt{1 - \left(\frac{1}{n_2}\right)^2 \cdot \sin^2(\alpha_1)}} = 2 \cdot \frac{\sin(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_1)}{\sqrt{(n_2)^2 - \sin^2(\alpha_1)}}$$

Powyzsze zależności nie uwzględniają innego niekorzystnego zjawiska jakim jest zmiana odległości szkła od głowicy pomiarowej spowodowanej „transportem” tafli szkła co ma znaczący wpływ na dobór kąta  $\alpha$ .

Modyfikując zależności (10b) otrzymujemy:

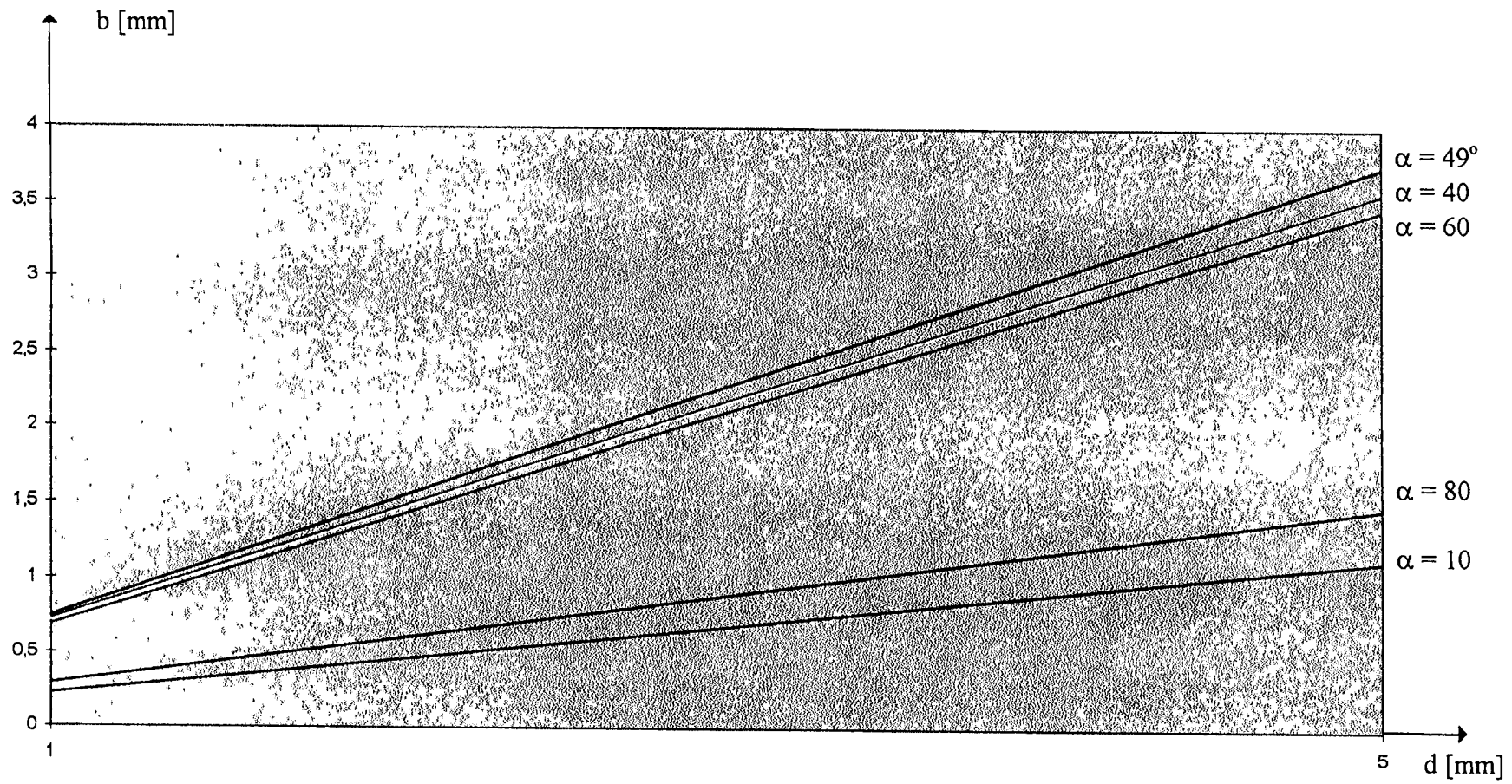
$$11. \quad P = 2d \operatorname{tg} \left[ \left( \arcsin \frac{\sin \alpha}{n^2} \right) \right] \cdot \cos \alpha$$

Na wykresach Rys.3 i Rys.4 przedstawiono wpływ kąta  $\alpha$  i grubości szkła na odstęp między odbitymi promieniami.



12

Rys 3

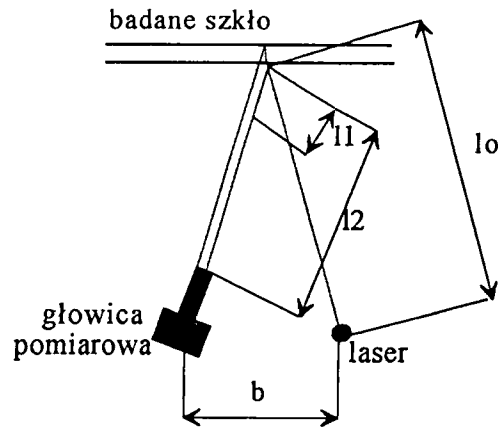


Rys 4

∞



### 2.3 Praktyczna realizacja.



Rys.5

W rozpatrywanym przypadku dla maksymalnego kąta padania rzędu  $50^\circ$  współczynnik  $k$  ( $50^\circ$ ) = 0,7999, przy współczynniku załamania światła w badanym szkłe  $n_2 = 1.45$ .

W skład głowicy pomiarowej wchodzi układ optyczny odwzorowujący w odpowiednim powiększeniu dopasowanym do gabarytów fotolinijki, zakresów pomiarowych i geometrii stanowiska pomiarowego i fotolinijka całowa z 2048 pikselami.

Zaproponowany układ optyczny realizuje powiększenie ok.  $3^x$ .

Oznaczenia z rysunku 5 :

- $l_0$  - odległość czoła lasera od powierzchni szkła; - 30 cm
- $l_1$  - odległość z której odwzorowuje się prążki na fotolinijce; - 3 cm
- $l_2$  - odległość czoła układu optycznego od powierzchni szkła - 20 cm

### 2.4 Przebieg pracy.

Po zmontowaniu układu (rys.5) przeprowadzono próby działaniowe modelu urządzenia. W trakcie prób napotkano na szereg problemów związanych z uzyskaniem „obrazu” umożliwiającego dalsze przetwarzanie na linijce CCD. Nie udało się doprowadzić do uzyskania dwóch wyraźnych „prążków” ze względu na zbyt dużej szerokości linii generowanej przez laser (obrazy zachodzą na siebie). Drugim problemem była zbyt duża różnica w amplitudzie sygnału odbitego od powierzchni szkła i sygnału odbitego od zewnętrznej powierzchni szkła.

## 3. WNIOSKI.

Wyniki prób wskazują na prawidłowy wybór metody pomiaru ale realizacja poprzez aplikację kamery CCD opracowanej w PIAP jest niemożliwa. Należałoby opracować nową kamerę tylko do zastosowania szczególnie w zakresie opracowania dodatkowego układu optycznego do oświetlacza laserowego emitującego wiązkę o szerokości rzędu 0,1 mm i układu automatycznej regulacji wzmocnienia w celu uzyskania jednakowych prążków od obu powierzchni szkła. Jednak znaczny koszt opracowania biorąc pod uwagę obecne realne zapotrzebowanie czyni to przedsięwzięcie nieekonomicznym w obecnej chwili.