

Michał KOBYLIŃSKI

Instytut Fizyki

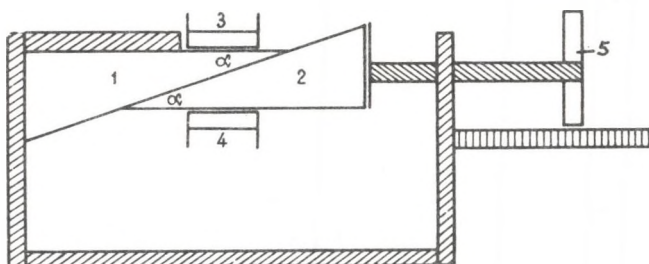
METODA WYZNACZANIA PRĘDKOŚCI I POCHŁANIANIA FALI ULTRADZWIĘKOWEJ  
W CIELE STAŁYM NA ZASADZIE CIĄGŁEJ ZMIANY JEJ DROGI

Streszczenie. Opracowano nową metodę wyznaczania prędkości i pochłaniania fal ultradźwiękowych w ciałach stałych, na zasadzie ciągłej zmiany grubości warstwy badanej substancji, przy pomocy nakładających się pryzmatów prostokątnych.

I. Wstęp

Jak wynika z literatury dotyczącej ultradźwięków [1-4] metoda pomiarowa prędkości i pochłaniania fali ultradźwiękowej oparta na ciągłej zmianie długości drogi fali, zwana metodą przesunięcia fazowego, była stosowana jedynie w ośrodkach płynnych, tj. w cieczech i gazach. W ciałach stałych mierzono prędkość fali metodą impulsową lub rezonansową. W pierwszej metodzie mierzy się czas przebiegu impulsu wzdłuż pręta o znanej długości metodą oscyloskopową. W metodzie rezonansu dobiera się częstotliwość rezonansową do danej długości pręta. Dokładność pomiaru opóźnienia impulsów na "podstawie czasu" wskaźnika oscyloskopowego jest niezbyt duża, jak też odczyt częstotliwości przy metodzie rezonansu jest obciążony względnie dużym błędem, zwłaszcza w substancjach silnie tłumiących fale ultradźwiękowe. Metody impulsowe pozwalają mierzyć tylko prędkości grupowe różniące się w ośrodkach dyspersyjnych od prędkości fazowych, bardziej ważnych dla celów badań fizycznych i chemicznych własności ośrodków. Proponowana metoda pozwala na pomiary prędkości fazowych. Metoda rezonansowa w przypadku ośrodków silnie tłumiących jest obciążona dużym błędem, względnie może w ogóle nie dać się zrealizować. Do takich materiałów należą niektóre tworzywa sztuczne i materiały niejednorodne.

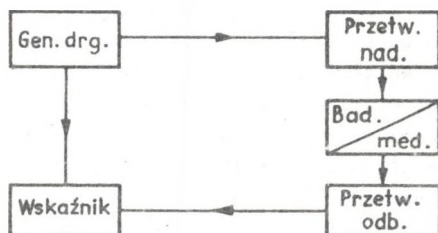
Celem tej pracy jest podanie sposobu umożliwiającego zastosowanie metody przesunięcia fazowego do ciał stałych. Problem udało się rozwiązać przez zastosowanie odpowiednich form nadanych badanej substancji. Substancji stałej, w której pragniemy wyznaczyć prędkość lub pochłanianie fali ultradźwiękowej, nadajemy kształt dwóch pryzmatów prostokątnych, o odpowiednio równych kątach płaskich. Pryzmaty te złożone ściankami przeciwprostokątnymi tworzą płytkę płasko-równoległą (rys. I.1.2). Do tego układu przyłożone są dwa przetworniki ultradźwiękowe: jeden jako nadajnik, drugi jako odbiornik (rys. I.3.4).



Rys. I

## II. Wyznaczanie prędkości

Obrót śrubą mikrometryczną (rys. I.5) przesuwamy pryzmat (2) względem pryzmatu (1), zmieniając w ten sposób odległość wzajemną przetworników do ciskanych sprężynowo. Ta zmiana odległości jest zarazem zmianą drogi fal w ośrodku badanym. Zakładamy przy tym płaskość powierzchni stykających się a stąd równą grubość warstewki cieczy łączącej. W przetworniku (detektorze) zachodzi zamiana drgań mechanicznych fali na drgania elektryczne spotykające się we wskaźniku oscyloskopowym z drganiami elektrycznymi pochodzącymi wprost z generatora drgań elektrycznych (rys. II).



Rys. II

Obraz interferencyjny złożenia tych drgań na ekranie wskaźnika oscyloskopowego zmienia się cyklicznie podczas względnego przesuwu pryzmatu. Jeden cykl tych zmian odpowiada zmianie długości drogi w ruchomym klinie o jedną długość fali. Zamiast wskaźnika oscyloskopowego możemy zastosować miernik elektryczny, którego wskazania zależą od różnicy faz spotykających się drgań. Zgodnemu nałożeniu się drgań odpowiada maksimum wskazania, co również powtarza się cyklicznie.

Możliwe odbicia fal na zetknięciu pryzmatów (pokrytych olejem) odgrywają tu małą rolę przy wyznaczaniu współczynnika pochłaniania, ze względu na mały współczynnik odbicia (niewielka różnica współczynników załamania)

oraz nachylenie płaszczyzny styku względem kierunku fali. Prędkość fali ultradźwiękowej obliczamy na podstawie wzoru

$$c = \frac{\Delta S}{n} \cdot f \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

gdzie  $\Delta S$  oznacza długość przesuwu mierzoną śrubą mikrometryczną (rys. I.5),  $n$  - ilość cykli odpowiadających temu przesuwowi,  $f$  - częstotliwość fali ultradźwiękowej,  $\alpha$  - kąt płaski pryzmatów (rys. I.1.2).

Metoda ta przede wszystkim nadaje się dla materiałów silnie pochłaniających. Stosuje się wówczas pryzmaty o szczególnie małym kącie " $\alpha$ ".

### III. Wyniki pomiarów

Przy użyciu interferometru ultradźwiękowego impulsowo-fazowego (UI-12) wraz z powyższym urządzeniem, metodą tą wyznaczono prędkość fali ultradźwiękowej w temperaturze pokojowej, przy częstotliwości fali 1 MHz, uzyskując poniższe wartości:

w metakrylanie metylu (metapleksie) -	(2720 $\pm$ 5) m/s
w mosiądzu	- (4510 $\pm$ 15) m/s
w aluminium	- (6550 $\pm$ 15) m/s
w soli Seignette'a	- (3290 $\pm$ 10) m/s ( $f = 12$ MHz)

Błędy bezwzględne powyższych pomiarów obliczono metodą pochodnej logarytmicznej.

Urządzenie starannie wykonane do stosowania powyższej metody (rys. I), przy użyciu interferometru ultradźwiękowego (UI - 12), może mierzyć prędkość fali z dokładnością  $10^{-5}$ . Dokładność powyższej metody dla ciał stałych jest większa aniżeli podobna do płynów, gdyż danym zmianom długości drogi fali odpowiadają kilkakrotnie dłuższe przesunięcia klina mierzone z tą samą dokładnością bezwzględną. Stosując małe kąty płaskie ( $\alpha$ ) zwiększamy dokładność pomiaru. Kąty płaskie przy pomocy goniometru optycznego można zmierzyć z dokładnością do kilku sekund.

### IV. Wyznaczanie współczynnika pochłaniania

Opawiana metoda pryzmatów pozwala wyznaczać pochłanianie energii fali ultradźwiękowej wszystkimi metodami stosowanymi w odniesieniu do cieczy i gazów.

Współczynnik tłumienia  $\beta$  określonego równaniem:

$$P_{d+\Delta d} = P_d \cdot e^{-\beta \Delta d},$$

stąd

$$\beta = \frac{1}{\Delta d} \ln \frac{P_d}{P_{d+\Delta d}},$$

gdzie:

- $\beta$  - wyznaczany współczynnik tłumienia
- $P_{d+\Delta d}$  - amplituda ciśnienia fali po przebyciu drogi  $d + \Delta d$
- $P_d$  - amplituda ciśnienia fali po przebyciu drogi  $d$ .

#### V. Zasada pomiaru

Określamy amplitudę ( $P_{d+\Delta d}$ ) przebiegu elektrycznego na ekranie wskaźnika oscyloskopowego, odpowiadającą drodze ( $d + \Delta d$ ), następnie przesuwamy pryzmat (2), skracając drogę fali o  $\Delta d$ , uzyskując amplitudę przebiegu elektrycznego odpowiadającą amplitudzie ciśnienia ( $P_d$ ).

Przy pomocy tłumika skalowanego sprowadzamy amplitudę przebiegu elektrycznego do wartości odpowiadającej amplitudzie ciśnienia ( $P_{d+\Delta d}$ ). Na skali tłumika odczytujemy wartość ( $T$ ) tłumienia na drodze  $\Delta d$  w decybelach lub neperach. Odczytujemy na skali śruby wartość przesunięcia śruby i mnożąc przez  $\text{tg } \alpha$  znajdujemy  $\Delta d$ . Dzieląc wskazanie tłumika ( $T$ ) przez  $\Delta d$  znajdujemy współczynnik tłumienia  $\beta$ .

#### VI. Wyniki pomiarów

Metodą tą przy użyciu interferometru ultradźwiękowego (UI - 12) oraz tłumika pojemnościowego (TP - 5) wykonano pomiary w temperaturze pokojowej, uzyskując poniższe wyniki: w mekrylanie metylu (metapleks) 2 dB/cm przy częstotliwości fali 1 MHz, a w soli Seignetta 23 dB/cm przy częstotliwości fali 12 MHz.

Pomiary prędkości fali i współczynnika jej pochłaniania w danej substancji są zasadniczym źródłem informacji na temat molekularnej budowy tej substancji.

## LITERATURA

- [1] Bergmann L.: Der Ultraschall und Anwendung in Wissenschaft und Technik. Zürich 1954.
- [2] Matauszek J.: Technika ultradźwięków. WNT, Warszawa 1961.
- [3] Wehr J.: Pomiary prędkości i tłumienia fal ultradźwiękowych. PWN, Warszawa 1972.
- [4] Śliwiński A., Ozimek E.: Akustyka laboratoryjna. Część III. Wybrane zagadnienia i metody pomiarowe z akustyki ciała stałego oraz z akustyki pomieszczeń, PWN, Warszawa 1974.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ И ПОГЛАЩЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН  
В ТВЕРДОМ ТЕЛЕ НА ОСНОВЕ ПОСТОЯННОГО ИЗМЕНЕНИЯ ИХ ПУТИ

## Р е з ю м е

Разработан новый метод определения скорости и поглощения ультразвуковых волн в твердых телах на основе постоянного изменения толщины исследуемого вещества, при помощи наложения двух прямоугольных призм.

A METHOD OF ASSIGNMENT OF SPEED AND ABSORPTION OF ULTRASONIC WAVES  
IN SOLID SUBSTANCES BASED UPON THE CONTINUAL CHANGE OF THEIR WAY

## S u m m a r y

It is a new method of assignment of speed and absorption of ultrasonic waves in solid substances based upon the continual change of thickness of examined substance, using rectangular prisms put one upon another.