

Aleksander OPILSKI

Tadeusz PUSTELNY

Marian URBAŃCZYK

POMIAR PRĘDKOŚCI I TŁUMIENIA POWIERZCHNIOWYCH FAL RAYLEIGHA
METODĄ BADANIA ROZKŁADU POLA AKUSTYCZNEGO

Streszczenie. Przedstawiono pomiar prędkości propagacji i tłumienia powierzchniowych fal Rayleigha metodą badania rozkładu pola akustycznego. Wykonano pomiary dla monokryształów $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$, $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ oraz ceramiki piezoelektrycznej.

Szybki rozwój akustyki mikrofalowej, związany z wykorzystaniem sprężystych fal powierzchniowych w elektronice, powoduje konieczność badań nad technologiami i właściwościami nowych materiałów.

Dla projektowania układów elektronicznych wykorzystujących efekt propagacji powierzchniowej fali Rayleigha konieczna jest znajomość parametrów ośrodka piezoelektrycznego.

Parametrem mającym zasadnicze znaczenie jest prędkość propagacji. Zależy od niej częstotliwość rezonansowa, charakterystyka czasowa i fazowa układu oraz jego wymiary geometryczne [1, 2, 3]. Z punktu widzenia przydatności materiału istotne są także straty powstające w procesie propagacji, decydujące o sprawności energetycznej układu [4, 5].

W pracy [6] dokonano omówienia metod stosowanych do pomiaru prędkości propagacji fali powierzchniowej i jej tłumienia.

Przedstawiono tam następujące sposoby pomiaru:

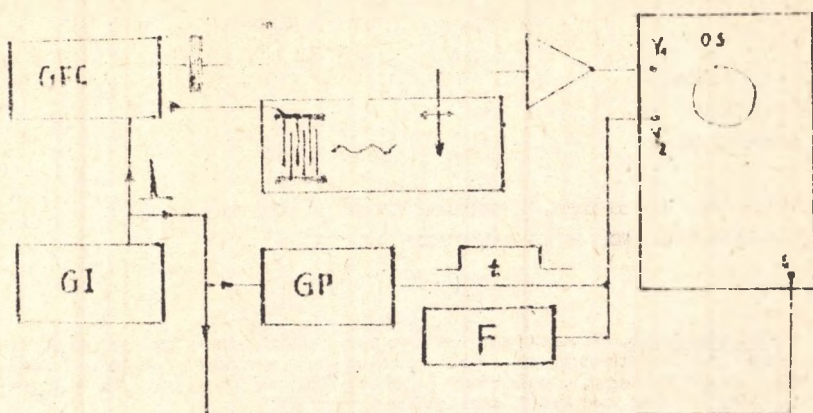
- prędkości:

- 1) metodę pomiaru czasu przejścia impulsu,
- 2) metodę trzech identycznych przetworników,
- 3) metodę fazowo-interferencyjną,
- 4) metodę zerowej fazy,
- 5) metodę rezonansową.

- oraz tłumienia fali:

- 6) metodę różnicową,
- 7) metodę przetworników naprzeciwległych,
- 8) metodę badania rozkładu pola akustycznego.

Na szczególną uwagę zasługuje metoda badania rozkładu pola akustycznego, pozwalająca na uzyskanie wielu istotnych informacji o właściwościach akustycznych i elektrycznych materiału piezoelektrycznego.



Rys. 1. Badanie rozkładu pola akustycznego

Przedstawiono tutaj pomiary prędkości, tłumienia i rozkładu amplitud fali Rayleigha w procesie propagacji, wykonane tą metodą dla:

- tlenku bizmutowo-germanowego $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$.
- tlenku bizmutowo-krzemowego $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$.
- ceramiki piezoelektrycznej PP6.

Z propagującą się po powierzchni piezoelektryka falą sprężystą związaną jest, w wyniku zjawiska piezoelektrycznego, zmienne w czasie i przestrzeni pole elektryczne, którego rozkład jest identyczny z rozkładem pola akustycznego na powierzchni falowodu.

Metoda polega na pomiarze potencjału elektrycznego, związanego z propagującą się falą, za pomocą sondy elektrostatycznej. Sondę ustawia się na drodze sygnału akustycznego.

Zmieniając na kierunku propagującej się fali położenie sondy względem kryształu, mierzy się zmiany czasowe odebranego sygnału wywołane tym przesunięciem.

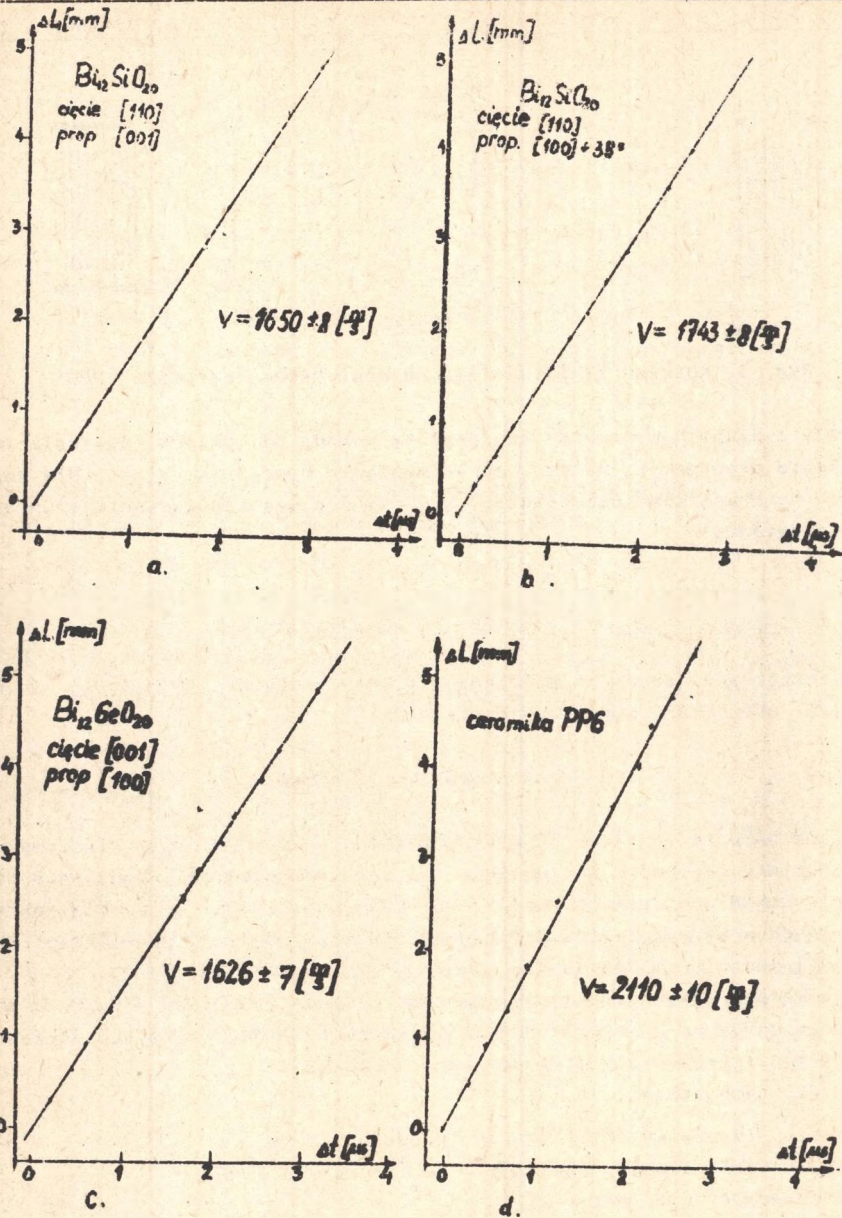
Pomiary naniesione na wykresie w układzie przesunięcie - czas aproksymuje się prostą, której nachylenie określa prędkość fali powierzchniowej (rys. 2). Pomiary wykonano dla częstotliwości 65 MHz. Długość impulsu $\sim 1.5 \mu\text{sek}$.

Duża ilość punktów pomiarowych pozwala na statystyczne opracowanie wyników. Przedział ufności wyniku pomiarowego $\pm 3\sigma$ nie przekracza 1% (σ - odchylenie standardowe).

Inną wersję wykorzystania sondy, polegającą na zastosowaniu generatora fali ciągłej, przedstawiono w pracy [6].

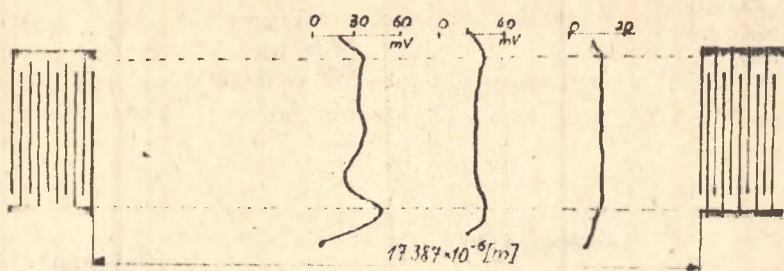
Metoda umożliwia także określenie intensywności zaburzeń powierzchni wywołanych falą w dowolnym kierunku.

Na rys. 3 przedstawiono rozkład pola akustycznego fali Rayleigha w ceramice piezoelektrycznej PP6.



Rys. 2. Określenie prędkości propagacji z pomiarów przesunięcia i czasu w:

- $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ cięcie [110], prop [001]
- $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ cięcie [110], prop [100] + 38°
- $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ cięcie [001], prop [100]
- ceramika PP6



Rys. 3. Rozkład amplitud fali na powierzchni ceramiki PP6

Można z dużym powodzeniem stosować tę metodę do pomiaru tłumienia fali w procesie propagacji. Mierząc sondą napięcie piezoelektryczne dla dwóch punktów na kryształach, oddzielonych o ΔL , określa się współczynnik tłumienia fali ze związku:

$$\alpha = \frac{1}{\Delta L} 20 \log \frac{U_1}{U_2}$$

Zmierzono współczynniki tłumienia fal Rayleigha dla $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ i dla ceramiki PP6, które wynoszą odpowiednio:

2 dB/mm oraz 1,2 dB/mm.

Metoda badania rozkładu pola akustycznego należy do najwartościowszych metod pomiaru prędkości i tłumienia fal powierzchniowych. Umożliwia uzyskanie wyników pomiarowych obciążonych błędem poniżej 1%, co dla zakresu stosowanych w akustoelektronice częstotliwości (od kilku do kilkuset MHz) jest dokładnością bardzo dobrą.

W pomiarach używano sondy wolframowej o średnicy ostrza $\sim 8 \mu\text{m}$. Do zmian położenia sondy na kryształach używano mikroskopu MWDC, z bardzo dokładnym ($\pm 1,0 \mu\text{m}$), cyfrowym odczytem przesuwu stolika.

Ponadto zastosowano:

- generator impulsowy GI: [5 - 15 (produkcji ZSRR)
- generator fali ciągłej GFC: [4 - 44 (produkcji ZSRR)
- częstotściomierz F: PFL - 21
- woltomierz w.cz. Tesla BM 498
- oscyloskop OS-150 oraz C 7-7 (produkcji ZSRR)
- wzmacniacze pasmowe produkcji Przemysłowego Instytutu Teleradiotechnicznego oraz wzmacniacz WS-1 produkcji "Radiotechnika" - Wrocław.

LITERATURA

- [1] Smith W.R., Gerard H.M., Reeder T.M.: IEEE Trans. (1960) MTT-17, 856.
- [2] Tancrell R.H.: Proc. IEEE, 59, 3 (1971).
- [3] Matthaei, IEEE Trans, SU-22, No 2, March (1975).
- [4] Cerowski Z., Opilski A., Pustelny T., Urbańczyk M.: Archiwum Akustyki 11, 1, 4957, 1975.
- [5] Filipiak J., Urbańczyk M.: Biuletyn WAT, 5 (297), 1977.
- [6] Opilski A., Pustelny T., Urbańczyk M.: Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Matematyka - Fizyka (praca w druku).

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ И ПОДАВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН РЕЙЛИХА
МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗВУКОВОГО ПОЛЯ

Р е з ю м е

В работе представлены измерения скорости и подавления поверхностных волн Рейлиха методом исследования распределения звукового поля. Проведены измерения для монокристаллов $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ и $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ и пьезокерамики.

THE MEASUREMENT OF THE VELOCITY AND ATTENUATION OF THE SURFACE
RAYLEIGH WAVES USING THE METHOD OF ACOUSTICAL FIELD DISTRIBUTION

S u m m a r y

The paper presents the measurements of the propagation velocity and the attenuation coefficient of the surface Rayleigh waves using the method of acoustical field distribution. The measurements have been made for $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ and $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ monocrystals as well as for piezoelectrical ceramics.