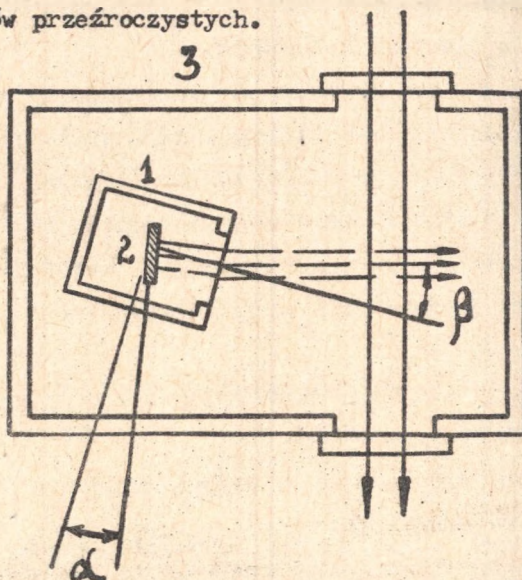


ZYGMUNT KIESZCZEWSKI
ALEKSANDER OPILSKI
Katedra Fizyki Technicznej

UGIĘCIE ŚWIATŁA LASEROWEGO NA FALI ULTRADŹWIĘKOWEJ

Streszczenie. Zmierzono prędkość fali ultradźwiękowej w cieczach przy użyciu światła laserowego. Ze względu na bardzo duże natężenie możliwy jest pomiar w cieczach kolorowych, co rozszerza zakres stosowalności metody optycznej.

Pomiar prędkości i absorpcji fali ultradźwiękowej metodą ugięcia światła [1, 2] jest, ze zrozumiałych względów stosowany tylko w przypadku ośrodków przezroczystych.



Rys. 1. Układ do pomiaru prędkości dźwięku w cieczach nieprzezroczystych metodą optyczną [3]

Jeśli chodzi o ciecz nieprzeźroczyste to są podane w literaturze optyczne metody pomiaru prędkości, jednak są one stosunkowo skomplikowane. Np. Parshal [3] opracował następujące urządzenie Naczynie 1, w którym znajduje się kwarc 2 i badana ciecz znajduje się w drugim naczyniu, która zawiera ciecz o znanej prędkości fali ultradźwiękowej. Naczynie 1 i kwarc mogą się obracać w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny rysunku. Światło przechodzi przez szklane otwory w naczyniu 3. Oczywiście natężenie światła ugiętego jest największe wtedy, gdy kierunek propagacji fali ultradźwiękowej jest prostopadły do fali świetlnej. Można to uzyskać przez odpowiednie ustawienie naczynia 1 i kwarcu. Łatwo zauważyć, że kąty α i β muszą spełniać warunek:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{C_I}{C_{II}}$$

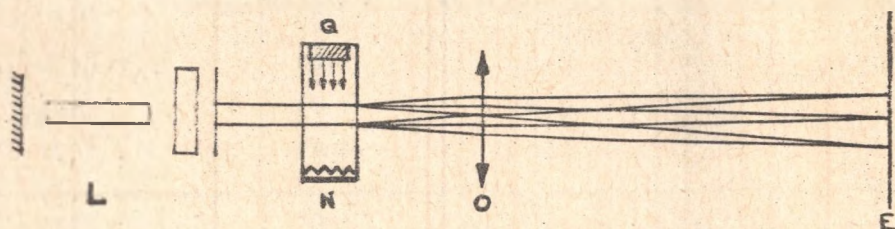
Z powyższego wzoru można wyznaczyć C_{II} . Dokładność tej metody nie jest jednak zbyt duża. Również Rao [4, 5] podał metodę pomiaru prędkości dźwięku w cieczach kolorowych.

Ciekawym wydaje się być pytanie, czy nie można by znacznie prościej wyznaczyć prędkości i ewentualnie współczynnika absorpcji fali ultradźwiękowej, gdyby zastosować źródła światła o tak dużym natężeniu jakim jest światło laserowe. Ze względu na ogromne natężenie przeźroczystość cieczy nie odgrywa tu istotniejszej roli. Światło laserowe ma jeszcze dwie bardzo ważne z tego punktu widzenia zalety:

- 1) jest wiązką prawie idealnie równoległą, odpada więc konieczność stosowania układu kolimacyjnego,
- 2) po zogniskowaniu średnica plamki wynosi mniej niż 0,5 mm co pozwala znacznie zwiększyć dokładność pomiaru.

Mając to na uwadze użyliśmy światła laserowego do pomiaru prędkości fali ultradźwiękowej w cieczach kolorowych. Układ pomiarowy był na-

stępujący: Źródłem światła był laser rubinowy modulowany kryptocjaniną o energii wyjściowej około 0,1 dżula. Następnie światło przechodziło przez naczynie zawierające badaną ciecz oraz po jednej stronie przetwornik kwarcowy, a po przeciwnej substancję pochłaniającą ultradźwięki. Częstotliwość fali ultradźwiękowej wynosiła $\nu = 2,4$ MHz. Badane ciecze były specjalnie zabarwione. Światło ulegające ugięciu na strukturze zgęszczeń i rozrzedzeń fali było zbierane przez obiektyw o ogniskowej $f = 2015$ mm i dawało obraz dyfrakcyjny na ekranie. Ze względu na dużą moc wiązki światło zostawiało trwałe ślady na papierze światłoczułym. Nie zachodzi więc konieczność wykonywania doświadczenia w zaciemnionym pokoju. Również ten fakt czyni pomiar znacznie prostszym. Soczewka o długiej ogniskowej zapewniała stosunkowo dużą odległość (kilka mm) między kolejnymi punktami co zwiększało dokładność pomiaru. Odległości te były wyznaczone przy użyciu mikroskopu.



Rys. 2. Układ pomiarowy

L - laser, N - naczynie z badaną cieczą, Q - kwarc, O - obiektyw, E - ekran

Wyniki pomiarów przedstawiono w tabelicy 1. Błąd pomiaru jest nie większy niż 0,5%. Dla porównania wykonano również pomiary dla tych samych cieczy przy użyciu interferometru rezonansowego.

Tablica 1

Ciecz	Temperatura	V [m sek ⁻¹] Metoda optyczna	V [m sek ⁻¹] Interfero- metr
Benzen	20	1312	1315
	30	1270	1271
	40	1232	1232
	50	1182	1280
Czterochlorek węgla	20	933	938
	30	904	908
	40	873	871
	50	849	850
Toluen	20	1325	1326
	30	1278	1280
	40	1244	1241
	50	1200	1200
Aceton	20	1195	1197
	30	1148	1150
	40	1105	1103
	50	1057	1057
Nitrobenzen	20	1468	1471
	30	1448	1451
	40	1405	1409
	50	1375	1080

Z tablicy 1 wynika bardzo duża zgodność obu metod. Można więc chyba powiedzieć, że użycie światła laserowego rozszerzy zakres stosowalności metody optycznej czyniąc ją jednocześnie dokładniejszą.

Metoda ta może być stosowana również do substancji tego typu jakimi są np. polimery żelifikujące. Metoda optyczna jest tu w zasadzie jedyną, gdyż w przypadku pomiaru interferometru konieczna jest zmiana odległości między przetwornikiem a reflektorem co dla ~~wy~~ substancji jest niemożliwe.

LITERATURA

- [1] Bergman L., *Ultrazwuk i jego primienienije w nauce i tiechnicie*. Moskwa, 1956.
- [2] Nozdriew W.F., *Primienienije ultraakustiki w molekularnej fizike*. Fizmatgis, 1968.
- [3] Parshad R., *Refraction of Ultrasonics and Velocities in Coloured Liquids and in Solids*, *Current Sci* 13, 13, 1944.
- [4] Rao B., Ramachandra B., *New Method for Measuring Velocities of Ultrasonic Waves in Liquids*, *Nature*, 166, 742, 1950.
- [5] Rao B., Ramachandra B., *A New Precision Method for the Measurement of Ultrasonic Velocities in Liquids*, *Nature*, 171, 1077, 1953.

ДИФФРАКЦИЯ ЛАЗЕРНОГО СВЕТА НА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВОЛНЕ

Резюме

Измерено скорость ультразвука в жидкостях используя лазерный свет. Из-за очень высокой интенсивности лазерного излучения возможны изменения в окрашенных жидкостях, что расширяет область оптического метода.

LASER LIGHT DIFFRACTION ON THE ULTRASOUND WAVE**S u m m a r y**

The speed of ultrasound wave in liquids by means of laser light has been measured. On account of a very great intensity of light the measurement has been possible in coloured liquids.