



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Ćwiczenie nr 12

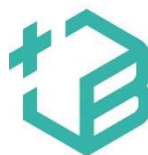
Echografia ultradźwiękowa (B-Scan)



**POLITECHNIKA
BYDGOSKA**
im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich



**POLITECHNIKA
BYDGOSKA**
Wydział Technologii
i Inżynierii Chemicznej



**POLITECHNIKA
BYDGOSKA**
Wydział Medyczny

PRACOWNIA BIOFIZYKI



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Wstęp

Ultrasonografia B-skan jest ważnym narzędziem wspomagającym ocenę kliniczną różnych chorób oczu i orbit. Dzięki zrozumieniu wskazań do ultrasonografii oraz odpowiedniej technice badania, można uzyskać ogromną ilość informacji, których nie da się uzyskać jedynie na podstawie badania klinicznego.

Ultradźwięki to fale dźwiękowe o częstotliwościach wyższych niż słyszalne dla ludzi (>20 000 Hz). Obraz ultradźwiękowy, znany również jako sonogram, powstaje poprzez wysyłanie impulsów ultradźwiękowych w tkanki za pomocą sondy. Impulsy ultradźwiękowe odbijają się od tkanek o różnych właściwościach refleksyjnych, a ich echo jest rejestrowane i wyświetlane jako obraz. Fala ultradźwiękowa wysłana w próbce odbija się od nieciągłości (defektów, pęknięć). Na podstawie relacji między czasem przelotu tych echa ultradźwiękowego a prędkością dźwięku można obliczyć odległość między przetwornikiem ultradźwiękowym a defektem (reflektorem). Pozycję i rozmiar tych defektów można określić, mierząc z różnych kierunków.

Ultrasonografia (znana także jako sonografia) stała się jedną z najważniejszych metod diagnostycznych w medycynie oraz w nieniszczących badaniach materiałów (NDT). Istnieje niezliczona ilość urządzeń ultradźwiękowych przeznaczonych do różnych zastosowań. Wszystkie działają na tych samych podstawowych zasadach, emitując falę mechaniczną, której odbicie jest rejestrowane w echogramie.

Korzystając z echoskopu ultradźwiękowego, sonda ultradźwiękowa sprzężona z medium poddawany badaniu jest wzbudzana krótkim impulsem. Emitowana fala ultradźwiękowa odbija się od niejednorodności impedancji akustycznej, a to odbicie jest wykrywane przez tę samą przetwornik. Czas przelotu (t) pomiędzy początkiem impulsu w nadajniku a pojawieniem się echa jest powiązany z prędkością dźwięku (c) w medium oraz odległością (s) defektu od sondy ultradźwiękowej w następujący sposób:

$$c = \frac{2s}{t}. \quad (1)$$

(To równanie uwzględnia fakt, że echo musi przebyć drogę w obie strony).

Uwaga: Zmierzony czas jest skorygowany o opóźnienie sondy.

Znając prędkość dźwięku w badanym materiale, odległość defektu można bezpośrednio określić na podstawie czasu przelotu. Amplituda echa ultradźwiękowego zależy od tłumienia materiału pomiędzy sondą a defektem, różnicy impedancji między materiałem a defektem, a także od kształtu i orientacji defektu.

Większość sond ultradźwiękowych ma warstwę sprzęgającą i ochronną (warstwę dopasowującą) przed elementem piezoelektrycznym. Warstwa ta prowadzi do błędu pomiarowego podczas określania prędkości dźwięku. Oznacza to, że zmierzony czas przelotu (t) obejmuje czas przelotu w warstwie sprzęgającej, a także w próbce. Ten błąd można



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



wyeliminować, używając różnicy między dwoma pomiarami tego samego materiału o różnych długościach s_1 i s_2 (równanie (2)).

$$c = \frac{2(s_1 - s_2)}{t_1 - t_2} = \frac{2(s_1 - s_2)}{(t_{s_1} + t_L) - (\tau_{s_2} + t_L)} = \frac{2(s_1 - s_2)}{t_{s_1} - t_{s_2}} \quad (2)$$

W obrazowaniu ultradźwiękowym przekroju (B-scan) amplituda echa jest wyświetlana jako wartość szarości, a czas przelotu jako głębokość penetracji. Ciąg kilku sąsiadujących linii głębokości prowadzi do obrazu przekrojowego. W tym celu sonda musi być przesuwana wzdłuż obszaru badania. Lokalna rozdzielczość wzdłuż tej linii skanowania wynika z pozycji sondy lub jej prędkości ruchu. Prosty sposób na uzyskanie obrazu przekrojowego polega na powolnym przesuwaniu sondy ręcznie (skanowanie złożone). Jednak w tym przypadku precyzyjna rozdzielczość boczna jest możliwa tylko z pomocą dodatkowych systemów pomiarowych, takich jak skanery liniowe. Z drugiej strony, dzięki niskiej prędkości skanowania, można uzyskać wysokiej jakości obrazu na dużych obszarach badawczych.

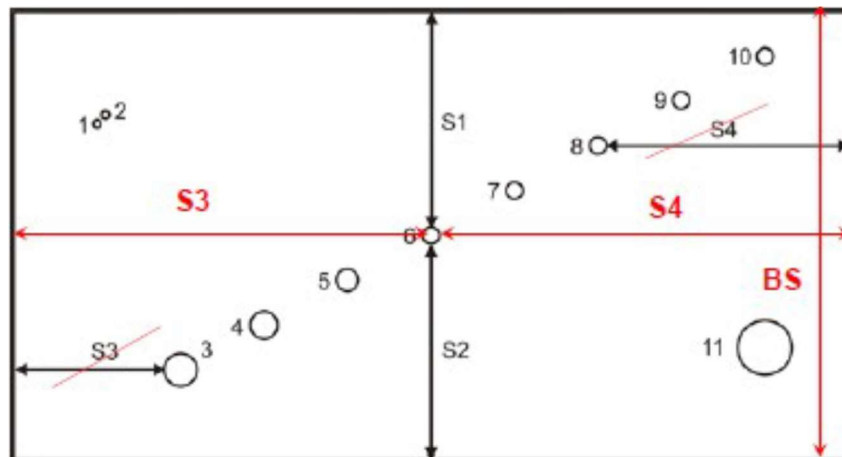
Jakość obrazu jest determinowana przez następujące parametry:

- **Precyzyjne, oparte na koordynatach przekazywanie punktów obrazu (system skanera)**
- **Rozdzielczość osiowa (częstotliwość ultradźwięków)**
- **Rozdzielczość boczna (częstotliwość dźwięku, geometria pola dźwiękowego oraz ogniskowanie)**
- **Rozdzielczość skali szarości (moc transmisji, wzmocnienie i TGC)**
- **Liczba linii (prędkość skanowania)**
- **Aberracje (cienie akustyczne, wielokrotne odbicia i artefakty ruchu)**

Obszar ogniskowy przetwornika typu tłokowego x (przybliżenie dla używanych sond) wynika z geometrii sondy (promień R) oraz długości fali fal ultradźwiękowych w materiale o prędkości dźwięku c przy częstotliwości fali f :

$$x = \frac{R^2}{\lambda} \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (4)$$



Rysunek 1 Schemat bloku pomiarowego z otworami i zaznaczonymi odległościami do zmierzenia

Zadania

- Zmierz głębokość i szerokość ech na otrzymanych obrazach.
- Scharakteryzuj jakość obrazów pod kątem ich rozdzielczości i defektów.

Sprzęt

1. Echoskop ultradźwiękowy PHYWE
2. Sondy ultradźwiękowe: 1MHz i 2MHz
3. Sprzęt testowy:
 - 3.1. Blok testowy
 - 3.2. Zestaw cylindrów ultradźwiękowych
 - 3.3. Płyty testowe ultradźwiękowe
 - 3.4. Żel ultradźwiękowy
4. Suwmiarka

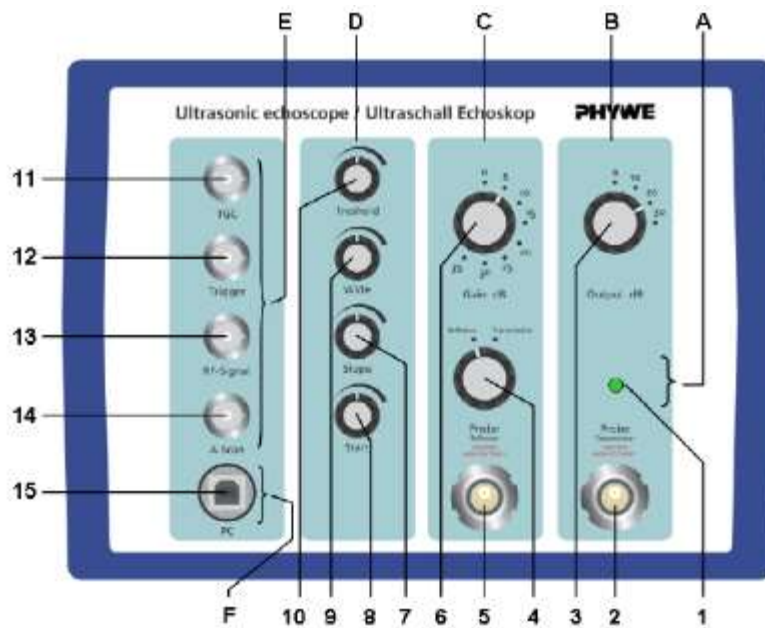


Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Rysunek 2. Echoskop ultradźwiękowy PHYWE

Aby lepiej zrozumieć zasady działania urządzenia, różne komponenty są optycznie oddzielone. (A: zasilanie, B: nadajnik, C: odbiornik, D: kontrola zysku czasu (TGC), E: wyjścia BNC do oscyloskopu, F: interfejs PC).

A. Zasilanie

16. Włącz/wyłącz LED

B. Nadajnik

2. Złącze sondy: tryb transmisji
3. Moc emitująca

C. Odbiornik

4. Włącznik odbicia/transmisji
5. Złącze sondy: tryb odbicia lub odbiornik w trybie transmisji
6. Wzmacniacz odbiornika

D. Kontrola Zysku Czasu (TGC)

7. Punkt początkowy
8. Nachylenie
9. Szerokość
10. Próg

E. Wyjścia oscyloskopowe



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



11. Sygnał TGC
12. Sygnał Trigger
13. Sygnał A-Skan HF
14. Sygnał A-Skan LF

F. Interfejs PC

15. Wtyczka USB

5. Włączanie zasilania

Upewnij się, że napięcie sieciowe podane na tabliczce znamionowej odpowiada napięciu sieciowemu w Twoim zasilaniu. Podłącz echoskop do zasilania i włącz go. Przełącznik zasilania znajduje się z tyłu urządzenia.

6. Tryb transmisji/odbicia

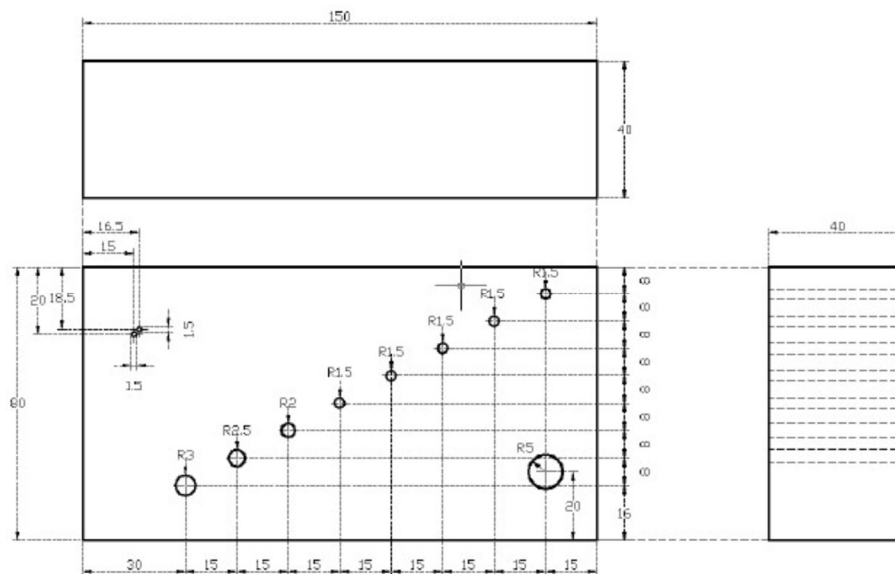
Wybierz między trybem transmisji a trybem odbicia.

7. Ustawienia nadajnika i odbiornika

Moc nadawania można dostosować w zakresie od 0 do 30 dB w krokach po 10 dB. Zakres wzmocnienia odbiornika wynosi od 0 do 35 dB i można go zmieniać w krokach po 5 dB. Ustawienia nadajnika i odbiornika zależą od tłumienia dźwięku w badanym materiale. Ogólnie należy wybrać niską moc transmisji, a następnie zwiększyć wzmocnienie odbiornika, aż maksymalna amplituda echa osiągnie około 80% maksymalnej skali. Jeśli nie możesz osiągnąć wystarczająco wysokiej amplitudy szczytowej, zmniejsz wzmocnienie odbiornika, a następnie stopniowo zwiększ moc nadawania. Zaczynaj ponownie, zwiększając wzmocnienie.

8. Ustawienia TGC (Kontrola Zysku Czasu)

TGC zwiększa wzmocnienie sygnału w zależności od czasu przelotu (TOF), aby skompensować tłumienie ultradźwięków spowodowane materiałem. W idealnie skalibrowanym systemie wady materiałowe o tej samej wielkości są zawsze wyświetlane z tą samą amplitudą szczytową, niezależnie od ich głębokości w próbce. W praktyce TGC jest również używane do zwiększenia amplitudy małych szczytów, które leżą między większymi szczytami. Aby ograniczyć przedział TOF, użyj przycisku Start i kontroli Szerokości. Do regulacji wzmocnienia użyj kontroli nachylenia i kontroli progów.



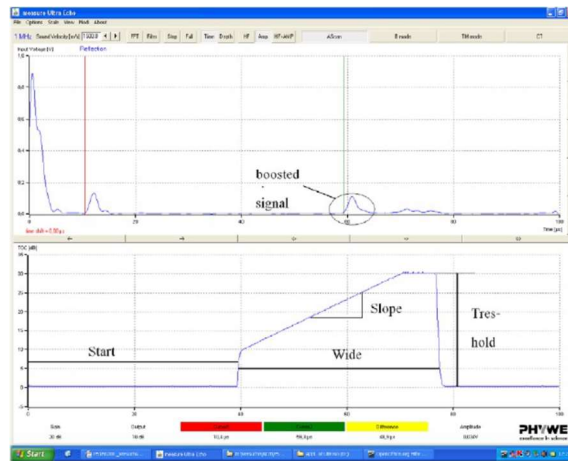
Rysunek 3. Blok pomiarowy z wymiarami.

Przebieg ćwiczenia

- Wykonaj pomiar prędkości dźwięku:
 - Zmierz rozmiar bloku pomiarowego suwmiarką. Nie używaj zbyt dużej siły aby uniknąć odkształcenia akrylowego bloku.
 - Przygotuj echoskop i uruchom go.
 - Podłącz echoskop do komputera.
 - Podłącz sondę 1MHz do wtyku pomiaru odbicia "Probe (Reflexion)".
 - W sekcji odbiornika przełącz w tryb pomiaru odbicia "Reflexion"
 - W oprogramowaniu pomiarowym ustaw w menu "Options"- "Parameter"- "Time shift" opóźnienie sondy (probe delay) i przełącz opóźnienie czasowe na włączone (Time shift – enabled)
 - Podłącz sondę do bloku testowego (na krótszej stronie, aby zmierzyć długość dłuższej strony) przy użyciu żelu lub cienkiej warstwy wody. Wyszukaj echo tylnej ściany. Kiedy używasz wody jako środka sprzęgającego, upewnij się, że nie spływa ona pod cylinder, ponieważ może to prowadzić do błędnych odczytów.
 - Przełącz zakres pomiarowy (measuring range) z półówkowe („Half”) na pełne („Full”), ponieważ czas przelotu echa jest dłuższy niż 100 mikrosekund.

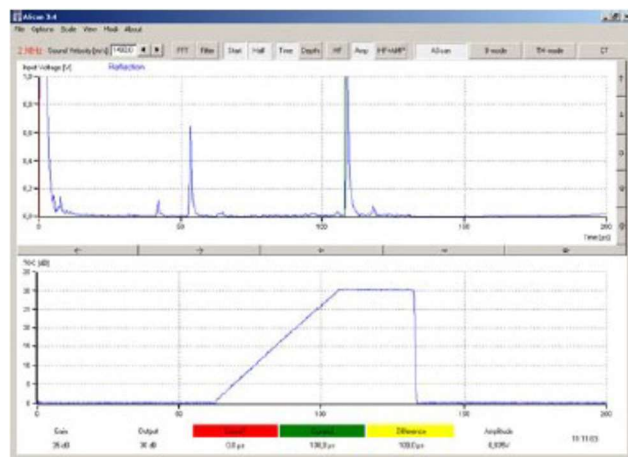


- 1.9. W oprogramowaniu odbita fala będzie zobrazowana jako pik. Dostosuj wzmacnienie nadajnika i odbiornika, aby wielkość pików odbicia zajmowała około 75% wysokości okna.



Rysunek 4. Ilustracja efektu wzmocnienia (amplifier lub booster) na wykresie.

- 1.10. Zmierz czas przelotu na dolnej krawędzi rosnącego szczytu. Na wyświetlaczu znajdują się czerwony i zielony kursor, które to ilustrują. Ich wartości oraz różnica między nimi są pokazane pod czerwona i zieloną belką poniżej dolnego diagramu. Różnica między nimi jest wyświetlana pod żółtą belką. Czas przelotu można odczytać bezpośrednio za pomocą kursorów w oprogramowaniu.



Rysunek 5. Wyniki oprogramowania dla czas przelotu.

- 1.11. Wykonaj pomiar czasu przelotu łącznie 10-krotnie
1.12. Oblicz prędkość dźwięku korzystając ze wzoru (1).
2. Następnie naciśnij przycisk "Tryb B", aby uruchomić oprogramowanie do rejestrowania 2D obrazu jasności (B-scan, jasność).
- 2.1. Umieść blok na dłuższym boku i połącz sondę 1 MHz z cienką warstwą wody z jedną z krawędzi bloku. Następnie nałóż cienką warstwą wody na całej powierzchni bloku.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- 2.2. Naciśnij przycisk "Start" w oprogramowaniu i równomiernie przesuwaj sondę nad blokiem.
- 2.3. Gdy osiągniesz drugi koniec bloku, zatrzymaj oprogramowanie (przycisk "Stop"). Kontrast i jasność zarejestrowanego obrazu B-scan można zmienić za pomocą funkcji przetwarzania obrazu.
- 2.4. Odległość między dziurami a górną krawędzią można zmierzyć w obrazie za pomocą kursora (myszy komputerowej).
- 2.5. Powtórz pomiar sondą 2 MHz i porównaj jakość obrazów.

Opracowanie wyników

1. Porównanie wartości prędkości dźwięku w akrylu z wartością literaturową 2600-2800 m/s
2. Przedstawić obraz B-scan uzyskany przy użyciu sondy 1 MHz.

Pytania kontrolne

1. Jakie są główne różnice między ultrasonografią A-skan a B-skan?
2. Jakie parametry wpływają na jakość obrazu uzyskanego w B-skanie?
3. Co to jest efekt akustycznego cienia i jak wpływa na interpretację obrazów B-skan?
4. Jakie są zalety stosowania sondy o wyższej częstotliwości (np. 2 MHz) w porównaniu do sondy o niższej częstotliwości (np. 1 MHz) podczas wykonywania B-skanu?
5. Jakie zjawisko fizyczne umożliwia odbicie fal ultradźwiękowych od tkanek i ich detekcję w echografii B-Scan?