



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



# Ćwiczenie nr 11

## Echografia ultradźwiękowa (A-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

A-skan (skrótowe od ang. Amplitude scan – skan amplitudowy) to rutynowy rodzaj testu diagnostycznego stosowanego w optometrii lub okulistyce. A-skan dostarcza danych o długości oka, która jest kluczowym czynnikiem w powszechnych zaburzeniach wzroku. Najczęstsze zastosowanie A-skana polega na określaniu długości oka w celu obliczenia mocy soczewek wewnątrzgałkowych.

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.

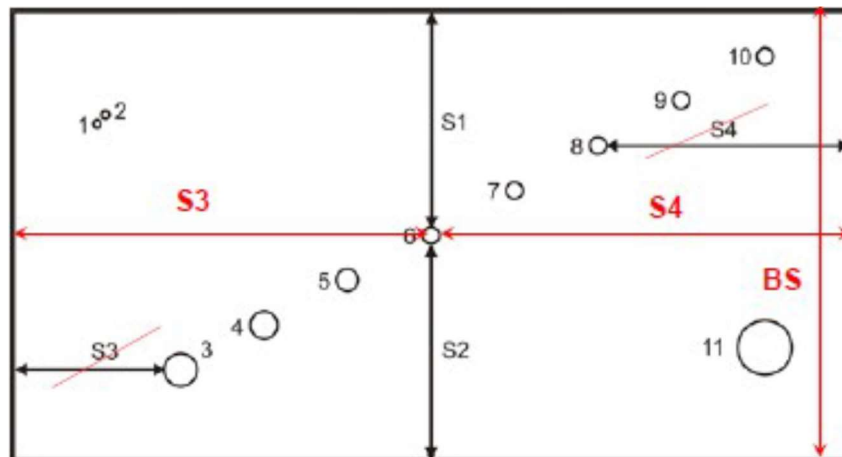
Korzystając z echoskopu ultradźwiękowego, sonda ultradźwiękowa sprzężona z medium poddawany badaniu jest wzbudzana krótkim impulsem. Emitowana fala ultradźwiękowa odbija się od niejednorodności impedancji akustycznej, a to odbicie jest wykrywane przez tę samą przetwornik. Czas przelotu ( $t$ ) pomiędzy 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.



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

Z zmierzonych odległości (rys. 1) rozmiar otworu oblicza się według wzoru:

$$d_s = Echo = \frac{BS}{2} \quad (2)$$

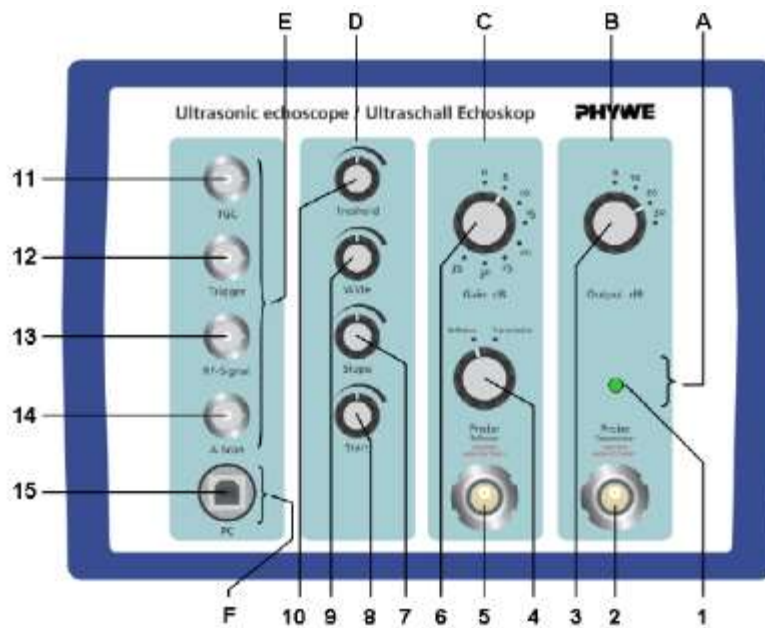
gdzie BS to rozmiar bloku przedstawiony na Rysunku 1.

## Zadania

- Pomiar rozmiaru obiektu przy pomocy metody czasu przelotu.
- Pomiar prędkości dźwięku.
- Pomiar położenia i wielkości defektów przy pomocy oprogramowania Measure Ultraecho pod różnymi kątami oraz porównanie ich z mechanicznymi pomiarami.

## Sprzęt

1. Echoskop ultradźwiękowy PHYWE
2. Sondy ultradźwiękowe: 1MHz i 2MHz
3. Sprzęt testowy:
  - a. Blok testowy
  - b. Zestaw cylindrów ultradźwiękowych
  - c. Płyty testowe ultradźwiękowe
4. Żel ultradźwiękowy
5. Suwmiarka



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

1. 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

11. Sygnał TGC
12. Sygnał Trigger



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



13. Sygnał A-Skan HF

14. Sygnał A-Skan LF

## F. Interfejs PC

15. Wtyczka USB

### 1. 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.

### 2. Tryb transmisji/odbicia

Wybierz między trybem transmisji a trybem odbicia.

### 3. 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.

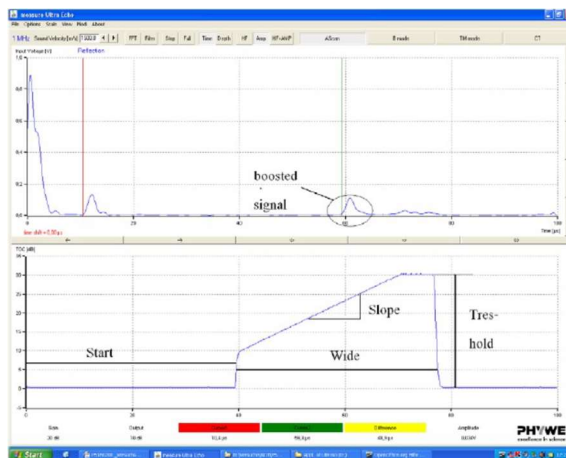
### 4. Ustawienia TGC (Kontrola Zysku Czasu)

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.



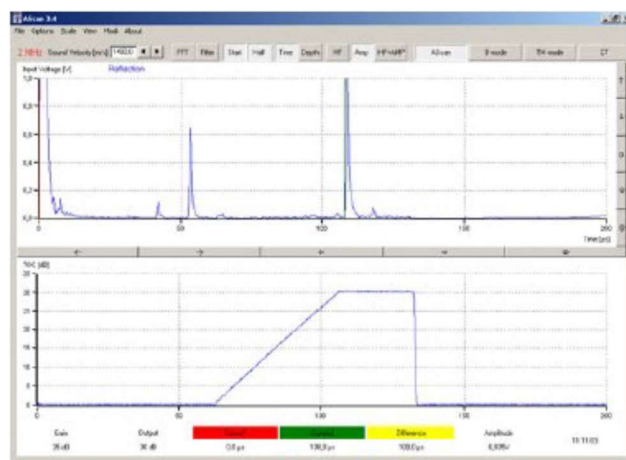


okna.



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 czerwoną 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. Pomiar pozycji defektów: Zmierz defekty, kładąc blok na jego dłuższej stronie i określ rozmiar bloku (BS). Zmierz odległości S1, S2 oraz S3 lub S4 (Rysunek ) dla każdego otworu
- 2.1. Zmień opcję wyświetlania na głębokość („Depth”)  
2.2. Wykonaj pomiar czasu przelotu do dolnego podnóża piku pojawiającego się piku.  
2.3. Wykonaj pomiar pozycji 10-krotnie.  
2.4. Pomiary powtórz dla bocznej ścianki.
3. Wykonaj pomiary wielkości otworów.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



4. Cylindry ultradźwiękowe i sondy należy czyścić natychmiast po użyciu wodą lub zwykłym detergentem. Suche resztki żelu ultradźwiękowego są trudne do usunięcia. W razie potrzeby można użyć miękkiej szczotki. Nigdy nie używaj alkoholu ani płynów zawierających rozpuszczalniki do czyszczenia cylindrów lub sond. Głębokie zarysowania powierzchni wpływają na sprzężanie i mogą powodować błędy pomiarowe.

Defekty w głębszych obszarach bloku nie generują sygnału o tej samej sile. Dlatego echoskop jest wyposażony w wzmacniacz. Siłę sygnału można regulować za pomocą pokręteł: próg, szerokość, nachylenie i początek.

Parametry w echoskopie powinny być ustawione tak, aby szczyty były wystarczająco duże do pomiaru, ale wzmocnienie na tyle niskie, aby uniknąć wysokiego szumu tła. Wszystkie defekty próbki są mierzone albo w odniesieniu do obu dłuższych boków (aby określić rozmiar defektu), albo z dwóch wzajemnie prostopadłych stron, aby znaleźć dokładną pozycję defektu.

Określone rozmiary otworów można porównać z wartościami zmierzonymi suwmiarką. Powtórz tę samą procedurę z sondą 1 MHz

## Opracowanie wyników

1. Porównanie wartości prędkości dźwięku w akrylu z wartością literaturową 2600-2800 m/s
2. Porównać otrzymane wielkości z wzorcem.

## Pytania kontrolne

1. Jakie czynniki mogą wpływać na dokładność pomiaru w ultrasonografii A-skan, takie jak prędkość dźwięku w różnych tkankach?
2. Jakie jest znaczenie czasu przelotu (time of flight) w A-skanie i jak jest on wykorzystywany do pomiaru odległości wewnątrz ciała?
3. Jak działa ultrasonografia A-skan i jakie informacje można uzyskać z tego typu obrazowania?
4. Jakie zjawisko fizyczne umożliwia odbicie fali ultradźwiękowej na granicy między różnymi ośrodkami w ciele podczas echografii ultradźwiękowej?
5. W jaki sposób częstotliwość ultradźwięków wpływa na rozdzielczość obrazu w echografii ultradźwiękowej (A-Scan)?