

SONDA ULTRADŹWIEKOWA

Aparatura

Układ skanujący z ultradźwiękową głowicą nadawczo-odbiorczą, komputer wraz z programem sterującym wcześniej wymienionym układem. Defektoskop, dwa pryzmaty, pleksi, sonda (2,6 MHz).

Przebieg ćwiczenia

Część A

1. Włączyć komputer.
2. Włączyć zasilacz (włącznik z tyłu obudowy zasilacza). Zapalą się dwie diody: czerwona na zasilaczu i zielona „**Głowica**” na obudowie układu skanującego. Głowica ultradźwiękowa jest teraz gotowa do pracy.
3. Włączyć układ skanujący, co spowoduje zapalenie się czerwonej diody „**Skaner**” na obudowie tego układu.
4. Kliknąć dwukrotnie lewym klawiszem myszy skrót **sonda** na pulpicie; spowoduje to uruchomienie programu do sterowania głowicą ultradźwiękową jak i prezentacji otrzymanych wyników pomiarów. Wybrać, poprzez kliknięcie myszą, opcję „**Skan demonstracyjny**”. Po zajęciu przez głowicę miejsca startowego, automatycznie rozpoczną się pomiary (z użyciem tylko jednego prostopadłościanu). W każdym z kolejnych zajmowanych położeń głowica będzie wysyłać impuls ultradźwiękowy i rejestrować echo.

Podczas skanowania demonstracyjnego na wykresie na ekranie monitora przedstawiane są sukcesywnie, przy użyciu barwnej skali (objaśnionej z prawej strony wykresu), zmierzone czasy powrotu. Współrzędne kartezjańskie x i y (liczby całkowite) na wykresie indeksują położenie głowicy w płaszczyźnie jej ruchu, przy czym oś x jest równoległa do dłuższego boku skrzyni z badanym układem. O zakończeniu pomiarów informuje odpowiedni komunikat na ekranie komputera, jednocześnie głowica „parkuje” w położeniu końcowym. Na ekranie widzimy teraz ultradźwiękowy obraz całego przeszukanego obszaru (zwrócić uwagę na opisany w suplemencie teoretycznym artefakt tego obrazu!).

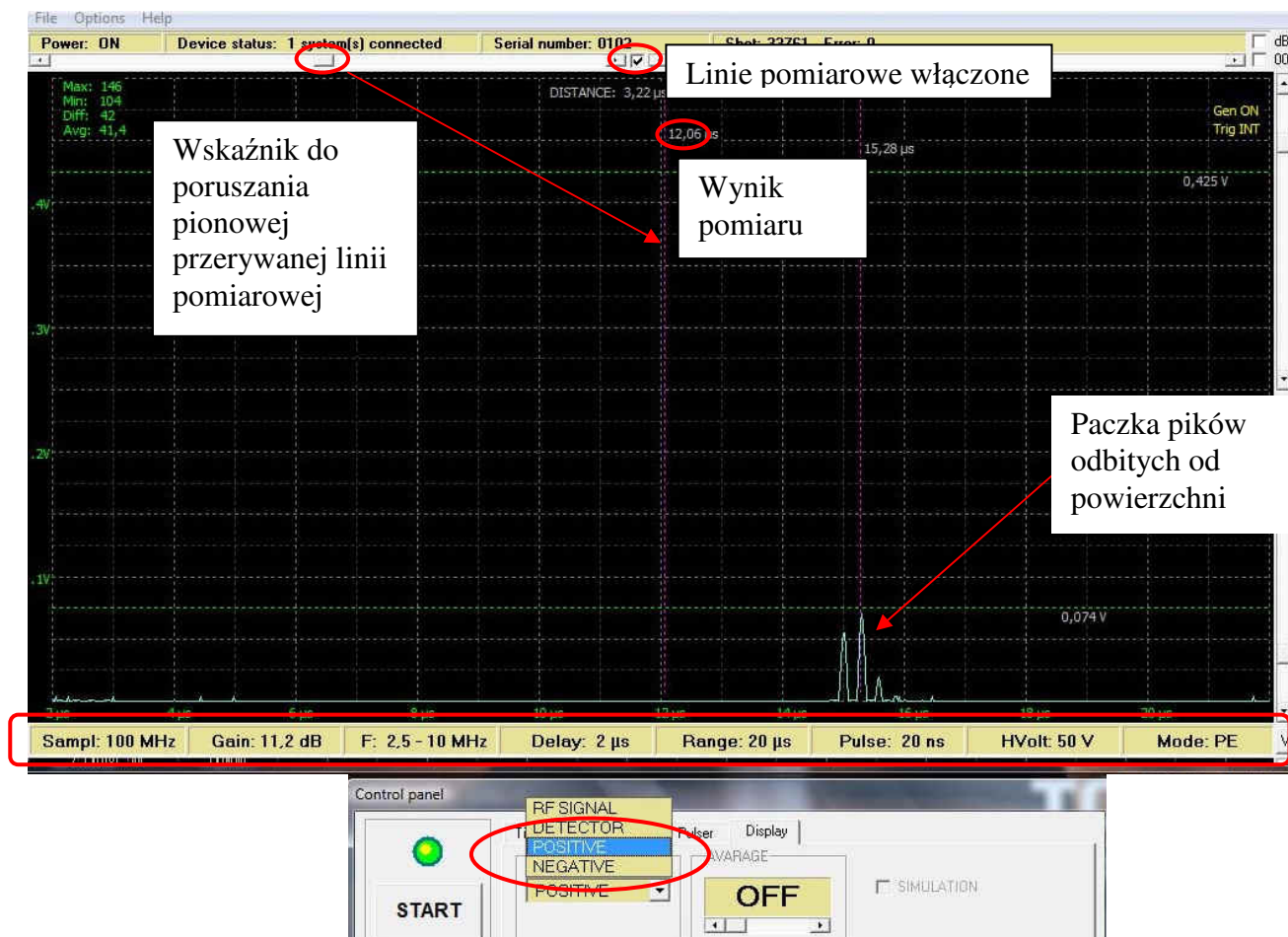
Od momentu zakończenia skanowania aktywna jest też opcja „**Wykres 3D**”. Po naciśnięciu lewego przycisku myszy umożliwia ona obejrzenie, przebadanego układu z różnych kierunków przestrzennych.

5. Po zapoznaniu się z obrazem demonstracyjnym (zarówno na wykresie dwu- jak i trójwymiarowym) nacisnąć przycisk „**Zakończ demonstrację**”.
6. Prowadzący ćwiczenia umieści teraz w skrzyni 3 prostopadłościany, następnie zakryje skrzynię. Nacisnąć teraz przycisk „**Skan pełny**”. Zainicjowane w ten sposób skanowanie będzie przebiegać podobnie jak w punkcie 5. Różnica w stosunku do skanu demonstracyjnego polega na tym, że na wykresie nie jest już wyświetlana informacja o zmierzonych czasach powrotu (brak też jest barwnej skali czasów powrotu), dwukrotnie większe są też liniowe rozmiary badanego obszaru. Obszar już przeszukany przedstawiony będzie na ekranie kolorem niebieskim, a jeszcze nie przeszukany – czarnym. Podobnie jak przy skanie demonstracyjnym, o zakończeniu pomiarów poinformuje odpowiedni komunikat na ekranie komputera, jednocześnie głowica „zaparkuje” w położeniu końcowym. W trakcie skanowania przystąpić do części B ćwiczenia.

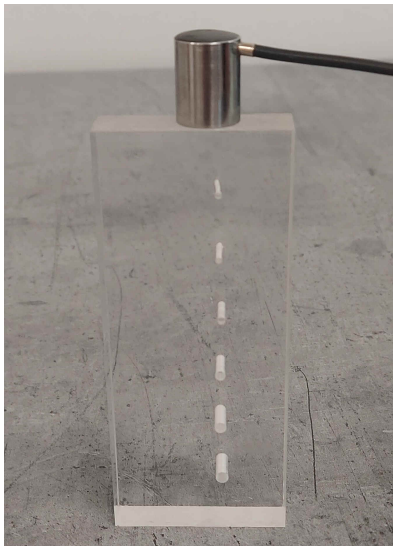
Część B

Celem tej części doświadczenia jest pomiar czasu powrotu impulsu fali ultradźwiękowej by na tej podstawie móc obliczyć prędkość fali ultradźwiękowej w danym materiale oraz określić umiejscowienie otworów w szkłe organicznym.

1. Uruchomić program VSystem, a następnie włączyć rejestrację za pomocą przycisku „start”.
2. Sprawdzić czy są ustawione odpowiednie parametry takie jak zostały zaznaczone na poniższym zdjęciu w czerwonej poziomej ramce.



3. Za pomocą suwmiarki zmierzyć wysokości brył otrzymanych od prowadzącego:
 - BRYŁA OZNACZONA NUMEREM 1 wykonana jest ze szkła organicznego (pleksi),
 - BRYŁA OZNACZONA NUMEREM 2 wykonana jest szkła ołowiowego typu flint,
 - BRYŁA OZNACZONA NUMEREM 3 wykonana jest ze szkła potasowego typu crown.Wyniki pomiaru należy wpisać do odpowiedniego miejsca w formularzu zaliczeniowym.
4. Nałożyć żel na jedną ścianę analizowanej bryły. Następnie przyłożyć głowicę ultradźwiękową i odczytać z ekranu czas powrotu wiązki, w jej maksimum (czas powrotu jest to czas w którym sygnał porusza się w obie strony).
5. Procedurę należy powtórzyć dla wszystkich otrzymanych brył.
6. Obliczyć prędkości rozchodzenia się fal dźwiękowych w analizowanych materiałach. W którym materiale dźwięk rozchodzi się najszybciej a w którym najwolniej?



7. W dalszej części doświadczenia, za pomocą tej samej sondy USG, należy zmierzyć odległości pomiędzy poszczególnymi otworami a powierzchnią fantomu (patrz zdjęcie obok). W celu łatwiejszego znalezienia sygnału echa, ustawić Delay na wartość 7 μs , Gain na 40 dB oraz Range na 40-80 μs . W obliczeniach uwzględnić prędkość dźwięku w pleksi otrzymaną we wcześniejszym pomiarze. Jeśli dla kolejnego otworu nie zaobserwowano powrotu echa, wpisać w odpowiednim miejscu tabeli kreskę.

8. Określić do ilu otworów od powierzchni fantomu można zmierzyć odległość stosując wykorzystywaną sondę 2.6 MHz. Wyjaśnij dlaczego amplituda echa maleje wraz ze wzrostem głębokości umiejscowienia otworu i dlaczego nie widzimy echa od dalszych otworów?

Część A - kontynuacja

Po zakończeniu przeszukiwania, w pamięci komputera znajduje się lista wszystkich zastosowanych położań głowicy (bezwymiarowe x i y) wraz z odpowiadającym im czasem powrotu echa t (w mikrosekundach). Dowlolna pozycja z tej listy, (x,y,t) , może być wyświetlona po prawej stronie wykresu, odpowiednio w okienkach „Polożenie x”, „Polożenie y” oraz „Czas powrotu”. W celu wyświetlenia czasu powrotu dla wybranego położenia głowicy, a więc dla wybranych współrzędnych x oraz y, nakierować czerwony kursor (punkt przecięcia dwóch czerwonych linii) na odpowiednie miejsce na wykresie. Położenie tego kursora zmieniamy za pomocą klawiszy ($\leftarrow$), ($\uparrow$), ($\rightarrow$) oraz ($\downarrow$) na klawiaturze.

Sposób przedstawienia i kontrola wyników:

1. Zmieniając współrzędne x i y zastosowanych położań głowicy oraz obserwując wyświetlany jednocześnie na ekranie czas powrotu echa, znaleźć czas maksymalny (wiązka ultradźwiękowa odbija się od podłoża skrzyni z badanym obiektem). Wpisać znaleziony maksymalny czas powrotu do Tab. I. i następnie wyznaczyć z równania $S = \frac{vt}{2}$ odległość głowica-podłoże. W obliczeniach przyjąć, że prędkość ultradźwięków w powietrzu wynosi 330 m/s.

Uwaga: Drobne różnice (rzędu kilku procent) występujące w zbiorze obejmującym wyznaczone czasy powrotu wiązki odbitej od określonej powierzchni, są efektem błędu pomiarowego i nie świadczą o „nierówności” danej powierzchni odbijającej ultradźwięki.

2. W celu znalezienia położenia i rozmiarów trzech znajdujących się w skrzyni prostopadłościanów zmieniać współrzędne x i y zarejestrowanych położań głowicy, obserwując jednocześnie uważnie czas powrotu echa. Gdy czas ten zmienia się **istotnie** (tzn. o kilkadziesiąt lub więcej mikrosekund), przekroczona została granica podłoże-prostopadłościan, prostopadłościan-podłoże albo granica pomiędzy dwoma prostopadłościanami (należy przypomnieć, że mogą one być ustawione „jeden na drugim”). Jest rzeczą oczywistą, że **zbiór punktów granicznych o bardzo zbliżonych (tj. różniących się o nie więcej niż kilka procent) czasach powrotu obrazuje krawędzie górnej powierzchni prostopadłościanu**. Rozmiary uzyskanego obrazu odpowiadają rzeczywistym rozmiarom górnej powierzchni prostopadłościanu, natomiast czas powrotu echa pozwala ustalić odległość tej powierzchni od głowicy. Punkty graniczne o bardzo zbliżonych czasach powrotu zaznaczamy na ekranie przy użyciu klawisza „Enter” aż do momentu zamknięcia konturu. Skasowania (wszystkich!) tak dokonanych zaznaczeń dokonujemy klawiszem „Escape”. Do Tab. II wpisujemy wymienione poniżej parametry:
 - zmierzony czas powrotu echa (z dokładnością do 1 mikrosekundy)
 - wyznaczoną z równania z punktu 1 odległość głowica-górna powierzchnia prostopadłościanu

- rzeczywistą długość (ΔX_{rzecz}) oraz rzeczywistą szerokość (ΔY_{rzecz}) górnej ściany prostopadłościanu. Wyznaczamy je z równań $\Delta X_{rzecz} = \Delta X \cdot d$ oraz $\Delta Y_{rzecz} = \Delta Y \cdot d$, gdzie ΔX oraz ΔY są długościami odpowiednich boków w obrazie ultradźwiękowym, natomiast d jest długością kroku głowicy, wynoszącą 2 mm. Przypomnijmy, że oś X odpowiada dłuższemu bokowi skrzyni z badanym układem.

Uwaga: Dla zwiększenia dokładności wyznaczania ΔX_{rzecz} i ΔY_{rzecz} wykorzystać możemy znajomość natury opisanego w części teoretycznej artefaktu obrazu (*beam width artifact*).

- rzeczywiste położenie tego wierzchołka prostopadłościanu, który **leży najbliżej** punktu o współrzędnych $X = 1$, $Y = 1$. Przeliczamy współrzędne obrazu na współrzędne rzeczywiste, tzn. $X_{o,rzecz} = X_o \cdot d$ oraz $Y_{o,rzecz} = Y_o \cdot d$, gdzie punkt (X_o, Y_o) określa położenie wierzchołka w obrazie ultradźwiękowym.
 - Dysponując odległościami górnych ścian wszystkich prostopadłościanów od głowicy, obliczyć wysokości tych prostopadłościanów (rozumiane jako długości ich krawędzi prostopadłych do podłoża) i wpisać je odpowiednio do Tab. II.
3. Na podstawie zebranych danych narysować badany obszar, w skali 1:1, na papierze milimetrowym: w rzucie xy (w płaszczyźnie skanowania), w rzucie xz (w płaszczyźnie przedniej ściany skanera) oraz w rzucie yz (w płaszczyźnie bocznej prawej ściany skanera).
 4. Nacisnąć przycisk „zobacz”. Pojawi się okienko dialogowe informujące o potrzebie wpisania hasła. Po wpisaniu hasła przez prowadzącego zajęcia i zatwierdzeniu go odpowiednim przyciskiem, na wykresie pojawi się obraz badanego układu w płaszczyźnie xy. Porównać ten obraz z tym uzyskanym w ćwiczeniu. Następnie wykorzystać, jak w przypadku skanu demonstracyjnego, opcję „**Wykres 3D**”.
 5. Poprosić prowadzącego o odsłonięcie skanowanego obszaru. Porównać otrzymany w skanowaniu obraz z układem rzeczywistym.
 6. Wyłączyć układ skanujący i zasilacz. Zamknąć program pomiarowy, a następnie wyłączyć komputer.

Wymagane wiadomości teoretyczne

1. Ultradźwięk jako fala mechaniczna. Długość, częstotliwość i prędkość rozchodzenia się fali ultradźwiękowej.
2. Współczynnik odbicia, opór akustyczny i równania Fresnela.
3. Echolokacja impulsowa jako metoda umożliwiająca lokalizację przestrzenną elementów anatomicznych w obrazowaniu ultrasonograficznym. Osiowa zdolność rozdzielcza i jej zależność od częstotliwości ultradźwięku.
4. Ultrasonograficzne prezentacje A i B.
5. Artefakty obrazu USG.

Literatura

1. S. Mięksisz i A. Hendrich, „Zastosowanie ultradźwięków w medycynie, w: Wybrane zagadnienia z biofizyki”, Volumed, 1998.
2. E. Merz, „Diagnostyka ultrasonograficzna w ginekologii i położnictwie”, Urban&Partner, 1999, (roz. 2).



Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu Katedra i Zakład Biofizyki i Neurobiologii	Ćwiczenie 25 Sonda ultradźwiękowa	
	 Imiona i nazwiska studentów	Wydział: nr grupy: Data:
Ocena:	Podpis prowadzącego ćwiczenia	

Tabela I. Wyznaczenie odległości głowicy od podłoża.

Maksymalny czas powrotu [μs]	Odległość podłoża od głowicy [cm]

Tabela II. Wyznaczenie geometrii układu.

	Prostopadłościan I	Prostopadłościan II	Prostopadłościan III
Czas powrotu echa [μs]			
Odległość górnej ściany od głowicy [cm]			
Długość ΔX_{rzecz} [cm]			
Długość ΔY_{rzecz} [cm]			
Rzeczywiste położenie zadanego wierzchołka [cm]	$X_{0,\text{rzecz}} =$ $Y_{0,\text{rzecz}} =$	$X_{0,\text{rzecz}} =$ $Y_{0,\text{rzecz}} =$	$X_{0,\text{rzecz}} =$ $Y_{0,\text{rzecz}} =$
Wysokość [cm]			

Część B.

Nazwa przedmiotu	Wysokość [mm]	Czas powrotu [μs]	Prędkość [m/s]
(1) Szkło organiczne (pleksi)			
(2) Szkło ołowiowe typu flint			
(3) Szkło potasowe typu crown			

	Otwór I	Otwór II	Otwór III	Otwór IV	Otwór V
Czas powrotu echa [μ s]					
Odległość danego otworu od powierzchni bryły [mm]					

Dlaczego amplituda echa maleje wraz ze wzrostem głębokości umiejscowienia otworu i dlaczego nie widzimy echa od dalszych otworów?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....