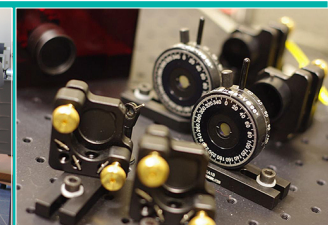
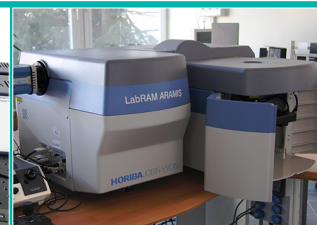


Ćwiczenie 4

Analiza obrazów ugięciowych światła laserowego na fali ultradźwiękowej

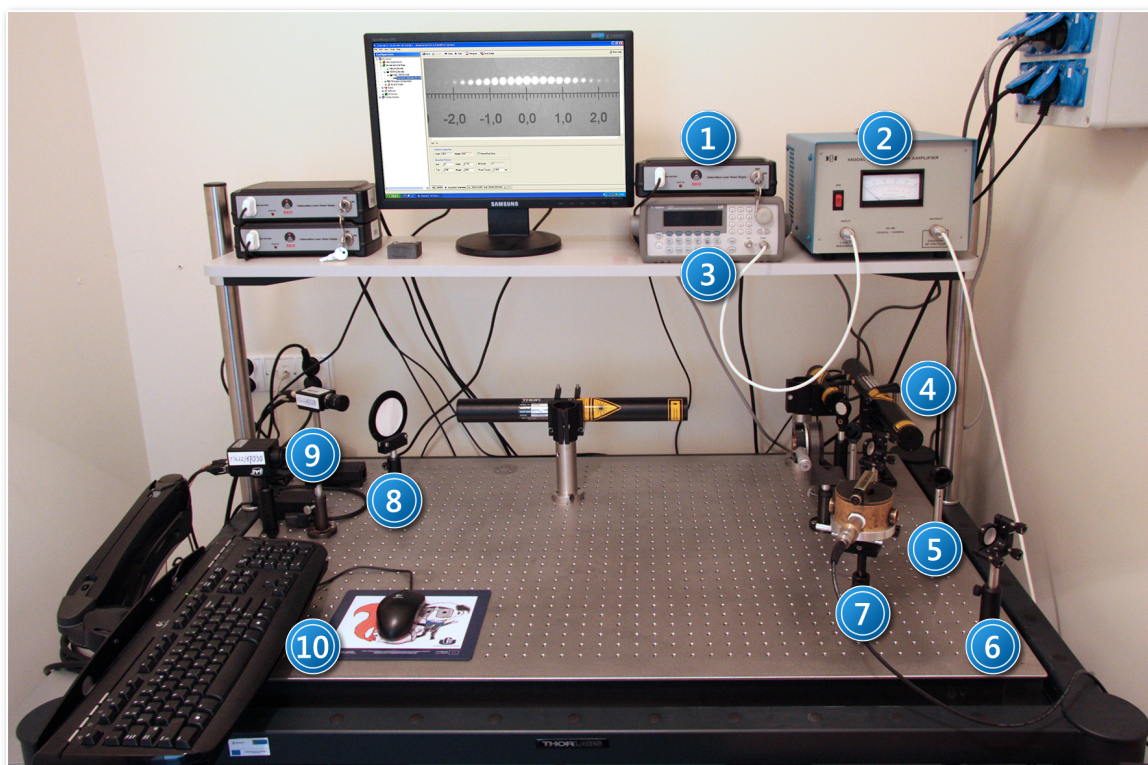


I. Zagadnienia do opracowania.

1. Rozchodzenie się fal sprężystych w ośrodkach ciągłych.
2. Równanie falowe dla fali dźwiękowej.
3. Wytwarzanie fal akustycznych w cieczech.
4. Własności kryształów ferroelektrycznych:
 - a) struktura domenowa;
 - b) polaryzacja spontaniczna;
 - c) ruchy domen w zewnętrznym polu elektrycznym.
5. Zjawisko piezoelektryczności.
6. Nadajnik piezoelektryczny:
 - a) konstrukcja piezoelektrycznych głowic ultradźwiękowych;
 - b) drgania rezonansowe podłużne i poprzeczne przetwornika piezoelektrycznego.
7. Oddziaływanie światła z falami ultradźwiękowymi w cieczech.
8. Normalne zjawisko ugięcia światła na fali ultradźwiękowej:
 - a) rozkład natężeń światła w widmie ugięciowym;
 - b) teoria Ramana – Natha.
9. Wyznaczanie prędkości rozchodzenia się dźwięku na podstawie obrazu dyfrakcyjnego ugięcia światła na ultradźwiękowej siatce dyfrakcyjnej (metoda interferencji pierwotnych).
10. Budowa i zasada działania lasera gazowego (na przykładzie lasera helowo-neonowego):
 - a) przejścia promieniste: absorpcja, emisja spontaniczna i wymuszona;
 - b) budowa lasera;
 - c) ośrodek aktywny lasera He – Ne;
 - d) inwersja obsadzeń stanów;
 - e) rezonator optyczny;
 - f) własności światła laserowego.
11. Zasada detekcji obrazów w kamerach CCD.

II. Zadania doświadczalne.

1. Zapoznać się z elementami stanowiska pomiarowego przedstawionego na *Zdjęciu 1*. Na stanowisku doświadczalnym na *Zdjęciu 1* realizowane są dwa odrębne ćwiczenia. Elementy wchodzące w skład ćwiczenia nr 4 oznaczono numerkami od 1 do 10.
2. Wlać metanol do komory pomiarowej (7 na *Zdjęciu 1*), przykryć ją pokrywą i ustawić ją na przesuwym stoliku.
3. Włączyć komputer, zasilacz lasera He – Ne (1, *Zdjęcie 1*) i generator (3, *Zdjęcie 1*).
4. Uruchomić program *Measurement & Automation Explorer* i włączyć podgląd z kamery CCD (patrz *Dodatek A*).
Sprawdzić czy obiektyw kamery nie jest zasłonięty.
5. Wiązka światła laserowego powinna padać na ekran dokładnie nad środkiem naniesionej na nim podziałki centymetrowej. W razie konieczności skorygować kąt padania wiązki pokrętląm osi pionowej w uchwycie zwierciadła (6, *Zdjęcie 1*).



Zdjęcie 1. Stanowisko pomiarowe do badania dyfrakcji światła laserowego na ultradźwiękach: 1 – zasilacz lasera He – Ne; 2 – wzmacniacz; 3 – generator; 4 – laser He - Ne; 5 – filtr szary; 6 – zwierciadło; 7 – komora pomiarowa; 8 – ekran; 9 – kamera CCD; 10 – zestaw komputerowy.

6. Korzystając z opisu w *Dodatku B*, ustawić na generatorze wartość napięcia na 70 mV, a wartość częstotliwości sygnału na 5 MHz.
7. Uwzględniając treść poniższej *UWAGI*, włączyć wzmacniacz (2, *Zdjęcie 1*) (głównym wyłącznikiem sieciowym).



UWAGA!

Przed włączeniem i wyłączeniem wzmacniacza, należy **odłączyć** kable sygnałowe od generatora i komory ultradźwiękowej.

Podłączyć do wzmacniacza oba przewody sygnałów *INPUT* oraz *OUTPUT*.

8. Podłączyć generator do wskazanej przez prowadzącego ćwiczenie głowicy ultradźwiękowej w komorze.
Na monitorze w oknie podglądu z kamery CCD (9, *Zdjęcie 1*) powinien ukazać się obraz dyfrakcyjny światła lasera na fali ultradźwiękowej.
9. Uzyskać możliwie najlepszy obraz dyfrakcyjny tzn. o największej widocznej liczbie prążków.
W tym celu, obserwując obraz na monitorze, dokonywać **delikatnie** następujących regulacji:

- a) obracając (nieznacznie) całą komorę ultradźwiękową na stoliku poprawić prostopadłość ustawienia płaszczyzn okienek komory względem wiązki światła.
Po znalezieniu właściwego ustawienia komory zablokować jej pozycję w stoliku śrubą w obejmie komory;
 - b) zmieniać precyzyjnie odległość reflektora wewnątrz komory od głowicy ultradźwiękowej pokręcając śrubę w pokrywie komory i tym samym stwarzając warunki do wytworzenia się fali stojącej w komorze;
 - c) obracać nieznacznie pokrywę komory zapewniając w ten sposób równoległość ustawienia powierzchni przetwornika i reflektora.
10. Obserwując nadal uzyskany obraz dyfrakcyjny, sprawdzić, czy drobna korekta wstępnie ustawionych wartości napięcia i częstotliwości na generatorze nie zapewni zwiększenia ilości rzędów ugięcia w obrazie.
 11. Zanotować ostatecznie dobraną wartość częstotliwości drgań przetwornika.
 12. Za pomocą kamery CCD zarejestrować obraz dyfrakcyjny (patrz *Dodatek A*).
 13. Wylać metanol, osuszyć komorę pomiarową i napełnić ją cieczą wskazaną przez prowadzącego ćwiczenie.
 14. Powtórzyć procedury pomiarowe i obróbki obrazu z punktów II.8. – II.12.
 15. Zmierzyć odległość od warstwy ultradźwięków do ekranu.
 16. Wyznaczyć odległość pomiędzy prążkami w otrzymanych obrazach dyfrakcyjnych przy pomocy programu *NI Vision Assistant* (dostępny na stanowisku doświadczalnym i opisany w *Dodatku C*) lub innego programu graficznego działającego w środowisku *Windows* lub *UNIX/Linux*.
 17. Obliczyć prędkości rozchodzenia się fal ultradźwiękowych w użytych cieczach.
 18. Przeprowadzić dyskusję błędów pomiarowych.
 19. Porównać obliczone wartości prędkości z danymi tablicowymi.

III. Zestaw przyrządów.

1. Laser He – Ne ($\lambda = 543 \text{ nm}$).
2. Zasilacz lasera.
3. Komora pomiarowa z głowicami ultradźwiękowymi (o częstotliwościach 5 MHz i 10 MHz).
4. Stolik do umieszczenia komory pomiarowej.
5. Generator mocy wysokiej częstotliwości (*Agilent 33220A*).
6. Kamera CCD (*JAI Pulnix CM – 140MCL*).
7. Wzmacniacz mocy.
8. Filtr szary ($ND = 2.0$).
9. Ekran z podziałką centymetrową.
10. Zwierciadło.
11. Miarka centymetrowa.
12. Zestaw komputerowy.

IV. Literatura.

1. A. Śliwiński – „*Ultradźwięki i ich zastosowanie*”, Wydawnictwo Naukowo - Techniczne, Warszawa 1993.

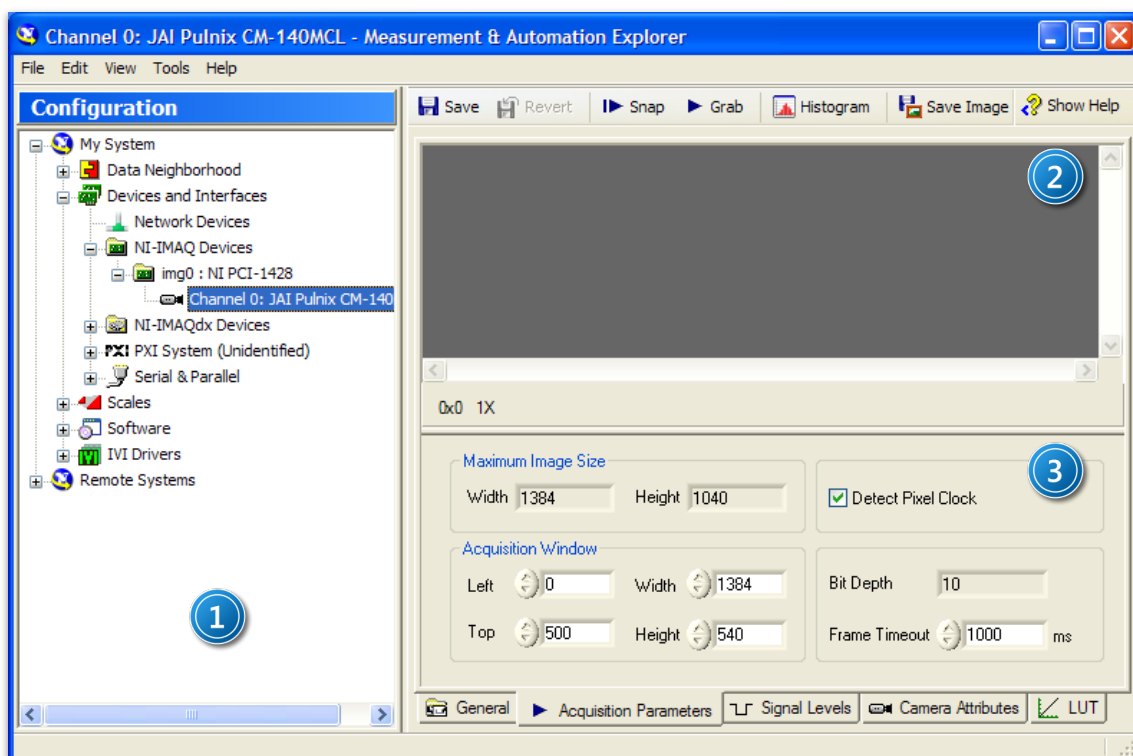
2. R.P. Feynman, R. Leighton, M. Sands – „Wykłady z fizyki”, T.1., Część 2, PWN, Warszawa 2003.
3. M. Kwiek, A. Śliwiński, E. Hojan – „Akustyka laboratoryjna”, Część II, PWN, 1971.
4. F.C. Crawford – „Fale”, PWN, Warszawa 1975.
5. J. Stankowski, A. Graja – „Wstęp do elektroniki kwantowej”, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1972.
6. R.I. Sołouchin – „Optyka i fizyka atomowa. Ćwiczenia laboratoryjne”, PWN, Warszawa 1982.
7. J. Wehr – „Pomiary prędkości i tłumienia fal ultradźwiękowych”, PWN, Warszawa 1972.
8. I.N. Bronsztajn, K.A. Siemiendajew – „Matematyka. Poradnik encyklopedyczny”, PWN, Warszawa 1970.
9. Ch. Kittel – „Wstęp do fizyki ciała stałego”, PWN, Warszawa 1999.
10. J. Handerek – „Wstęp do fizyki ferroelektryków”, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 1971.
11. A. Kujawski, P. Szczepański – „Lasery”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 1999.
12. B. Ziętek – „Lasery”, Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń 2009.
13. M. Young – “Optics and Lasers”, Springer 1977.
14. G.F. Knoll – “Radiation Detection and Measurement”, Wiley 1979.
15. Ch. Kittel – “Introduction to Solid State Physics”, Wiley 2004.
16. R.P. Feynman, R. Leighton, M. Sands – “The Feynman Lectures on Physics”, Vol. 1., Part 2., Addison – Wesley, 2005.

Dodatek A

Obsługa program *NI Measurement & Automation Explorer* oraz kamery CCD *JAI Pulnix CM – 140MCL*

A. Uruchamianie programu i podglądu z kamery CCD.

1. Uruchomić program *NI Measurement & Automation Explorer* poprzez dwukrotnie kliknięcie na skrót do niego (opatrzony taką samą nazwą), umieszczony na pulpicie.









Rysunek 2. Okno programu *NI Measurement & Automation Explorer*: 1 – panel lewy; 2 – panel podglądu obrazu z kamery CCD; 3 – panel dostrajania pracy kamery i ustalania właściwości przechwytywanego obrazu.

2. Zdjąć osłonę kamery CCD.





UWAGA!

Przed zdjęciem osłonki z obiektywu kamery CCD należy upewnić się, że filtr szary znajduje się w wiązce światła laserowego (5, Zdjęcie 1). Skierowanie nieosłabionej wiązki laserowej w obiektyw kamery może uszkodzić matrycę CCD.

3. Uruchomić podgląd z kamery, postępując się lewym panelem w oknie programu (1, *Rysunek 2*).
W tym celu należy rozwinąć listwy sekcji  **Devices and Interfaces**, klikając znaki  kolejno przy elementach  **NI-IMAQ Devices** i  **img0 : NI PCI-1428** a następnie kliknąć symbol interfejsu kamery  **Channel 0: JAI Pulnix CM-140MCL**, po czym włączyć podgląd przyciskiem  **Grab** umieszczonym nad panelem podglądu (2, *Rysunek 2*).
4. Po chwili w oknie podglądu powinien ukazać się obraz z kamery CCD.
Jeżeli tak się nie dzieje, należy upewnić się, czy obiektyw kamery nie jest zasłonięty.
5. W wypadku pojawienia się komunikatu o błędzie, należy upewnić się, czy do zasilacza kamery podłączono przewód zasilający i podłączyć go w razie potrzeby. Jeżeli obraz z kamery nadal nie jest wyświetlany, należy fakt ten zgłosić prowadzącemu ćwiczenie.

B. Użytkowanie programu i przechwytywanie obrazu z kamery CCD.

1. Przycisk  **Grab** umieszczony nad panelem podglądu (2, *Rysunek 2*) służy do włączania i wyłączania ciągłego podglądu z kamery CCD.
Podgląd ciągły można w każdej chwili wyłączyć, klikając ten przycisk – wtedy w panelu podglądu zostanie wyświetlona ostatnio zarejestrowana klatka.
2. Klikając prawym przyciskiem myszy w panelu podglądu można dostosować opcje wyświetlania obrazu z kamery, np. ustawić dynamiczne dostosowanie atrybutów obrazu do aktualnego rozmiaru okna (z pomocą opcji *Zoom to fit* w menu *Zoom*).
3. Obraz aktualnie wyświetlany w panelu podglądu można w każdej chwili zapisać w postaci pliku graficznego *PNG* lub *TIFF*, klikając przycisk  **Save Image** i wybierając miejsce zapisu obrazu, jego nazwę i format pliku.

C. Kończenie pracy.

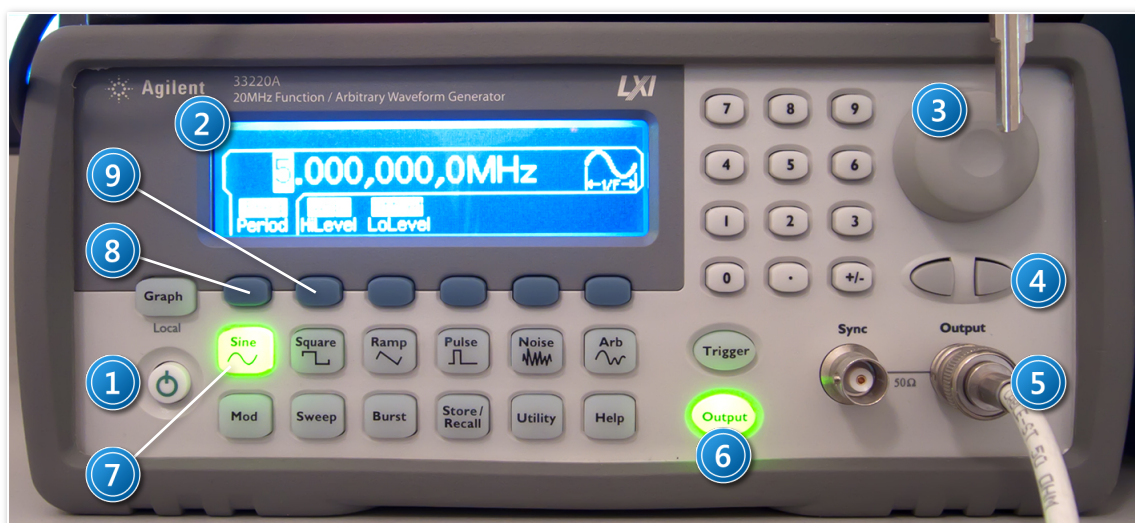
1. W celu zakończenia pracy kamery i programu *Measurement & Automation Explorer* wystarczy zamknąć okno programu.
2. Nałożyć na obiektyw kamery CCD osłonkę zabezpieczającą.
3. Zakończenie pracy zgłosić prowadzącemu ćwiczenie.

Dodatek B

Obsługa generatora wysokich częstotliwości Agilent 33220A

A. Uruchamianie urządzenia.

Włączyć generator (włącznikiem 1 na Zdjęciu 3). Wyświetlone automatycznie (na wyświetlaczu 2 na Zdjęciu 3) dane o generatorze i producencie, znikną po kilku sekundach lub natychmiast po naciśnięciu dowolnego przycisku na panelu.



Zdjęcie 3. Widok panelu kontrolnego generatora wysokich częstotliwości Agilent 33220A: 1 – włącznik główny; 2 – wyświetlacz; 3 – pokrętło zmiany wartości parametrów pracy; 4 – przyciski wyboru miejsca dziesiętnego; 5 – kabel sygnału wyjściowego; 6 – przycisk i kontrolka stanu trybu pracy; 7 – przycisk wyboru trybu modyfikacji częstotliwości; 8 – przycisk wyboru trybu modyfikacji amplitudy.

B. Wybór parametrów modulacji sygnału wyjściowego.



Wskazówka

Wartości ukazujące się na wyświetlaczu generatora Agilent 33220A są zapisane w notacji amerykańskiej, w której separatorem dziesiętnym jest kropka; przecinek służy jako znak grupowania cyfr. Np. **1.234,567 MHz** na wyświetlaczu jest równoważne **1,234567 MHz** w notacji polskiej.

1. Upewnić się, że wybranym trybem modulacji sygnału wyjściowego jest tryb modulacji sinusoidalnej *Sine* (7 na Zdjęciu 3).
2. Dokonać wyboru częstotliwości lub amplitudy sygnału wyjściowego przy pomocy przycisku wyboru trybu modyfikacji częstotliwości (8 na Zdjęciu 3) lub trybu modyfikacji amplitudy (9 na Zdjęciu 3).

Na wyświetlaczu wyświetli się wybrana wartość częstotliwości lub amplitudy wraz z jednostką.



UWAGA!

Zwrócić uwagę czy na wyświetlaczu pojawił się napis **Freq** (dla wyboru częstotliwości) lub **Amp** (dla wyboru amplitudy). Jeśli wyróżnione są pozycje **Period** lub **HiLevel** należy ponownie nacisnąć przyciski wyboru 8 lub 9 na Zdjęciu 3.

3. Po wyborze odpowiedniego trybu modyfikacji można dokonać zmiany wartości częstotliwości lub amplitudy pokrętką 3 na Zdjęciu 3. Należy zwrócić uwagę, że jedna z cyfr wyświetlanej liczby jest stale wyróżniona białym, prostokątnym podświetleniem. Użycie pokrętki spowoduje, że zmianie ulegnie tylko ta cyfra, która jest aktualnie podświetlona – będzie zwiększana lub zmniejszana wraz z obracaniem pokrętki, odpowiednio zgodnie lub przeciwnie do ruchu wskazówek zegara.

Użycie przycisków wyboru miejsca dziesiętnego (4 na Zdjęciu 3) pozwala na podświetlenie innego miejsca dziesiętnego. W taki sam sposób można dokonywać zmiany przedrostków jednostek – przesunięcie podświetlenia na literę **M** jednostki częstotliwości **MHz** pozwala na jej zmianę np. z **M** na **k** (z megaherców na kiloherce) za pomocą pokrętki.

C. Praca z generatorem.

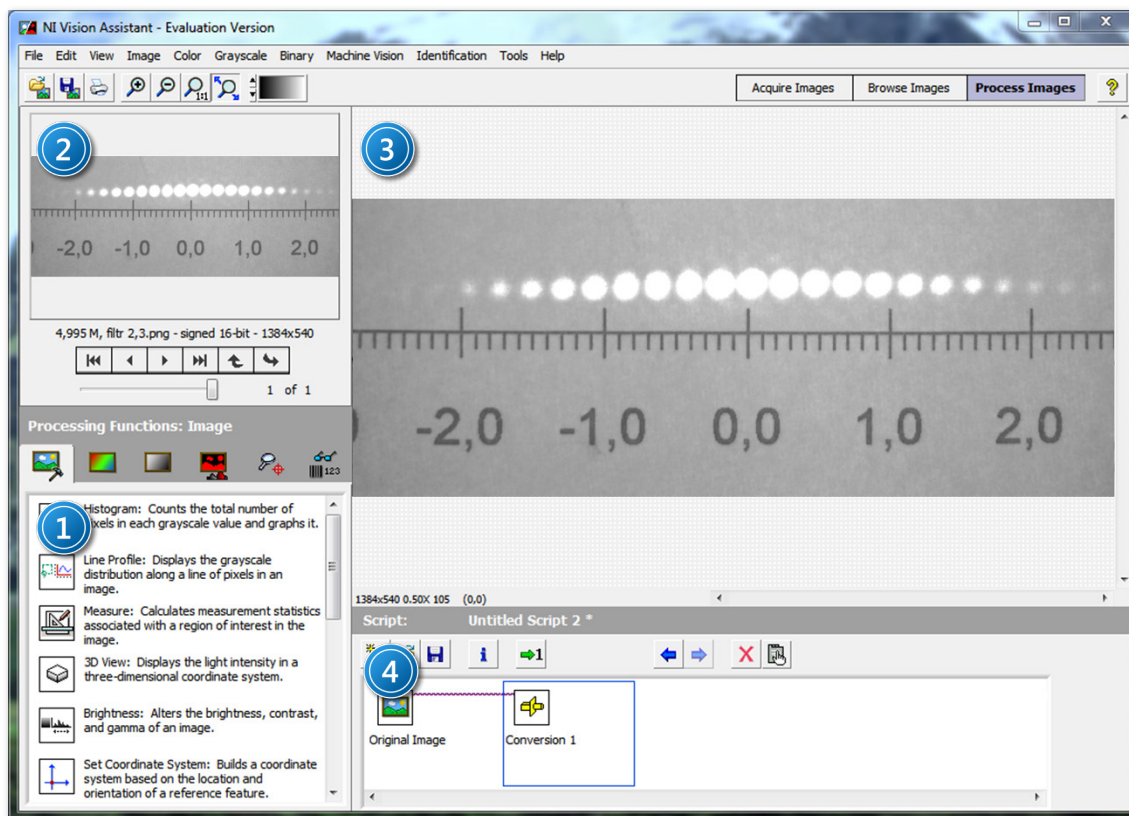
1. Po wyborze typu i własności modulacji (patrz punkt B.2.) należy zaakceptować wybrany tryb pracy generatora poprzez naciśnięcie przycisku *Output* (6 na Zdjęciu 3). Przycisk ulegnie podświetleniu.
2. Ponowne naciśnięcie przycisku *Output* spowoduje wyłączenie trybu pracy i wygaszenie podświetlenia.

D. Wyłączanie generatora

1. Wyłączyć tryb pracy (patrz C.2.).
2. Wyłączyć generator.

Dodatek C

Pomiar odległości pomiędzy prążkami dyfrakcyjnymi z wykorzystaniem programu *NI Vision Assistant 2009*





Rysunek 4. Okno programu *NI Vision Assistant*: 1 – panel wyboru funkcji; 2 – panel wyboru obrazu; 3 – panel podglądu obrazu; 4 – panel edycji skryptu.

A. Informacje ogólne.


Oprogramowanie *National Instruments Vision Assistant* oferuje możliwość dokonywania odczytów geometrycznych własności obiektów przedstawionych na obrazach rastrowych, takich jak odległości między punktami, pola powierzchni, średnice itp. Program obsługuje większość z dostępnych obecnie, popularnych formatów grafiki rastrowej (m. in. *.bmp, *.jpg, *.tif, *.png).





Lista czynności kolejno wykonywanych za pośrednictwem programu *NI Vision Assistant*, takich jak transformacje obrazu, pomiary odległości czy konwersje, zapisywana jest w postaci skryptu, wyświetlonego w panelu edycji skryptu (4, Rysunek 4).

Każdy z kroków skryptu może zostać usunięty z wykorzystaniem ikony , może być edytowany kliknięciem na ikonę  lub dwukrotnym kliknięciem na ikonę symbolizującą dany krok.

B. Otwieranie obrazów i przygotowywanie ich do edycji.

1. Otwieranie obrazu (obrazów) w programie *NI Vision Assistant* następuje na dwa sposoby:

- a) kliknąć przycisk  na pasku narzędzi w głównym oknie programu (lub wybrać polecenie *Open Image...* w menu *File*), następnie wybrać obraz (obrazy) i kliknąć przycisk *Otwórz*;

- b) przejść do przeglądarki obrazów, klikając kolejno polecenie *Browse Images* umieszczone w prawej części paska narzędzi głównego okna programu, przycisk  umieszczony na dole ekranu a następnie wybrać obraz (obrazy) i kliknąć przycisk *Otwórz*.
2. Po otwarciu żądanego obrazu (obrazów) można rozpocząć jego edycję i wykonywanie pomiarów. Wszystkie operacje są przeprowadzane na karcie przetwarzania obrazów, aktywowanej poprzez kliknięcie polecenia *Process Image*, umieszczonego w prawej części paska narzędzi głównego okna programu.
3. W każdej chwili można zmienić obraz aktualnie poddawany operacjom na karcie *Process Image*, klikając przyciski  w panelu wyboru obrazu (2, *Rysunek 4*) bądź przechodząc do przeglądarki (polecenie *Browse Images*) i dwukrotnie klikając miniaturę wybranego obrazu (lub zaznaczając wybraną miniaturę pojedynczym kliknięciem myszy i przechodząc na kartę *Process Image*).
4. Aby dodać nowe obrazy do przeglądarki, należy kliknąć przycisk  umieszczony na dole ekranu, następnie wybrać obraz (obrazy) i kliknąć przycisk *Otwórz*. W zależności od preferencji, udzielić odpowiedzi twierdzącej lub przeczącej na wyświetlone w oknie dialogowym pytanie o zastąpienie obrazów już istniejących w przeglądarce obrazami nowo wybranymi.
5. Kliknięcie przycisku  w przeglądarce obrazów pozwala przełączać się pomiędzy widokami siatki miniaturki a podglądem pojedynczego obrazu na całym ekranie.



Wskazówka

Jeżeli po otwarciu, obraz (obrazy) są wyświetlane jako zupełnie czarne, należy dokonać konwersji pliku, zmieniając ich głębię bitową. W tym celu należy:

1. zaznaczyć właściwy obraz i przejść na kartę edycji (*Process Image*);
2. z menu *Greyscale* wybrać polecenie *Conversion*, po czym w panelu wyboru funkcji (1, *Rysunek 4*) wybrać z listy pozycję *8-bit [0, 255]* i potwierdzić wybór, klikając przycisk *OK*.

Przekształcony obraz można następnie zapisać, wybierając polecenie *Save Image* z menu *File*.

C. Dokonywanie pomiarów odległości między punktami.

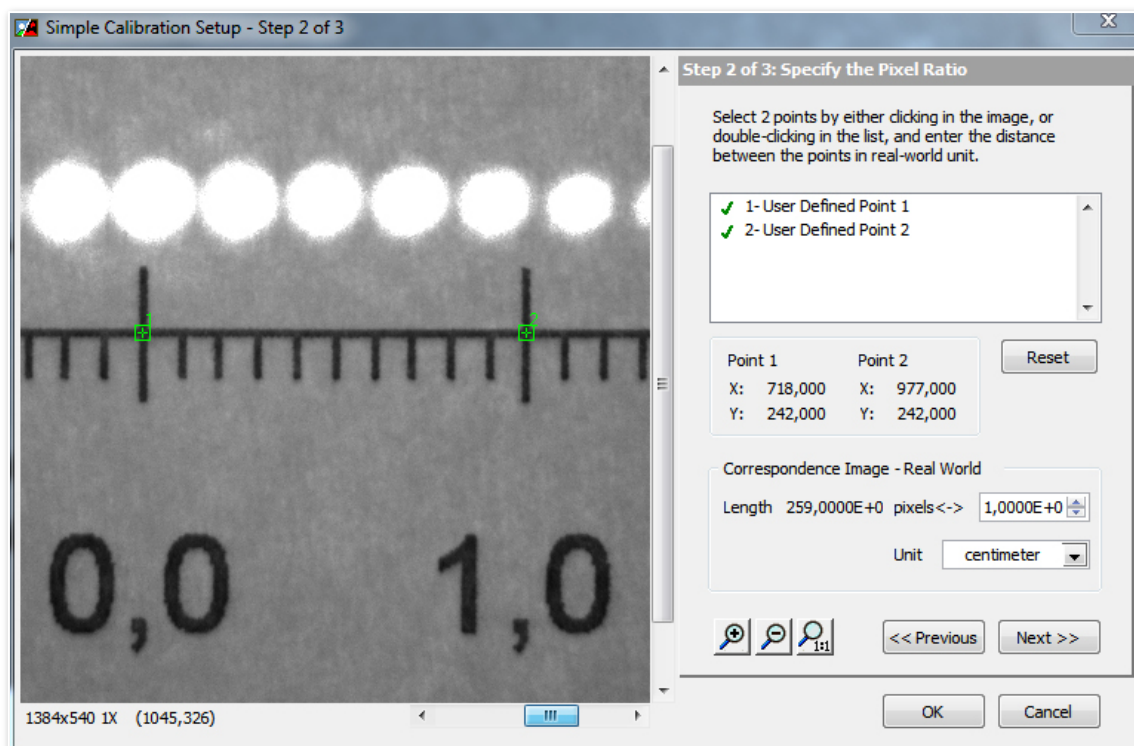
Program *NI Vision Assistant* pozwala na wykonywanie pomiarów odległości między punktami na obrazach, transformując odległość wyrażoną w pikselach na odległość wyrażoną w jednostkach rzeczywistych. Aby było to możliwe, należy dokonać kalibracji obrazu.

Kalibracja obrazu.

1. Z menu *Image* wybrać polecenie *Image Calibration*. Zostanie wyświetlone okno kreatora kalibracji.
2. Upewnić się, że zaznaczona jest pierwsza z opcji - *Simple Calibration*. Kliknąć przycisk *OK*.
3. W kroku 1 (*Step 1 of 3*) zostanie wyświetlony podgląd aktualnie otwartego obrazu. Upewniając się, że zaznaczono typ kwadratowy pikseli (*Square*), kliknąć przycisk *Next*.

4. W kroku 2 (*Step 2 of 3*) należy wskazać dwa punkty na obrazie, stanowiące końce odcinka o znanej rzeczywistej długości (np. dwa punkty na podziאלce centymetrowej widocznego na obrazie ekranu), klikając w odpowiednich miejscach na podglądzie.

W pole liczbowe w sekcji *Correspondance Image – Real World* należy wpisać fizyczną odległość wzorcową między zaznaczonymi punktami i wybrać odpowiednią jednostkę (patrz *Rysunek 5*).

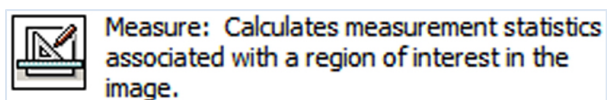


Rysunek 5. Okno kreatora kalibracji obrazu w programie NI Vision Assistant (na podgląd obrazu naniesiono punkty, stanowiące końce odcinka o znanej długości fizycznej (1 cm)).

5. Po ustaleniu odległości wzorcowej, kliknąć przycisk *Next* a następnie *OK*.
Okno kreatora zostanie zamknięte.
6. Potwierdzić dane kalibracji obrazu, klikając przycisk *OK* w panelu wyboru funkcji (1, *Rysunek 4*).

Wykonywanie pomiarów odległości na obrazach

1. Po dokonaniu kalibracji obrazu, można dokonywać pomiarów fizycznych odległości między punktami. W tym celu w panelu wyboru funkcji (1, *Rysunek 4*) należy kliknąć narzędzie *Measure*:



2. W liście możliwych typów pomiarów w panelu funkcji (teraz zatytułowanym *Measure Setup*) zaznaczyć pozycję *Length*.

3. Z pomocą myszy narysować na podglądzie obrazu odcinek między punktami, których odległość jest przedmiotem pomiaru.

Długość odcinka w jednostkach fizycznych zostanie wyświetlona w tabeli pomiarów w oknie edycji skryptu (*Length = ...*).

4. Można dokonywać serii pomiarów odległości, rysując nowe odcinki.

Każdy z pomiarów zostanie zapisany w tabeli w osobnym wierszu.

5. Uzyskane dane można zapisać w postaci pliku tekstowego lub umieścić w arkuszu kalkulacyjnym programu *Microsoft Excel*. W tym celu należy kliknąć jeden z przycisków umieszczonych po prawej stronie panelu edycji skryptu (*Save Results* lub *Send Data To Excel*). Uzyskany plik tekstowy można następnie zaimportować do dowolnego programu używanego do obróbki i wizualizacji danych numerycznych (np. *Origin*, *Sigma Plot* i inne).

6. Aby zakończyć pracę z narzędziem *Measure*, należy kliknąć przycisk *OK* w panelu *Measure Setup*.

W każdej chwili można wrócić do rezultatów pomiarów (lub wykonać kolejne), klikając dwukrotnie ikonę kroku oznaczonego nazwą *Measure* w oknie edycji skryptu.