

LABORATORIUM LASEROWE TECHNIKI  
OBRÓBKI I WYTWARZANIA

Instrukcja do ćwiczenia 2

**POMIAR ŚREDNICY WIĄZKI LASEROWEJ**

## Zagadnienia do samodzielnego opracowania:

Równanie fali i definicje występujących w nim wielkości, laser, charakterystyczne cechy promieniowania laserowego; energia, moc i natężenie światła oraz ich jednostki.

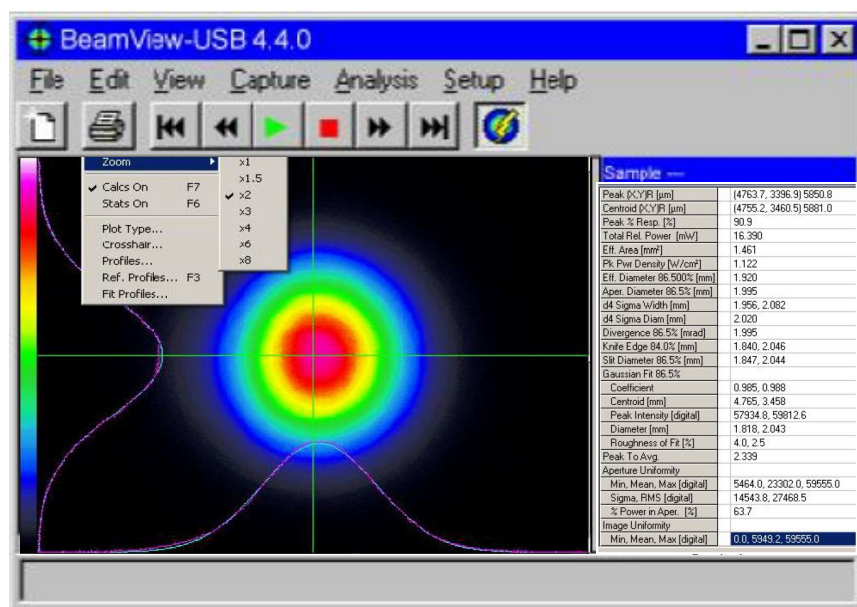
## Wprowadzenie teoretyczne

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z cyfrowymi metodami badania wiązki laserowej za pomocą specjalistycznego oprzyrządowania połączonego z programem komputerowym.

Do badania zostanie użyty zestaw pomiarowy firmy Beam View składający się z kamery oraz oprogramowania do badania wiązki laserowej:

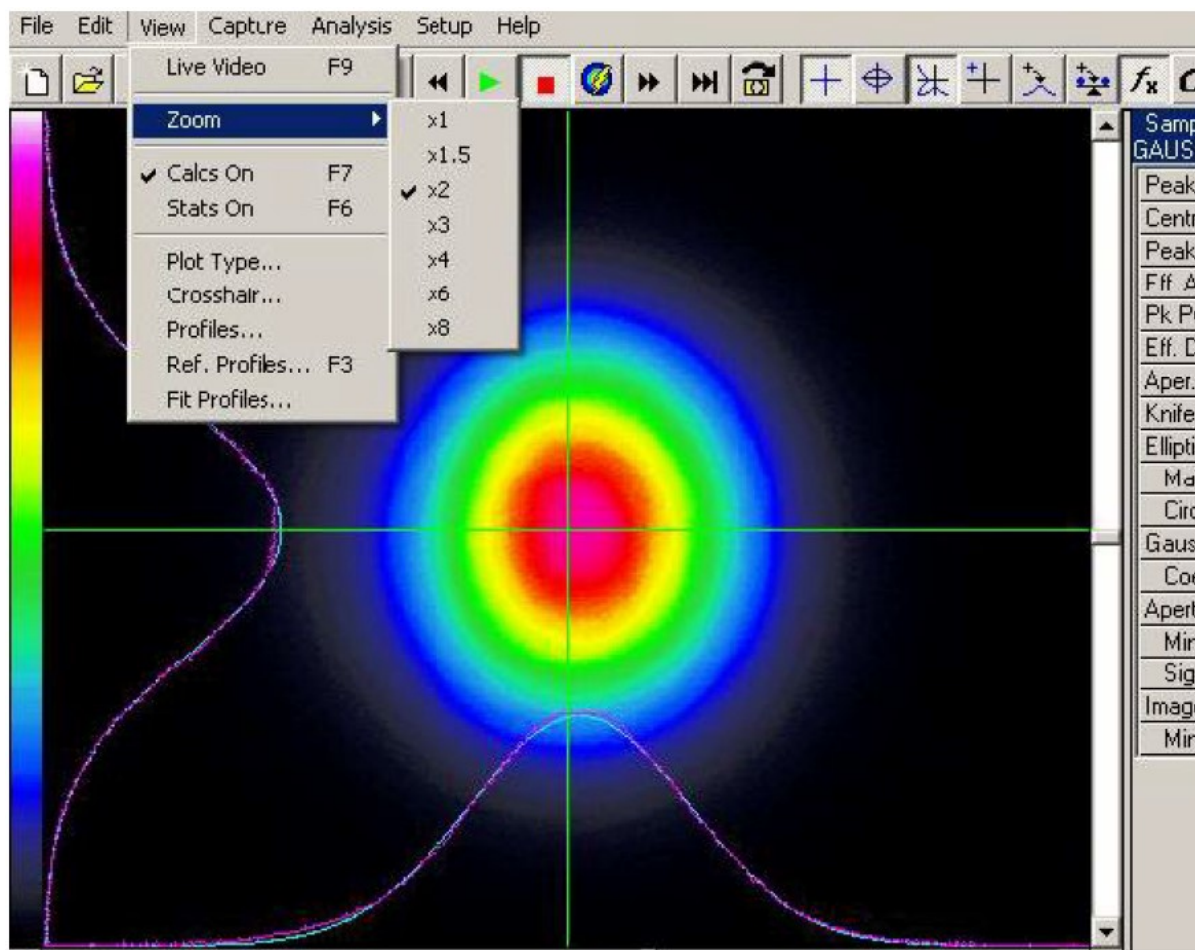
1. LaserCam-HR jest cyfrową kamerą przeznaczoną do rejestrowania i analizy profilu wiązki laserowej. Charakteryzuje się dobrym stosunkiem sygnału do szumu oraz liniowością i jednorodnością pomiarów.
2. Program Beam View jest wygodnym narzędziem do wizualizacji i pomiaru parametrów wiązki laserowej. W programie ustawiono automatyczne obliczanie parametrów wiązki takich jak: średnica wiązki, kołowość, współczynnik dopasowania krzywej Gaussa.

Główną część okna programu zajmuje po lewej stronie obszar wizualizacji obrazu otrzymanego za pomocą kamery a po prawej stronie tekstowy obszar wyników analizy przeprowadzanej przez program (Rys. 1).



Rys. 1. Okno programu

Obszar wizualizacji przedstawiony jest osobno na Rys. 2. Obrazuje on rozkład natężenia światła w płaszczyźnie poprzecznego przekroju wiązki laserowej, która pada na kamerę podłączoną do złącza USB komputera. Poszczególne kolory odwzorowują skalę natężenia światła, od najniższego mierzalnego natężenia – kolor czarny, poprzez wszystkie kolory przedstawione na pasku po lewej stronie obszaru wizualizacji, aż do największego mierzalnego natężenia – kolor biały.



Rys. 2. Obszar wizualizacji

Widoczne także są dwie krzyżujące się zielone linie – pionowa i pozioma. Wzdłuż tych linii jest automatycznie skanowane natężenie światła  $I$ , a wynik tego skanowania przedstawiony jest w postaci dwóch wykresów  $I(x)$  i  $I(y)$ , zwanych profilami, widocznych przy dolnej i lewej krawędzi całego obszaru wizualizacji. Oba profile – kolor fioletowy – nie są gładkie z powodu skończonej rozdzielczości pomiaru i (niewielkich) przypadkowych błędów pomiarowych. W tle tych linii widoczne są także gładkie linie koloru niebiesko-zielonego dopasowane do powyższych punktów pomiarowych. Dopasowane linie są wykresami funkcji Gaussa

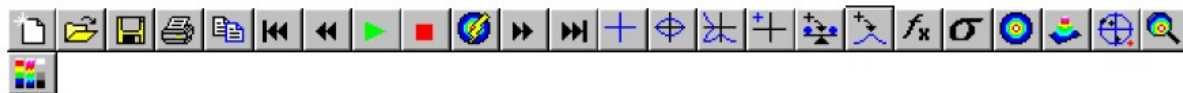
$$I(r) = I_{\max} \exp \left[ -2 \left( \frac{r - r_0}{w} \right)^2 \right]$$

która przedstawia teoretyczną zależność  $I(r)$  dla idealnej wiązki światła laserowego. W powyższym wzorze  $r$  może być współrzędną skanowania  $x$  lub  $y$  dla odpowiedniej z dwóch linii,  $r_0$  jest współrzędną  $x$  lub  $y$  maksimum natężenia, a  $w$  jest standardowym (umownym) promieniem wiązki ( $2w$  to standardowa średnica wiązki).

Po kliknięciu w okolice przecięcia się obu linii można przesuwać położenie tego przecięcia. Każdą linię można też osobno przesuwać po kliknięciu na nią. Natomiast po kliknięciu prawym klawiszem myszki w okolice przecięcia się obu linii można przejść w tryb obracania linii (znaczy to, że linie  $x$  i  $y$  nie muszą być poziome i pionowe). Wyjście z trybu obracania odbywa się także przez kliknięcie prawym klawiszem myszki.

Dane pomiarowe  $I(x)$  i  $I(y)$  otrzymane ze skanowania wzdłuż obu linii mogą być także zapisane w pliku.

Menu programu przedstawiono na Rys. 3, a wyjaśnienie jego poszczególnych funkcji – na Rys. 4, 5 i 6.





Rys. 3. Menu programu

	Czyszczenie bufora danych
	Otwórz plik tekstowy z danymi
	Zapisz dane w pliku tekstowym
	Drukuj
	Kopiuj wykres, wyniki analizy lub informację testową
	Ciągła praca analizatora danych
	Zamrożenie analizatora danych
	Tryb Video na żywo
	Analiza danych On/Off
	Statystyka On/Off
	Wykres konturowy
	Wykres 3D
	Wykres biegunowy (niewidoczny w trybie Video na żywo)
	Powiększenie
	Paleta kolorów wyświetlania wykresu

Rys. 4. Podstawowe funkcje menu

	Kursor krzyżowy On/Off
	Apertura On/Off
	Profile On/Off
	Ustawienia linii profili
	Pozycja odniesienia On/Off

Rys. 5. Dodatkowe funkcje menu

[Left Mouse Button]	Przesuwanie linii profili
	Przesunięcie linii profili na wyważony środek wiązki
	Przesunięcie linii profili na pik natężenia

Rys. 6. Menu przesuwania linii profili

Gdy włączony jest przycisk menu  $\bar{f}_x$ , w prawej części okna programu widoczne są wyniki analizy obrazu wiązki laserowej (Rys. 7).

1	Peak (X,Y)R [ $\mu\text{m}$ ]	(4763.7, 3396.9) 5850.8
2	Centroid (X,Y)R [ $\mu\text{m}$ ]	(4755.2, 3460.5) 5881.0
3	Peak % Resp. [%]	90.9
4	Total Rel. Power [mW]	16.390
5	Eff. Area [ $\text{mm}^2$ ]	1.461
6	Pk Pwr Density [ $\text{W}/\text{cm}^2$ ]	1.122
7	Eff. Diameter 86.500% [mm]	1.920
8	Aper. Diameter 86.5% [mm]	1.995
9	d4 Sigma Width [mm]	1.956, 2.082
10	d4 Sigma Diam [mm]	2.020
11	Divergence 86.5% [mrad]	1.995
12	Knife Edge 84.0% [mm]	1.840, 2.046
13	Slit Diameter 86.5% [mm]	1.847, 2.044
14	Gaussian Fit 86.5%	
15	Coefficient	0.985, 0.988
16	Centroid [mm]	4.765, 3.458
17	Peak Intensity [digital]	57934.8, 59812.6
18	Diameter [mm]	1.818, 2.043
19	Roughness of Fit [%]	4.0, 2.5
20	Peak To Avg.	2.339
21	Aperture Uniformity	
22	Min, Mean, Max [digital]	5464.0, 23302.0, 59555.0
23	Sigma, RMS [digital]	14543.8, 27468.5
24	% Power in Aper. [%]	63.7
25	Image Uniformity	
26	Min, Mean, Max [digital]	0.0, 5949.2, 59555.0

Rys. 7. Obszar analizy

## Przebieg doświadczenia

1. Upewnić się, że przewidywany przebieg wiązki laserowej nie obejmuje oczu uczestników (nikt nie siedzi). Włączyć zasilacz lasera He-Ne. Upewnić się, że kamera jest podłączona do wejścia USB komputera a następnie uruchomić program Beam View.
2. Za pomocą lustra nakierować wiązkę światła laserowego na kamerę. Skontrolować obraz wiązki laserowej w programie, czy nie jest przesterowany (biały kolor w centrum obrazu) i ewentualnie odpowiednio ustawić czułość lub zastosować filtr optyczny.
3. Wyłączyć aktualizację danych za pomocą przycisku menu (czerwony kwadracik).
4. W obszarze wizualizacji przesunąć przecięcie linii profili na środek wiązki (ręcznie albo za pomocą przycisku menu z Rys. 6) oraz ewentualnie obrócić linie tak, aby jedna biegła wzdłuż największej rozpiętości obrazu wiązki a druga wzdłuż najmniejszej.
5. Upewnić się, że w menu naciśnięty jest przycisk  $\boxed{fx}$  analizy danych. W obszarze wyników analizy odczytać:
  - położenie maksimum natężenia i środka natężenia (poz. 1 i 2 na Rys. 7)  
środek natężenia jest „środkiem ciężkości” obrazu z wagami równymi natężeniom poszczególnych pikseli
  - całkowitą moc (poz. 4)
  - maksymalne natężenie światła (poz. 6)
  - efektywną średnicę na poziomie 86.5% maks. natężenia (poz. 7 na Rys. 7)  
jest to średnica koła o powierzchni równej sumie powierzchni wszystkich pikseli kamery oświetlonych światłem o natężeniu większym niż ustalony procent (86.5%) maksymalnego natężenia
  - średnicę apertury czyli efektywną średnicę na poziomie 86.5% całkowitej mocy (poz. 8)  
jest to średnica koła, w którym zawiera się ustalony procent (86.5%) całkowitej mocy
  - parametry dopasowanych krzywych Gaussa wzdłuż osi x i y, w tym gaussowską średnicę (poz. 18) w obu kierunkach x i y.
  - eliptyczność wiązki, w tym: długości dużej i małej osi elipsy, orientacja kątowa osi, kołowość (stosunek długości dużej i małej osi elipsy).
6. Zapisać obraz wiązki światła laserowego

**Opracowanie wyników pomiarów** polega na wyciągnięciu wniosków z zapisanego obrazu i wyników jego analizy. Głównym celem jest odczytanie średnicy wiązki laserowej w miejscu umieszczenia kamery i interpretacja różnych sposobów pomiaru tej średnicy.

## Literatura:

- [1] R. Józwicki, Optyka laserów, WNT Warszawa 1981.
- [2] BN-86/3378-01/05.
- [3] BN-86/3378-01/06.