

LABORATORIUM LASEROWE TECHNIKI
OBRÓBKI I WYTWARZANIA

Instrukcja do ćwiczenia 7

**POMIAR CZASU TRWANIA IMPULSU
LASEROWEGO**

Zagadnienia do samodzielnego opracowania

Laser neodymowy – budowa i działanie
Parametry impulsu laserowego
Odszukiwanie danych pomiarowych metodą uśredniania
Metody uzyskiwania krótkich impulsów laserowych
Budowa i charakterystyka fotodiody
Zjawisko fotoelektryczne wewnętrzne
Oscyloskop

Część teoretyczna

Impuls laserowy – zmiana mocy promieniowania laserowego zachodząca w niewielkim czasie. Impuls laserowy uzyskiwany może być w wyniku:

- generacji swobodnej (związanej z czasem pobudzenia ośrodka aktywnego, czyli np. czasem błysku lampy),
- modulacji dobroci rezonatora laserowego (otrzymywane impulsy są krótsze (od 100 ns) niż w przypadku generacji swobodnej i mają większą moc, ale mogą mieć mniejszą energię; mówimy o powstaniu wtedy impulsu gigantycznego),
- wycięty (zawężony) poza rezonatorem za pomocą urządzeń elektrooptycznych,
- skracania metodą impulsów świergoczących (ang. chirped pulse amplification – w skrócie CPA) stosowanej w laserach femtosekundowych.

Czas trwania impulsu (szerokość impulsu) – czas, w ciągu którego wartość sygnału wynosi co najmniej 50 % wartości amplitudy impulsu

Czas narastania impulsu – czas, w ciągu którego wartość sygnału wzrasta w granicach od 10 do 90 % amplitudy impulsu

Czas opadania impulsu – czas, w ciągu którego wartość sygnału maleje w granicach od 10 do 90 % amplitudy impulsu

Impuls laserowy otrzymywany jest w wyniku generacji swobodnej.

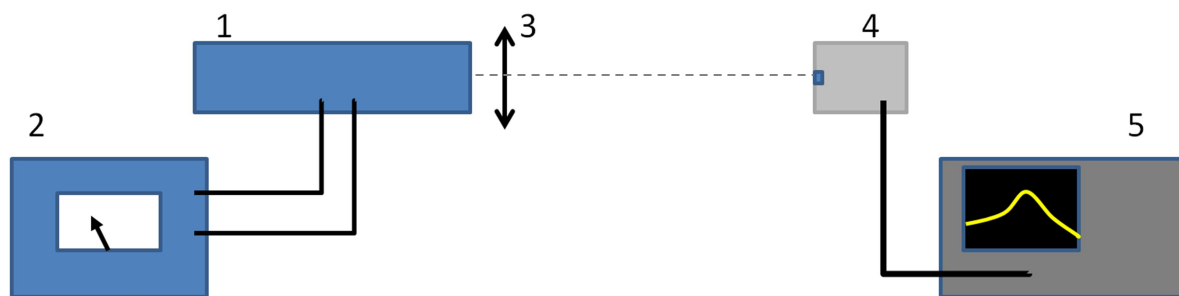
Dobroć rezonatora laserowego – bezwymiarowy parametr określający zdolność rezonatora do gromadzenia energii. Parametr ten charakteryzuje straty energii w rezonatorze laserowym (straty wewnętrzne, straty wynikające z transmisji zwierciadeł). Parametr ten odpowiada stosunkowi energii zgromadzonej wewnątrz rezonatora do energii traconej w jednym przejściu fali w rezonatorze.

Modulacja dobroci rezonatora laserowego odbywa się aktywnie poprzez zastosowanie komórek Pockelsa, komórek Kerra, komórek akustooptycznych lub pasywnie poprzez zastosowanie nieliniowych absorbentów do wnętrza rezonatora laserowego.

Fotodiody przeznaczone są do detekcji światła. Pracują w polaryzacji zaporowej, oświetlenie powoduje generowanie par elektron-dziura w złączu p-n (lub p-i-n) i zwiększenie prądu diody przy tej zaporowej polaryzacji.

Przebieg doświadczenia

Za pomocą układu złożonego z impulsowego lasera neodymowego, soczewki rozpraszającej promieniowanie, detektora w postaci fotodiody (diody pin) oraz podłączonego do niej oscyloskopu (rys. 1) zarejestrować zmianę napięcia wygenerowaną na zaciskach diody przez wygenerowany impuls świetlny. Zapisać dane w postaci plików w formacie CSV oraz w postaci plików graficznych (np.: png).



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego. 1) laser neodymowy, 2) zasilacz lasera, 3) soczewka rozpraszająca, 4) fotodioda, 5) oscyloskop.

Użyta soczewka poszerza wiązkę laserową, tak żeby nie była przekroczona maksymalna gęstość mocy światła padającego na fotodiode. Unikamy w ten sposób jej zniszczenia.

Jeśli tak wskaże prowadzący zajęcia, doświadczenie powtórzyć dla trzech różnych napięć zasilających lampę błyskową wzbudzającą ośrodek czynny lasera.

Opracowanie danych pomiarowych

Narysować wykresy zależności zmiany napięcia generowanego na fotodiodzie w funkcji czasu dla wszystkich napięć zasilających lampę wyładowczą. W tym celu należy:

1. W celu pozyskania danych pomiarowych odpowiednio przeformatować dane zawarte w pliku CSV. Przesunąć też dane napięcia tak, żeby najniższe napięcie wynosiło zero.
2. Z odpowiadających plikowi CSV plików graficznych odczytać wartość podstawy czasu oscyloskopu, a następnie na podstawie określenia całkowitego przedziału czasu i liczby próbek zapisanych w pliku CSV określić odległość czasową Δt pomiędzy sąsiednimi próbkami. Na tej podstawie należy wygenerować listę chwil czasu, w których odbywały się kolejne pomiary napięcia w oscyloskopie.
3. Odfiltrować szum dla każdego punktu, uśredniając wartości dla określonej liczby n punktów z bezpośredniego otoczenia danego punktu pomiarowego (filtr uśredniający). Liczbę n uśrednianych wartości z otoczenia danego punktu pomiarowego należy dobrać doświadczalnie. Powinna to być liczba nieparzysta (np. $n = 3, 5, 7$ lub 9). Oczywiście $(n-1)/2$ punktów na początku i na końcu

przebiegu pozostanie nieuśrednionych.

Przy dobrze dobranej liczbie n uśrednianych wartości krzywa pomiarowa powinna być jak najbardziej gładka, ale zniekształcenia jej przebiegu, zwłaszcza w pobliżu gwałtownych zmian krzywej (np. w maksimum) powinny być możliwie małe.

4. Wygenerować wykresy przebiegu przed redukcją szumu i przebiegu po redukcji. Na osobnym wykresie przedstawić powiększony nieodszumiony i odszumiony przebieg w pobliżu maksimum w celu kontroli jakości redukcji szumu.
5. Dla każdego z napięć zasilających określić wartość maksymalnego napięcia wygenerowanego na fotoogniwie. Następnie na tej podstawie określić czas trwania, czas narastania oraz czas opadania impulsu laserowego. Wyniki zapisać w tabeli.
6. Ponieważ napięcie U generowane przez fotodiode i mierzone przez oscyloskop jest proporcjonalne do mocy P impulsu laserowego, czyli

$$P=k \cdot U \quad (1)$$

gdzie k jest pewną stałą,

to napięcie to należy przeskalować na moc.

W celu znalezienia współczynnika k posługujemy się następującym rozumowaniem:

Całka po czasie z przebiegu mocy powinna być równa całkowitej energii impulsu laserowego

$$\int_0^{t_{max}} P(t) dt = E$$

Zdanie to przetłumaczone na język obliczeń numerycznych brzmi następująco – suma elementarnych energii impulsu dla poszczególnych chwil czasu powinna być równa całkowitej energii impulsu

$$\sum_{i=1}^N E_i = E$$

czyli po wstawieniu związku między mocą a energią $E_i = P_i \cdot \Delta t$

$$\sum_{i=1}^N P_i \Delta t = E$$

Ponieważ chwilowa moc jest proporcjonalna do napięcia fotodiody, czyli $P_i = k \cdot U_i$, to

$$\sum_{i=1}^N k U_i \Delta t = E$$

Wynosząc stałe wielkości przed sumę

$$k \Delta t \sum_{i=1}^N U_i = E$$

można obliczyć współczynnik proporcjonalności

$$k = \frac{E}{\Delta t \sum_{i=1}^N U_i} \quad (2)$$

gdzie N jest liczbą próbek w badanym przebiegu, a E jest całkowitą energią impulsu laserowego otrzymaną z poprzedniego ćwiczenia laboratoryjnego.

Widać, że w celu obliczenia k należy scałkować numerycznie zmierzony przebieg napięcia, dodając wszystkie jego wartości.

Oczywiście napięcie przeskalowujemy na moc za pomocą zależności (1).

7. Wykonać wykres przebiegu mocy impulsu laserowego.
8. Przeanalizować otrzymane wyniki i zapisać odpowiednie wnioski.

Literatura.

1. S. R. Meyer – Ardent: Wstęp do optyki , PWN W-wa 1997.
2. H. Klejman: Lasery, PWN W-wa 1977.
3. W. Wyrębski: Lasery właściwości budowa zastosowania specjalne, MON W-wa 1975.