



Politechnika Wrocławska

Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów



## FOTONIKA (W12IMM-SI0012L)

### Laboratorium nr 1

#### Wprowadzenie do laboratorium

Opracował: Ryszard Korbutowicz

#### I. Ustalenia organizacyjne

Obecność na pierwszym terminie zajęć (ćw. nr 1) jest bezwzględnie obowiązkowa ze względu na szkolenie BHP. Bez zaliczenia szkolenia nie można uczestniczyć w dalszych zajęciach.

#### 1. Cel zajęć

- 1) Zapoznanie z Laboratorium oraz szkolenie BHP
- 2) Zasady posługiwania się przyrządami pomiarowymi

#### 2. Program zajęć

##### A. Organizacja grupy

Studenci wykonują ćwiczenia w sekcjach 2-osobowych wg numeracji zgodnej z programem Laboratorium w terminie wynikającym z harmonogramu zajęć w sali 413 bud. C2 (tablica przed salą oraz do pobrania ze strony [lpp.pwr.edu.pl](http://lpp.pwr.edu.pl)) .

##### B. Realizacja programu Laboratorium

- 1) Studenta obowiązuje, po uprzednim przygotowaniu się, wykonanie i zaliczenie ośmiu merytorycznych ćwiczeń tematycznych (od nr 2 do nr 9) określonych programem Laboratorium MEO. Zajęcia trwają trzy godziny lekcyjne (bez przerwy), czyli 135 minut.
- 2) Student może mieć w semestrze nie więcej niż dwie nieobecności (fizyczna nieobecność lub brak wiedzy). Każda nieobecność wymaga odbycia zajęć obróbczych. Przekroczenie tej liczby wymagać będzie (w sytuacjach szczególnych i udokumentowanych) zgody Dziekana na kontynuację zajęć w semestrze.
- 3) Sprawdzenie stopnia przygotowania do zajęć odbywać się będzie (w zasadzie) w postaci kartkówki. Oceniana też będzie **poprawność** oraz **sprawność** wykonania ćwiczenia.
- 4) Grupa ćwiczeniowa wykonuje jedno sprawozdanie oddawane w terminie zajęć (papier formatu A3 – papier kancelaryjny w kratkę, z nagłówkiem pieczętkowym).

**Podczas zajęć należy przestrzegać przepisów BHP**

Sprawozdanie powinno zawierać:

- \* zapis wyników pomiarów (tabele pomiarowe i wykresy) przeprowadzonych podczas zajęć i opisanych zależności funkcyjnych (typ badanego elementu, właściwy opis osi wykresu z podaniem wielkości mierzonych i ich jednostek) – wykresy na papierze milimetrowym ewentualnie z programu Origin (użycie arkuszy kalkulacyjnych programów typu MS Excel lub OO Calc jest niedopuszczalne),
- \* wyniki wykonanych obliczeń z przedstawieniem sposobu obliczania oraz określeniem na wykresach przedziałów zmian wartości mierzonych (kłady na osie), które są w nich wykorzystywane,
- \* ocenę pomiarów i wnioski odnoszące się do poprawności wykonania pomiarów,

**Uwaga!** Wniosek typu: „Wyniki zgodne z oczekiwaniami” oznaczać może konieczność powtórzenia ćwiczenia.

\* właściwości badanych elementów (z uwzględnieniem danych katalogowych badanych elementów). Jeśli dane pomiarowe zostały zebrane przez program komputerowy, to należy je przesłać e-mailem do Prowadzącego.

Sprawozdanie, po ocenieniu przez Prowadzącego, jest udostępnione do wglądu studentom w terminie następnych zajęć, po czym przechowywane jest przez Prowadzącego do końca semestru.

5) Odrabianie ćwiczeń niezrealizowanych możliwe jest tylko w tygodniu odróbczym. Harmonogram tych zajęć określony zostanie w tygodniu poprzedzającym ostatnie zajęcia kursowe w semestrze.

6) W czasie trwania ostatnich zajęć kursowych może być przeprowadzona wśród studentów anonimowa ankieta dotycząca oceny zajęć.

### C. Zasady porządkowe obowiązujące w Laboratorium

- 1) Studenta wykonującego pomiary w Laboratorium obowiązuje przestrzeganie przepisów BHP związanych z obsługą urządzeń elektrycznych oraz emiterów światła.
- 2) Informacje dotyczące wypadków podczas zajęć, a także dotyczące uszkodzeń bądź nieprawidłowości w funkcjonowaniu urządzeń studenci zgłaszają prowadzącemu zajęcia.
- 3) Przed rozmontowaniem układów pomiarowych należy zgłosić prowadzącemu zakończenie pracy.
- 4) Po wykonaniu pomiarów grupa laboratoryjna zobowiązana jest do pozostawienia porządku na stanowisku tj.: prowadzący odbiera wykonane sprawozdania przy stanowisku pomiarowym sprawdzając, czy pozostawiono porządek i czy zostało ono wyłączone. Drobnny osprzęt należy ułożyć we właściwych pojemniczkach. Pozostawienie nieładu na stanowisku może oznaczać niezaliczenia ćwiczenia.
- 5) Nieumiejętność właściwego polaryzowania elementów półprzewodnikowych prowadzić może do uszkodzenia lub zniszczenia makiet pomiarowych (lub ich elementów składowych)!
- 7) Nieprzestrzeganie wyżej wymienionych zasad regulaminu i niezgodne z przeznaczeniem użytkowanie mebli, aparatury pomiarowej, osprzętu optycznego oraz narzędzi prowadzić będzie do usunięcia z zajęć i, w dalszej konsekwencji, do niezaliczenia laboratorium.
- 8) W sali zajęciowej obowiązuje zakaz żucia gumy oraz jedzenia i picia.

## U W A G A ! ! !

Odzież wierzchnią oraz duże torby i plecaki studenci zobowiązani są do pozostawiania w szatni.

## II. Tematyka ćwiczeń

Poszczególne ćwiczenia poświęcone są teorii barwy oraz badaniu parametrów półprzewodnikowych przyrządów optoelektronicznych, a także układów zbudowanych na tych elementach.

Charakteryzacja (opis) elementu elektronicznego polega najczęściej na przedstawieniu jego charakterystyki prądowo-napięciowej, oznaczanej jako  $I-U$  lub  $I=f(U)$ , a także określeniu parametrów (dopuszczalnych, typowych), które są ważne z punktu widzenia zastosowania danego elementu w układach. Konieczne będzie również powiązanie parametrów elektrycznych z parametrami optycznymi (np. fotoprąd, moc optyczna, długość fali itp.).

### Ćwiczenia laboratoryjne

1. Wprowadzenie do zajęć, szkolenie BHP
2. Teoria barwy
3. Detektory światła – praca statyczna
4. Detektory światła – praca częstotliwościowa
5. Charakterystyki spektralne źródeł światła (LED)
6. Charakterystyki spektralne źródeł światła (LD)
7. Transoptory
8. Panele oświetleniowe
9. Ogniwa słoneczne
10. Zaliczenia, ćwiczenia odróbcze

Na stronie [lpp.pwr.edu.pl](http://lpp.pwr.edu.pl) można pobrać instrukcje do ćwiczeń. Niektóre ćwiczenia mają wspólną instrukcję merytoryczną, ale oddzielne instrukcje wykonawcze (dotyczy to ćwiczeń 3. i 4. oraz ćwiczeń 5. i 6.).

## III. Przyrządy pomiarowe i inne urządzenia

Stanowiska pomiarowe w laboratorium zestawiane są z typowych przyrządów pomiarowych i urządzeń, z których działaniem i obsługą należy się bezwzględnie zapoznać! Na zajęciach nie będzie czasu na studiowanie instrukcji obsługi.

Do podstawowych przyrządów należą:

- zasilacze napięcia stałego pracujące ze stabilizacją napięcia lub prądu,
- multimetry cyfrowe, z możliwością pomiaru wartości:  $I$ ,  $U$ ,  $R$ ,
- źródła sygnałów zmiennych – generatory funkcyjne,
- oscyloskopy cyfrowe połączone z drukarką,

Materiały z instrukcjami obsługi są dostępne na stronie:

<http://lpp.pwr.edu.pl/materiały-dydaktyczne>

i należy rozwinąć zakładkę **materiały uzupełniające** i pobrać właściwą instrukcję.

Używane też będą urządzenia specjalistyczne:

- spektrometry firmy StellarNet: *Bluewave* i *Greenwave* do określania m.in. długości emitowanej fali świetlnej, gęstości mocy optycznej, natężenia oświetlenia, temperatury barwowej. Skróconą instrukcję obsługi spektrometrów oraz programu SpectraWiz zamieszczono na końcu tej instrukcji (dodatkowo: *vide* wykład).

**Proszę się zapoznać z pomocami dostępnymi na podanej stronie internetowej.**

Niektóre ćwiczenia prowadzone są z wykorzystaniem zestawów komputerowych z magistralą GPIB, RS-232 lub USB do zbierania i obróbki danych pomiarowych.

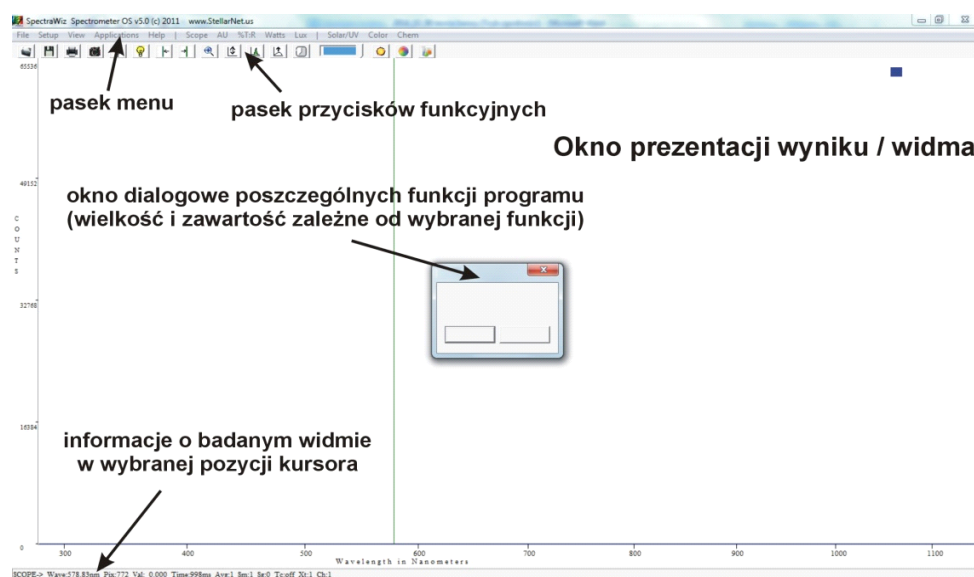
Większość ćwiczeń wymaga nie tylko umiejętności obsługi przyrządów pomiarowych, ale także zmontowania stanowisk z użyciem profesjonalnego osprzętu optycznego: perforowane optyczne płyty montażowe, postumenty pozycjonujące źródła światła i detektory, uchwyty światłowodów ze złączkami SMA itp. Montaż należy przeprowadzić **starannie** i **uważnie**, aby nie uszkodzić sprzętu. Na stanowiskach dostępne są m.in. śrubokręty, klucze imbusowe odpowiedniego rozmiaru, śruby...

Część ćwiczeń korzysta z przygotowanych wcześniej makiet pomiarowych. Opis ich jest dostępny w instrukcjach. Konieczne jest wcześniejsze zapoznanie się z tym opisem (pytania na kartkówkach mogą dotyczyć zasad sterowania pracą badanego elementu optoelektronicznego lub układów pomiarowych (w tym makiet zamieszczonych w instrukcji). Niezależnie od tego, umiejętność właściwej polaryzacji diod (detektory i emitery) oraz tranzystorów może być kluczowa (ale niewystarczająca) do uzyskania zaliczenia kursu.

**SPEKTROMETR OPTYCZNY (bardzo skrócona instrukcja)**

Spektrometr optyczny GreenWave (*BlueWave*) UV-VIS firmy StellarNet jest przenośnym urządzeniem służącym do analizy promieniowania świetlnego. Jego kompaktowa, zwarta konstrukcja jest pozbawiona elementów ruchomych, jednak **jest to urządzenie precyzyjne, wymagające szczególnej uwagi podczas pracy. Nie można narażać spektrometru na wstrząsy lub uderzenia z uwagi na precyzyjnie skalibrowany przez producenta układ optyczny. Nie należy w sposób ciągły narażać matrycy detektorów spektrometru na zbyt dużą moc promieniowania z uwagi na bardzo czuły układ detekcji.** Miniaturowy spektrometr optyczny jest urządzeniem bezobsługowym i oprócz podłączenia światłowodu wprowadzającego światło wraz z ewentualnymi elementami wyposażenia nie wymaga dodatkowych czynności.





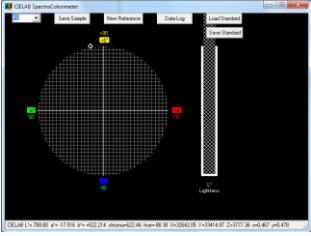
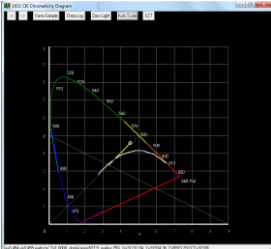
Spektrometr należy podłączyć do komputera wykorzystując port USB, który zapewnia również zasilanie spektrometru. Widok okna głównego oprogramowania „*SpectraWiz*”, sterującego spektrometrem, przedstawiono na rysunku 1.



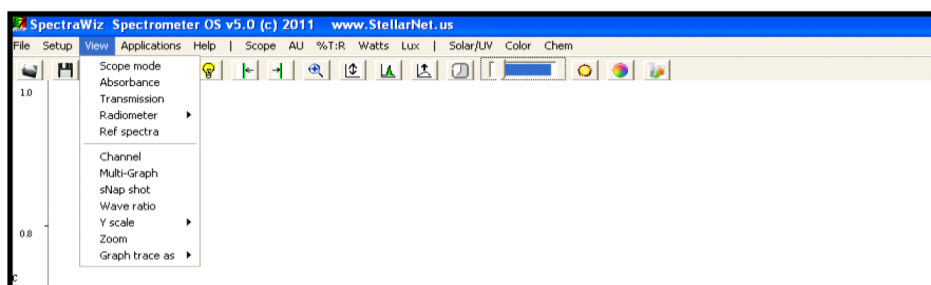
Rys. 1. Widok okna głównego oprogramowania „*SpectraWiz*”

Poniżej podano i wyjaśniono główne funkcje dostępne w pasku przycisków funkcyjnych.

	Otwórz zapisany wcześniej plik
	Zapisz obserwowane spektrum
	Drukuj
	Kliknij lewym przyciskiem myszy, aby zatrzymać wyświetlane widmo, kliknij ponownie w celu odświeżenia pomiaru. Kliknij prawym przyciskiem myszy, aby skopiować wykres do schowka.
	Zapisz widmo ciemne (widmo tła)
	Zapisz widmo referencyjne
	Przesuń kursor w prawo/w lewo
	Po przeciągnięciu myszką w oknie głównym programu i powiększeniu fragmentu widma, przywraca widok całego zakresu
	Przeskalowanie automatyczne osi Y

	Analiza piku. Podaje dane wynikające z analizy obserwowanego sygnału (długość fali w maksimum intensywności piku, szerokość połówkową...)
	Automatycznie dobierany czas integracji sygnału
	Ręcznie dobierany czas integracji sygnału (podać wartość po naciśnięciu ikony z zegarem lub przesunąć suwak)
	<p>Funkcje analizy kolorymetrycznej badanego widma (dostępne dla kalibrowanych układów w trybie pomiaru „Radiometer”):</p> <p>* w trybie pomiaru reflektancji możliwa jest analiza kolorów dominujących uwzględniając standardowe źródła światła definiowane przez CIE</p>  <p>* w trybie pomiarów radiometrycznych (LUX) możliwa jest analiza barw zgodnie z diagramem chromaticzności</p> 

Spektrometr może pracować w różnych trybach pracy, wyświetlając mierzone widmo i parametry analizowanego promieniowania bądź obiektu stosownie do wybranego trybu. Tryby pracy można przełączać wybierając je z głównego paska menu lub rozwijanego menu *View* (rys. 2.):



Rys. 2. Widok paska menu głównego z rozwiniętym paskiem wyboru trybu pracy

- **Scope mode** – tryb obserwacji widma emisji (LED, lasery, światło słoneczne, fluorescencja...). Jest to domyślny tryb przy rozruchu programu, który wyświetla nieskompensowane/względne dane obserwowanego spektrum. Sygnał z każdego piksela matrycy CCD jest wyświetlany na osi x jako długość fali w nanometrach. Widok obserwowanego spektrum zmienia się w zależności od następujących parametrów: czas integracji sygnału, ilość pomiarów uwzględnionych przy uśrednieniu, kompensacji temperatury.
- **AU** – tryb pomiaru absorpcji ABS – wymagany jest pomiar referencyjny widma ciemnego i referencyjnego


$$ABS = \log \left( \frac{I_0}{I} \right) \quad A_n = - \log \left( \frac{\text{sample}_n - \text{dark}_n}{\text{ref}_n - \text{dark}_n} \right)$$

- **%T:R** – tryb pomiaru transmitancji T lub reflektancji R – wymagany jest pomiar referencyjny widma ciemnego i referencyjnego

$$R, T = \frac{I}{I_0} \quad T_n = \left( \frac{\text{sample}_n - \text{dark}_n}{\text{ref}_n - \text{dark}_n} \right) \times 100$$

- **Radiometer** – tryb pomiaru natężenia oświetlenia umożliwiający pomiar i wyświetlenie widma m.in. w następujących jednostkach:
  - wat na metr kwadratowy (W/m<sup>2</sup>)
  - mikrowat na centymetr kwadratowy (μW/cm<sup>2</sup>)
  - lumen na metr kwadratowy LUX (*illuminance*)

Ten tryb pracy zapewnia skalibrowany sposób wyświetlania mierzonych danych. W celu skorzystania z tego trybu pracy, urządzenie wymaga podania plików z danymi kalibracyjnymi spektrometru do poszczególnych komponentów firmowego wyposażenia (np. kula całkująca, receptor kosinusowy).

Każdy tryb pracy wymaga wycięcia promieniowania obecnego w otoczeniu z wyniku pomiaru. W tym celu należy prawidłowo określić widmo ciemne czyli wykonać następujące czynności: Przełączyć się na tryb „*Scope mode*” i dobrać takie warunki pracy układu pomiarowego, aby nie dochodziło do nasycania się matrycy detektorów (dobrać odpowiedni czas integracji sygnału lub wyregulować badane źródło światła). Wyłączyć źródło światła lub całkowicie czymś je zasłonić. Zapisać widmo ciemne (symbol zgaszonej żarówki ).

Szczegóły na uczelnianej stronie [lpp.pwr.edu.pl](http://lpp.pwr.edu.pl) (pliki help i pliki avi).