



Politechnika Wrocławska

Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów



## Optoelektronika W12IEA-SI0031L

### Laboratorium nr 8

### Półprzewodnikowe urządzenia oświetleniowe

Opracował: Wojciech Macherzyński

#### 1. Cel zajęć

Przedmiotem badań będą diody elektroluminescencyjne LED, emitujące światło białe, będące elementami konstrukcyjnymi paneli oświetleniowych.

#### 2. Program zajęć

- \* pomiar charakterystyk widmowych,
- \* pomiar natężenie mocy,
- \* pomiar temperatury barwowej,
- \* sporządzenie wykresów i wniosków.

#### 3. Literatura uzupełniająca

B. Ziętek, „Optoelektronika” Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń, 2005,  
J. I. Pankove, „Zjawiska optyczne w półprzewodnikach”, WNT, Warszawa, 1974,  
B. Mroziewicz, M. Bugajski, W. Nakwaski, „Lasery półprzewodnikowe”, PWN, Warszawa 1985,  
Wykład Optoelektronika W12IEA-SI0031W

#### 4. Wprowadzenie teoretyczne i zagadnienia praktyczne

##### Zagadnienia do przygotowania

- \* temperatura barwowa
- \* diody LED jako źródła światła białego – dostępne rozwiązania
- \* budowa diod LED emitujących światło białe
- \* luminofor: czym jest, do czego służy
- \* synteza addytywna
- \* synteza subtraktywna
- \* współczynnik odwzorowania barw
- \* charakterystyka widmowa diod LED emitujących światło białe

##### 4.1 Wstęp teoretyczny – zagadnienia dotyczące barwy

Cechy jakościowe barwy lamp półprzewodnikowych i innych o świetle białym są charakteryzowane przez:

- 1) barwę światła samych źródeł,

**Podczas zajęć należy przestrzegać przepisów BHP**

2) właściwości oddawania barw.

Istotne jest, że te dwie cechy należy uwzględniać osobno. Znajomość jednego z tych parametrów nie pozwala na określenie drugiego.

### Barwa światła

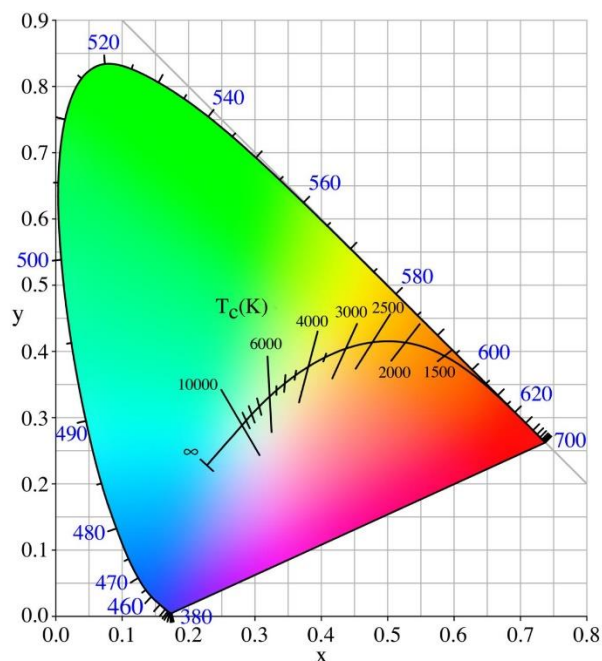
Barwa światła lampy odpowiada wyglądowi barwy emitowanego światła. Liczbowo parametr ten jest określany przez podanie temperatury barwowej najbliższej temperaturze ciała doskonale czarnego. Barwa światła może również być opisana zgodnie z określeniami z tabeli 1.

Określenie	Temperatura barwowa [K]
ciepła	poniżej 3300
neutralna	3300 ÷ 5300
chłodna	powyżej 5300

Wybór barwy światła leży w obszarze estetyki i oceny tego, co wydaje się naturalne. Dobór światła zależy również od przeznaczenia oświetlanych przestrzeni. Na przykład w pomieszczeniach biurowych stosowane jest oświetlenie o barwach chłodnych, co sprzyja intensywnej pracy. Natomiast w mieszkaniach preferowane jest oświetlenie o barwie ciepłej. Z tym, że należy tutaj podkreślić, że nie ma jednego, poprawnego rozwiązania.

### Wykres chromatyczności

Wykres chromatyczności (rys. 1.) został stworzony w celu precyzyjnego określania barwy światła. W prostokątnym układzie współrzędnych chromatycznych (x, y) przedstawione są na obrzeżu barwy tęczy (od czerwonej do fioletowej) oraz odpowiadające im długości fal. Pozostałe barwy znajdują się wewnątrz trójkąta barw. Każdy punkt na wykresie chromatyczności charakteryzuje się niepowtarzalną barwą światła. W centrum trójkąta barw znajduje się mieszanina wszystkich barw, czyli barwa światła białego.



Rys. 1. Wykres chromatyczności (trójkąt barw)  
[1]

### Temperatura barwowa

Pojęcie temperatury barwowej jest wykorzystywane przy określaniu barwy światła białego wysyłanego przez różne źródła (żarówki wolframowe, lampy energooszczędne itd.). Jest to porównanie barwy światła emitowanego ze źródła do promieniowania emitowanego przez ciało doskonale czarne na skutek jego ogrzania do określonej temperatury (podawanej w Kelwinach). Temperaturę, przy której ciało doskonale czarne emituje promieniowanie o tej samej chromatyczności co badane źródło, nazywamy temperaturą barwową. Na wykresie chromatyczności (rys. 1.) jest wrysowana krzywa emisji ciała doskonale czarnego. Barwa światła badanego źródła jest oznaczana na wykresie, a następnie odczytywana jest temperatura barwowa dla najbliższej temperatury ciała doskonale czarnego.

### Oddawanie barw – wskaźnik odwzorowania barw

Właściwości oddawania barw źródła światła wpływają na barwny wygląd obiektów i oświetlanych osób. Ilościowo parametr ten jest określany jak wskaźnik oddawania barw  $R_a$  (oznaczenie anglosaskie – CRI (*Color Rendering Index*)). W celu uzyskania jak największej wygody widzenia (oraz dobrego samopoczucia) ważne jest, aby barwy otoczenia (przedmiotów, osób itd.) wyglądały naturalnie. Maksymalna wartość współczynnika  $R_a$  wynosi 100. Wartość ta maleje przy pogarszającej się jakości oddawania barw. Dla przykładu, lampy o  $R_a < 80$  nie powinny być stosowane w pomieszczeniach, w których ludzie pracują lub przebywają przez dłuższy czas.

## 4.2 REALIZACJA ĆWICZENIA

Przedmiotem badań będą diody elektroluminescencyjne LED, emitujące światło białe, będące elementami konstrukcyjnymi paneli oświetleniowych. W czasie ćwiczenia mierzone będą dla diod LED: charakterystyki widmowe, natężenie mocy oraz temperatura barwowa. Wykorzystywane będą: zasilacz, woltomierz, spektrometr kalibrowany *Greenwave* ze światłowodem oraz receptorem kosinusowym, komputer z oprogramowaniem oraz panel z zestawem diod LED.

### 4.2.1 MONTAŻ UKŁADU POMIAROWEGO

A) Montaż układu na ławie optycznej:

postawić ławę optyczną na stole,  
złożyć poszczególne elementy.

B) Podłączenie zasilacza do panelu z diodami LED:

- \* sprawdzić, czy zasilacz znajduje się w trybie wyłączonego wyjścia (przycisk *OUTPUT* – dioda sygnalizacyjna *ON* nie świeci),
- \* ustawić ograniczenie prądowe (20 mA) na zasilaczu – jest to zabezpieczenie diod LED przed uszkodzeniem,
- \* podłączyć zasilanie panelu z diodami do zacisków zasilacza (czerwony przewód do „+”, niebieski do „-“),
- \* podłączyć woltomierz (do zacisków zasilacza) – pominąć spadek napięcia na przewodach,
- \* napięcie zasilania ustawić na 9 V (równocześnie obserwować wskazanie woltomierza).

**UWAGA!** Po podłączeniu układu i ustawieniu parametrów zasilacza poprosić prowadzącego o sprawdzenie. Dopiero po kontroli ustawień przez prowadzącego można wystawić napięcie zasilające na zaciski zasilacza (przycisk *OUTPUT* – dioda sygnalizacyjna *ON*).

C) Uruchomienie spektrometru

- \* włączyć komputer,
- \* podłączyć do komputera spektrometr za pomocą kabla USB,

**UWAGA:** podłączając światłowód, zachować szczególną ostrożność, aby nie złamać rdzenia. Pamiętać o promieniu gięcia światłowodu,

- \* światłowodem spektrometr z receptorem kosinusowym (**UWAGA:** zwrócić uwagę na oznaczenia na światłowodzie – wpiąć odpowiedni koniec do spektrometru),
- \* uruchomić program *SpectraWiz* (skrót na pulpicie),
- \* zaczytać plik kalibracyjny (*MyCal-GW14073134-VIS-CR2*) – *View/Radiometer/Save or Load Cal File for attached light receptor !*

D) Pomiary diod LED

- \* ustawić receptor kosinusowy na wprost mierzonej diody,
- \* przy wyłączonym zasilaniu diody zdjąć charakterystykę ciemną,
- \* zworką zewrzeć wyprowadzenia wybranej diody,
- \* diodę pozycjonować na ławie optycznej tak, aby uzyskać maksimum sygnału. Następnie czas całkowania (*Integration time*) dobrać tak, aby uzyskać około 95% maksymalnego zakresu pomiarowego.
- \* jeśli zmieniono czas całkowania po zmierzeniu charakterystyki ciemnej, ponownie zdjąć charakterystykę ciemną, a następnie sprawdzić poziom sygnału. Po tak przeprowadzonej kalibracji można przejść do odczytania wybranych parametrów mierzonego widma promieniowania.

## 4.2.2 POMIARY

### 4.4.2.1 POMIAR TEMPERATURY BARWOWEJ

Należy zmierzyć przynajmniej połowę diod z panelu pomiarowego, zgodnie ze wskazaniem prowadzącego.

Kalibrować układ pomiarowy zgodnie z punktem *D) Pomiary diod LED* za każdym razem, gdy poziom sygnału dla badanej diody wychodzi poza zalecany zakres pomiarowy (około 95% sygnału maksymalnego). Po skalibrowaniu spektrometru rozpocząć pomiar.

Należy zmierzyć gęstość mocy optycznej ( $W/m^2$ ):

- \* całego widma promieniowania (wpisać zakres długości fal do tabeli),
- \* części widma, pochodzącego bezpośrednio z diody (wpisać zakres długości fal do tabeli),
- \* części widma pochodzącej od luminoforu (wpisać zakres długości fal do tabeli),

**UWAGA:** zakres długości fal, dla których jest mierzona moc wybierać za pomocą opcji:

*View/Radiometer/Setup Range for Watt*

**Pomiar temperatury barwowej.** W tym celu przejść do pomiaru: wybrać opcję pomiaru natężenia oświetlenia **LUX**, a następnie wybrać opcję pomiarów kolorymetrycznych **COLOR**. Z wykresu chromatyczności odczytać temperaturę barwową (CCT) oraz współrzędne *x* i *y* (**UWAGA:** nie mylić z *X* i *Y*),

Wypełnić tabelę (tab. 2.), a następnie przejść do pomiaru kolejnej diody LED.

**4.3. Zadania do wykonania**

4.3.1 Wykreślić zależności temperatury barwowej od

a) stosunku  $P_{LED}/P_{luminofor}$ ,

b) stosunku  $P_{LED}/P$ ,

c) stosunku  $P_{luminofor}/P$ .

4.3.2 Zmierzyć widma dla co najmniej trzech diod znacznie różniących się temperaturą barwową i nanieść je na wspólną charakterystykę widmową (Origin). Skomentować wynik.

4.3.3 Czy na podstawie opracowanych wyników można określić sposób wykonania diod o różnej temperaturze barwowej – czyli co trzeba zrobić od strony technologii, aby wpłynąć na temperaturę barwową diody?

Tab.2. Zestawienie wyników pomiarowych

Dioda	P [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>LED</sub> [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>luminoforu</sub> [W/m <sup>2</sup> ]	Temperatura barwowa [K]	Współrzędne	
					x	y
-----	Zakres widma .....nm – .....nm	Zakres widma .....nm – .....nm	Zakres widma ...nm – .....nm			

[1] <http://pl.wikipedia.org/wiki/CIEXYZ>