

Ćwiczenie 8

WYZNACZANIE CZUŁOŚCI TEMPERATUROWEJ ŚWIATŁOWODOWEJ SIATKI BRAGGA

Plan ćwiczenia

1. Zapoznanie się z budową stanowiska do pomiaru temperaturowych charakterystyk światłowodowych siatek Bragga.
2. Pomiar temperatury czujnikiem LM135.
3. Pomiar charakterystyk transmisyjnych i odbiciowych światłowodowej siatki Bragga w funkcji zmian temperatury.
4. Określenie czułości temperaturowej badanej światłowodowej siatki Bragga.

Zagadnienia do przygotowania

1. Budowa i zasada działania światłowodowych siatek Bragga.
2. Parametry światłowodowych siatek Bragga i zastosowanie FGB w pomiarach temperatury.
3. Analizator widma; budowa i zasada działania.

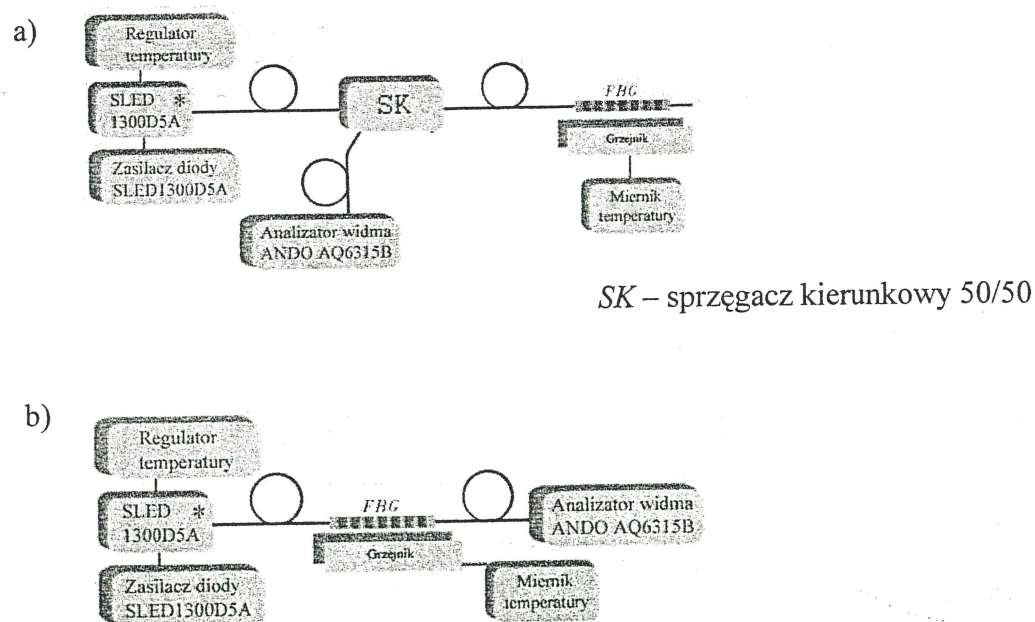
Literatura

1. Wykład
2. Z. Kaczmarek Światłowodowe czujniki i przetworniki pomiarowe
3. B. Ziętek Optoelektronika

Zajęcia odbywają się w laboratorium 410, C-2

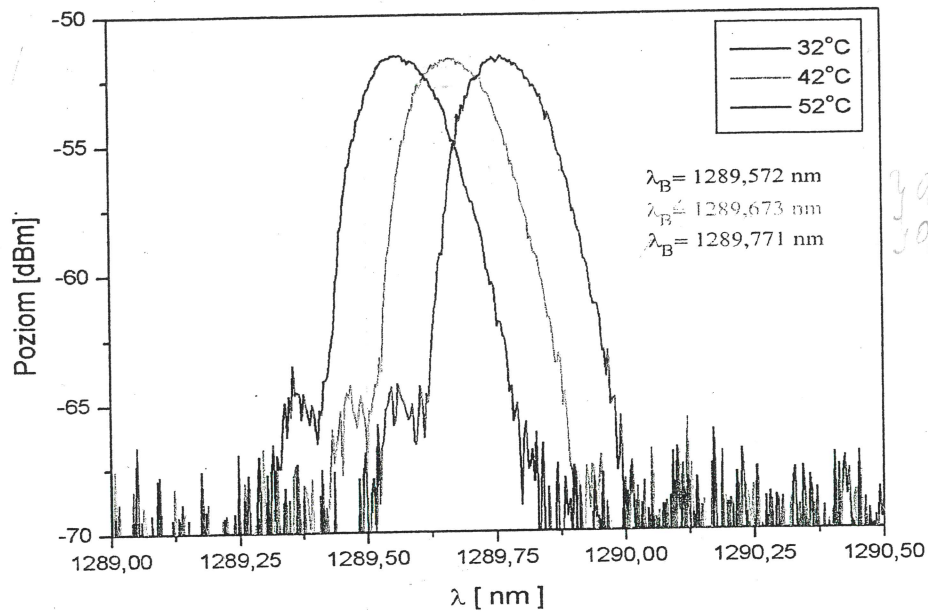
5. Pomiary wpływu temperatury na parametry siatki Bragga firmy Bragg Photonics Inc.

Podstawą działania czujników z siatkami Bragga jest liniowa zależność długości fali Bragga λ_B od czynników zewnętrznych takich jak ciśnienie, naprężenia czy temperatura. W celu kalibracji badanej siatki jako sensora temperatury zbadano zależność długości fali Bragga λ_B w funkcji zmian temperatury. Pomiary zostały wykonane w konfiguracji odbiciowej oraz transmisyjnej w układach przedstawionych na z rys. 5.1a i b. Głowicę czujnika temperatury z siatką Bragga stanowił odcinek światłowodu jednomodowego z zapisaną w rdzeniu strukturą siatki Bragga zamknięty w mosiężnej obudowie. Zmiany temperatury, dla których mierzono długości fali Bragga zawierały się w przedziale 32 – 52°C. Uzyskiwano je przez podgrzanie dodatkowego bloku mosiądzu przy pomocy grzałki elektrycznej. Następnie monitorowano temperaturę i zmianę λ_B w czasie wychładzania się układu bloku mosiężnego i obudowy siatki Bragga.

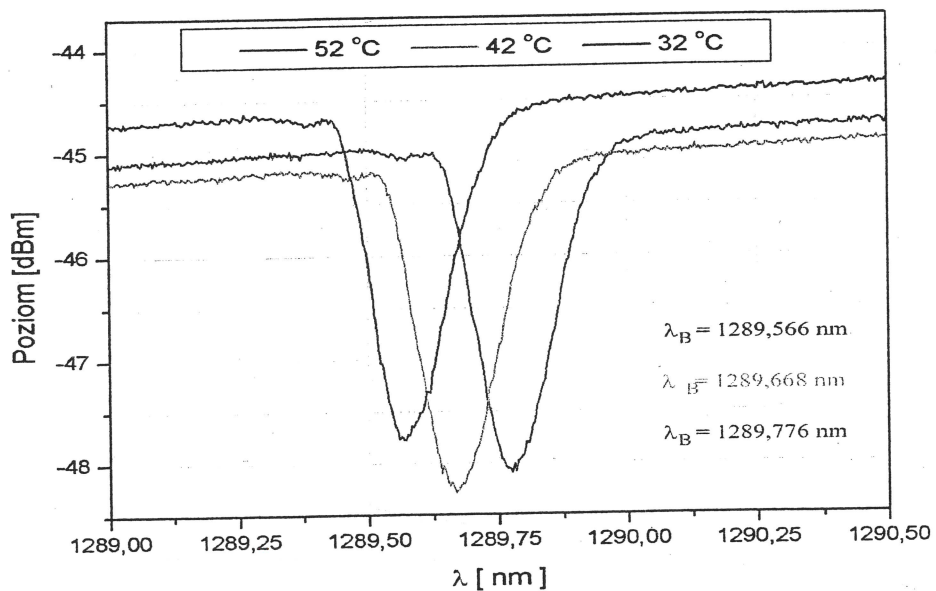


Rys. 5.1. Układy pomiarowe do kalibracji głowicy czujnika temperatury ze światłowodową siatką Bragga w konfiguracji odbiciowej a), oraz transmisyjnej b).

Pomiar temperatury odbywał się przy pomocy zewnętrznego miernika temperatury wykorzystującego czujnik LM335 umieszczony w otworze mosiężnej obudowy siatki Bragga. Zastosowany miernik pozwala na pomiar temperatury z dokładnością do 0,1°C. Zdjęcie przedstawiające układ pomiarowy zamieszczone jest w dodatku D, pkt 9.4.4.



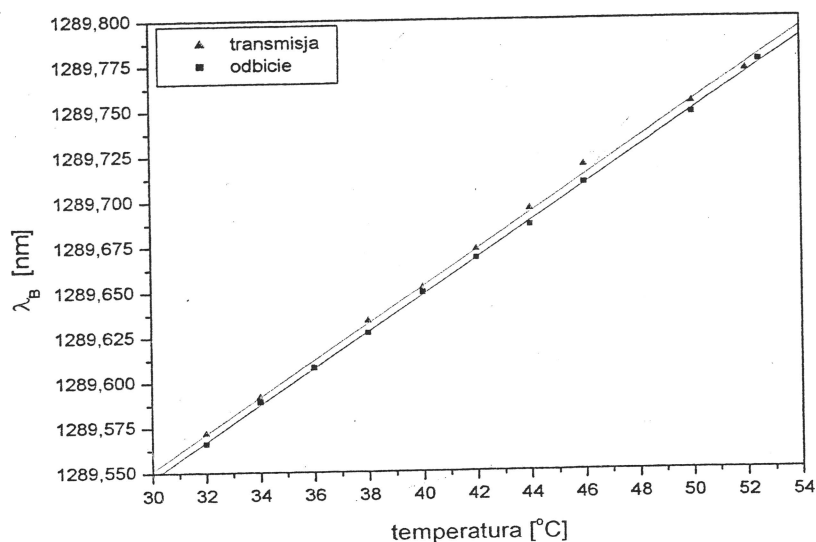
Rys. 5.2. Przesunięcie λ_B pod wpływem zmian temperatury. Pomiar widma odbiciowego.



Rys. 5.3. Przesunięcie λ_B pod wpływem zmian temperatury. Pomiar widma transmisyjnego.

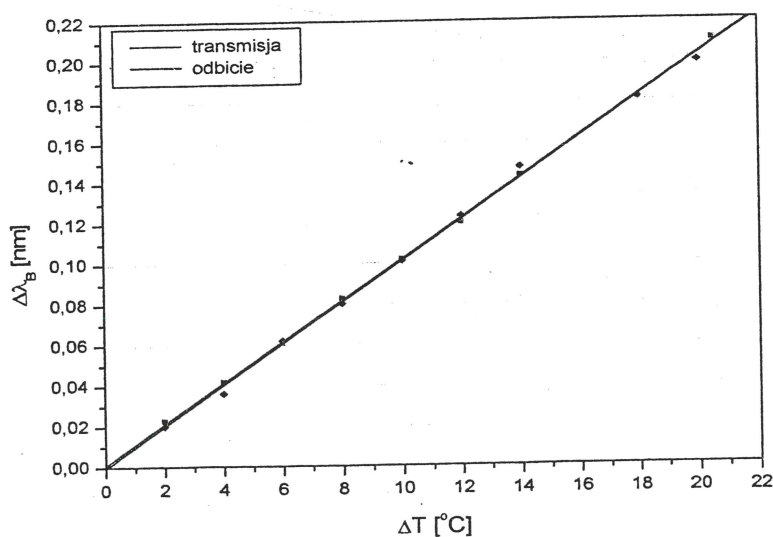
Dla temperatury zmieniającej się od wartości 52°C do 32°C z rozdzielczością co 2°C mierzono charakterystyki odbiciowe i transmisyjne siatki Bragga. Dla każdego z punktów pomiarowych wyznaczono długość fali Bragga. Zmiany widma, oraz wyznaczone dla nich λ_B dla trzech punktów temperaturowych zostały przedstawione na rys. 5.2 i 5.3. Na podstawie przedstawionych charakterystyk można zauważyć, iż długość fali Bragga przemieszcza się w stronę fal dłuższych wraz ze wzrostem temperatury. Na wykresie przedstawionym

na rys. 5.4 pokazana jest zależność λ_B w funkcji zmian temperatury w badanym przedziale temperatur (od 52°C do 32°C).



Rys. 5.4. Długości fali Bragga w funkcji temperatury siatki Bragga.

Wykres ten potwierdza możliwość stosowania siatek Bragga jako czujników temperatury, a na podkreślenie zasługuje fakt liniowej zależności λ_B od zmian temperatury. Niewielkie odstępstwa od liniowości w niektórych punktach pomiarowych wynikają z ograniczonej dokładności pomiaru temperatury siatki Bragga (0,1°C). Widać także, iż długość fali Bragga zmierzona w trybie odbiciowym i transmisyjnym różni się nieznacznie jednak charakter zmian $\Delta\lambda_B$ w odpowiedzi na zmiany temperatury ΔT jest taki sam w obu przypadkach, gdyż takie same jest nachylenie prostych $\lambda_B = f(T)$ względem osi temperatury. W celu wyznaczenia czułości temperaturowej K_T badanej siatki Bragga wykreślona została charakterystyka zależności zmian $\Delta\lambda_B$ od zmian temperatury ΔT (rys. 5.5).



Rys. 5.5. Zależność zmian długości fali Bragga od zmian temperatury siatki.

Zastosowana aproksymacja liniowa zależności $\Delta\lambda_B = f(\Delta T)$ (rys. 5.5) pozwala na wyznaczenie czułości temperaturowej K_T badanej siatki Bragga jako wartości tangensa kąta nachylenia prostej względem osi ΔT . Współczynnik ten, wyznaczony z pomiarów w trybie odbiciowym wynosi:

$$K_T = \operatorname{tg}\alpha = \Delta\lambda_B/\Delta T = 10,13 \text{ pm}/^\circ\text{C}, \quad (5.1)$$

natomiast wyznaczony na podstawie pomiaru w trybie transmisyjnym $K_T = 10,09 \text{ pm}/^\circ\text{C}$. Różnica wartości wynosi zaledwie 0,04 pm co jest wielkością zanedbywalną (obie proste pokrywają się na rys. 5.5), gdyż analizator widma umożliwia pomiar z dokładnością do 1 pm. W związku z tym wystarczająca jest znajomość czułości temperaturowej z dokładnością do 1 pm, stąd $K_T = 10 \text{ pm}/^\circ\text{C}$. Zmiany długości fali Bragga w odpowiedzi na zmiany temperatury siatki Bragga w testowanym układzie czujnika można więc opisać zależnością:

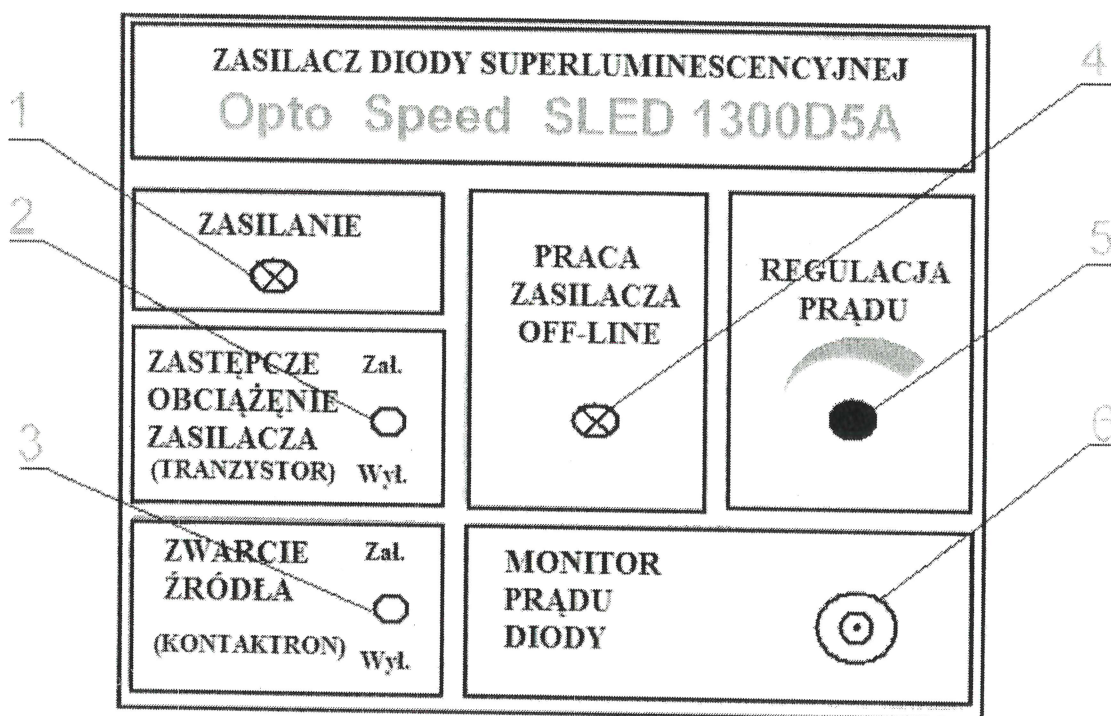
$$\Delta\lambda_B = 10 \text{ pm}/^\circ\text{C} \cdot \Delta T. \quad (5.2)$$

Zakładając, że podczas kalibracji głowicy czujnika temperatury z siatką Bragga nie działały na włókno żadne naprężenia, a pomiary wykonane zostały przy stałym ciśnieniu atmosferycznym, przyjmujemy, że $\Delta\lambda_B$ związana z naprężeniami siatki Bragga przyjmuje wartość 0.

Rozdzielczość pomiarowa przetestowanej głowicy czujnika temperatury jest określona dokładnością pomiaru długości fali za pomocą analizatora widma. Dokładność ta wynosi 1 pm co ustala czułość sensora na poziomie $0,1^\circ\text{C}$. Najważniejszą jednak zaletą takiego czujnika jest możliwość pomiaru temperatur w bardzo szerokim zakresie.

Instrukcja obsługi aparatury elektronicznej sterującej pracą diody SLED 1300DA

1. Opis panelu czołowego zasilacza prądowego diody SLED:

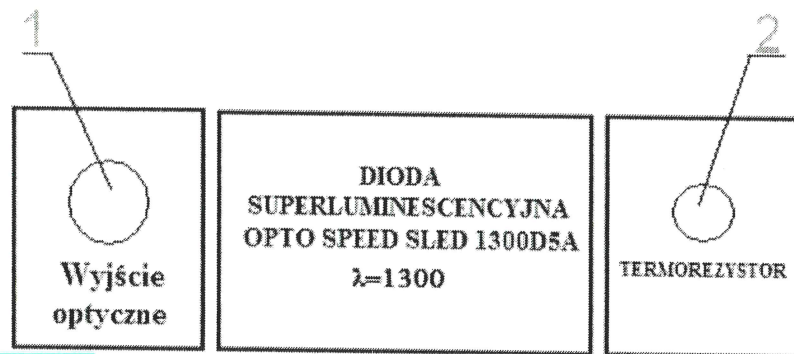


Rys.1. Panel czołowy zasilacza prądowego

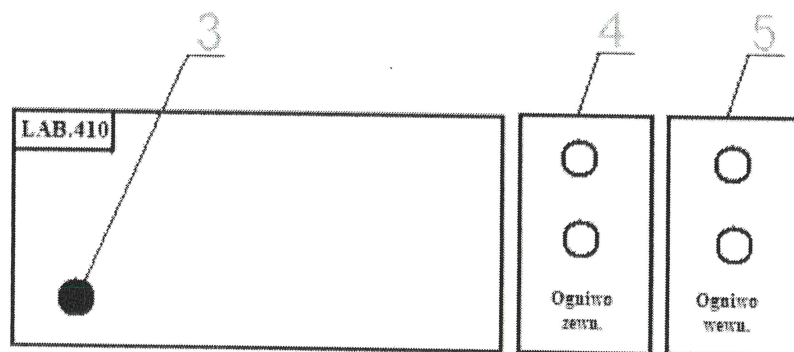
1. Kontrolka zasilania sieciowego (dioda koloru zielonego)
2. Włącznik zastępczego obciążenia
3. Włącznik kontaktronu zwierającego wyjście prądowe do masy
4. Dioda sygnalizująca rodzaj pracy zasilacza
 - kolor czerwony- praca w trybie „off-line” (załączone przełączniki 2 i 3, wyjście prądowe zwarte do masy)
 - kolor zielony- praca w trybie zasilania prądowego (przełączniki 2 i 3 wyłączone)
5. Potencjometr służący do regulacji wartości prądu zasilania
6. Monitor prądu diody- służy do podłączenia zewnętrznego miernika np. woltomierza który bada spadek napięcia na rezystorze o wartości 50Ω

Z tyłu obudowy znajduje się przełącznik zasilania sieciowego oraz rezystor topikowy

2. Opis obudowy diody SLED



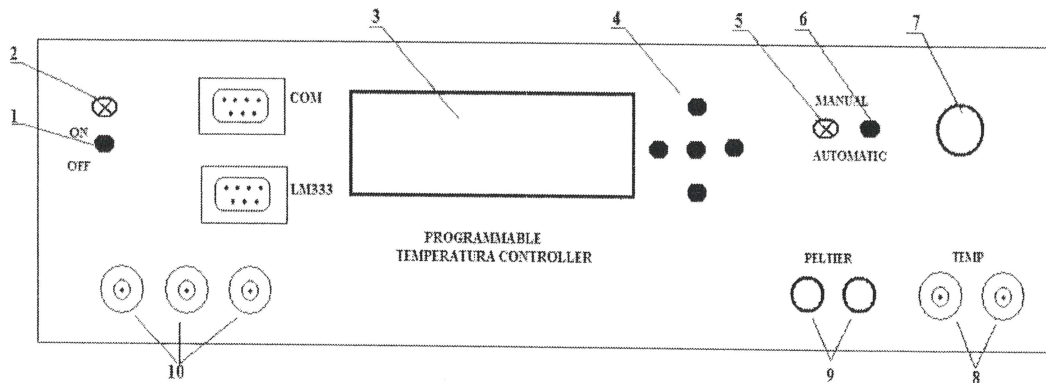
Rys.2. Panel czołowy modułu diody SLED



Rys.3. Panel tylni modułu diody SLED

1. Wyjście optyczne diody- złączka FC
2. Wyjście termorezystora diody SLED
3. Wyjście (przewód) od czujnika LM335 (czujnik temperatury na diodzie SLED)
4. Wejście prądowe zasilające zewnętrzne ogniwo Peltiera
5. Wejście prądowe zasilające wewnętrzne ogniwo Peltiera

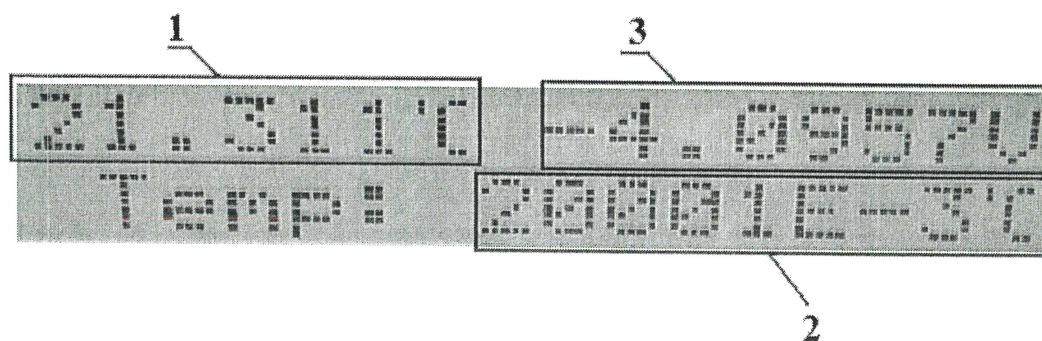
3. Opis panelu czołowego programowalnego regulatora temperatury



Rys.4. Panel czołowy termoregulatora

1. Włącznik programowalnego regulatora temperatury
2. Dioda sygnalizująca pracę urządzenia (zielona- urządzenia załączone)
3. Ekran LCD(dokładny opis rys.5)
4. Klawiatura (dokładny opis klawiszy rys.6) umożliwiająca zmianę parametrów termoregulatora
5. Dioda sygnalizująca sposób pracy termoregulatora
-kolor zielony- automatyczna regulacja temperatury
- kolor czerwony – ręczna regulacja temperatury
6. Włącznik służący do zmiany sposobu pracy termoregulatora
7. Potencjometr służący do regulacji napięcia zadawanego na ogniwo Peltiera
8. Zaciski kontrolne
9. Zaciski do podłączenia ogniwa Peltiera
10. Zaciski kontrolne

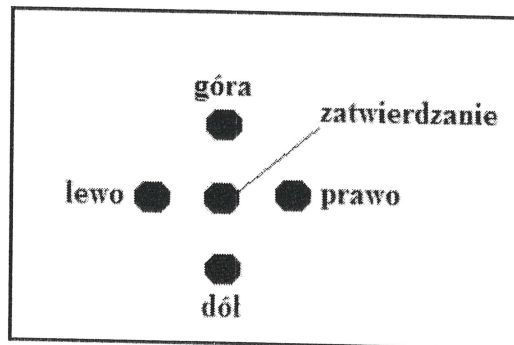
Opis wskazań ekranu LCD wbudowanego w termoregulator



Rys. 5. Przykładowe wskazania ekranu LCD znajdującego się na panelu czołowym termoregulatora

1. *Aktualna temperatura, jaka jest aktualnie na czujniku temperatury LM335*
Czujnik ten znajduje się w obudowie modułu diody SLED. We wnętrzu tej obudowy czujnik LM335 jest sprzężony za pomocą mosiężnej obudowy z jednej strony z diodą SLED natomiast z drugiej z ogniwo Peltiera. Informacje z czujnika temperatury są przekazywane i następnie wyświetlane na ekranie termoregulatora za pomocą przewodu nr.3(rys.3)
2. *Temperatura jaka jest aktualnie zadana przez użytkownika*
Za pomocą klawiatury termoregulatora można nastawić dowolną wartość temperatury na diodzie SLED. Ze względów bezpieczeństwa dioda SLED powinna pracować w temperaturze około 20⁰C. Na rysunku nr.5 w oknie nr 2 są pokazane prawidłowe ustawienia nastawy termoregulatora dla pracy diody SLED
3. *Wartość napięcia jaka zadawana jest na ogniwo Peltiera*
Do stabilizacji temperatury na diodzie SLED wykorzystywane jest ogniwo Peltiera które jest sterowane za pomocą termoregulatora poprzez przewody nr 9 (rys.4) wychodzące z niego. Do poprawnego działania ogniwa Peltiera potrzebne jest napięcie rzędu kilku woltów. Wartość ta jest wyświetlana z odpowiednim znakiem na ekranie termoregulatora. Jeżeli temperatura diody SLED, która jest pokazywana w oknie nr 1 na ekranie LCD jest większa od temperatury pokazywanej w oknie nr 2 na tym ekranie to wartość napięcia wyświetlana jest ze znakiem „-” w przeciwnym wypadku jest odwrotnie. Stabilizacja temperaturowa (dążenia wartości z okna nr 1 do wartości nastawionej w oknie nr 2).zaczyna się w momencie włączenia zewnętrznego zasilacza stabilizowanego +/-15V

Opis klawiatury wbudowanej w termoregulator



Rys.6. Opis klawiatury

Klawiatura termoregulatora jest wykorzystywana głównie do zmiany parametrów nastawy termoregulatora. Za pomocą tej klawiatury mamy możliwość ustawienia odpowiedniej wartości temperatury do której po zatwierdzeniu będzie dążyć temperatura odczytywana za pomocą czujnika LM335 wbudowanego w obudowę diody SLED. Termoregulator będzie porównywał wskazania temperatury aktualnej na czujniku temperatury oraz temperatury zadanej przez użytkownika i będzie wyzwał odpowiednią wartość napięcia na ogniwo Peltiera tak aby obie te wartości się zrównały.

Wszystkie przyciski na klawiaturze służą do zmiany parametrów nastawy termoregulatora i oznaczają:

1. „Lewo” umożliwia przesunięcie migającego kursora na wyświetlaczu w lewą stronę
2. „Prawo” ” umożliwia przesunięcie migającego kursora na wyświetlaczu w prawą stronę
3. „Góra” jednorazowe przyciśnięcie na podświetlonej cyfrze powoduje wzrost jej wartości o +1
4. „Dół” jednorazowe przyciśnięcie na podświetlonej cyfrze powoduje spadek jej wartości o -1

4. Procedura uruchamiania stanowiska pomiarowego

Najważniejszym elementem na stanowisku pomiarowym jest dioda superluminescencyjna SLED 1300D5A. Jest to element bardzo drogi i z tego powodu należy bezwarunkowo przestrzegać wszystkich zaleceń dotyczących odpowiednich zakresów pracy w jakich może ta dioda pracować i zapewnić odpowiednią stabilizację zarówno temperatury jak i prądu zasilania. Dlatego uruchamianie diody musi odbywać się w sposób kontrolowany i przewidywalny.

UWAGA!!! Należy bezwarunkowo przestrzegać niżej załączonej instrukcji. Wszelkie niestosowanie się do zaleceń może powodować uszkodzenie diody SLED 1300D5A.

Uruchamianie nadajnika optycznego należy przeprowadzić według niżej opisanej instrukcji:

- 1) Uruchomić termoregulator- najpierw włączyć główny przełącznik z tyłu obudowy, a następnie przełącznik nr 1 na przednim panelu (patrz opis panelu czołowego w pkt.3, rys.4)
- 2) Na ekranie LCD w oknie nr 1 pojawia się temperatura jaka aktualnie występuje na diodzie SLED – powinna być zbliżona do temperatury otoczenia(patrz opis panelu czołowego ekranu LCD rys. 5)
- 3) Aby zadać odpowiednią wartość temperatury w jakiej powinna pracować dioda SLED należy wcisnąć środkowy przycisk na klawiaturze termoregulatora. Następnie na wyświetlaczu powinien pojawić się komunikat: „Chwila.. (pierwsze wartości)”. Następnie naciskamy przycisk środkowy tak aby na ekranie LCD pojawił się migający wskaźnik (podkreślenie) na pierwszej cyfrze w oknie nr (rys 5). Z pomocą klawiatury wbudowanej w termoregulator należy ustawić w oknie nr 2 odpowiednią wartość temperatury (tj. 20⁰C) w której powinna pracować dioda SLED. Po ustawieniu odpowiedniej wartości nastawy termoregulatora całość zatwierdzana jest przyciskiem środkowym na klawiaturze
- 4) Po zadaniu przez użytkownika odpowiedniej temperatury w jakiej może pracować dioda SLED na ekranie LCD w oknie nr 3 powinien pojawić się odpowiedni znak „+” lub „-” (patrz opis wskazań ekranu LCD rys. 5)
- 5) Zadaniem termoregulatora jest odpowiedni dobór napięcia sterującego które jest podawane do ogniwa Peltiera sprzężonego z diodą SLED i czujnikiem temperatury LM335. Aby zapewnić odpowiednią wartość tego napięcia do termoregulatora musi być podłączone zewnętrzne źródło zasilania którym jest zasilacz stabilizowany +/-15. Dopiero po włączeniu tego zasilacza na górnej linii wyświetlającej zauważalne będą zmiany temperatury i dążenie wartości wskazywanej w oknie nr 1 do wartości zadanej przez użytkownika wskazywanej w oknie nr 2 (rys 5)

Uwaga jeżeli mimo ustawienia przez użytkownika temperatury na 20⁰C i włączeniu zewnętrznego zasilacza +/-15 temperatura nie dąży do wartości zadanej należy zamienić miejscami końcówki wychodzące do elementu Peltiera(element nr 9 rys.4)

- 6) Przed przystąpieniem do włączania zasilania zasilacza diody superluminescencyjnej należy upewnić się czy przełączniki 2 i 3 (rys.1) znajdują się w pozycji załączonej (do góry) oraz czy potencjometr 5 (rys.1) jest skrecony do pozycji minimum prądu (maksymalnie w lewo). Należy sprawdzić również do wyjście nr 6 (rys.1) podłączony jest woltomierz (zakres 20V)
- 7) Po ustabilizowaniu temperatury tj. zrównaniu się wartości z okna nr 1 i 2 na ekranie LCD można przystąpić do włączania zasilania diody SLED. Włączyć zasilanie zasilacza prądowego (rys.1) przełącznikiem z tyłu obudowy co włączenie sygnalizuje czerwoną diodą LED (numer 4 na rys.1)
- 8) Wyłączyć zabezpieczenia zasilacza diody poprzez **wyłączenie kolejno kontaktronu przełącznikiem 3 (rys.1)**- po wyłączeniu powinna zgasnąć czerwona dioda LED nr 4 (rys.1) **a następnie tranzystora przełącznikiem nr 2 (rys.1)** powinna zapalić się zielona dioda LED nr 4
- 9) Stopniowo zwiększać wartość prądu zasilacza diody SLED do wartości 100mA. **UWAGA. Podziałka na wbudowanym miliamperomierzu nie jest prawidłowa. Wartość płynącego prądu trzeba obliczyć odczytując wskazania woltomierza podłączonego do wyjścia nr 6 (rys.1) jako spadek napięcia na rezystorze o wartości 50 Ω.**

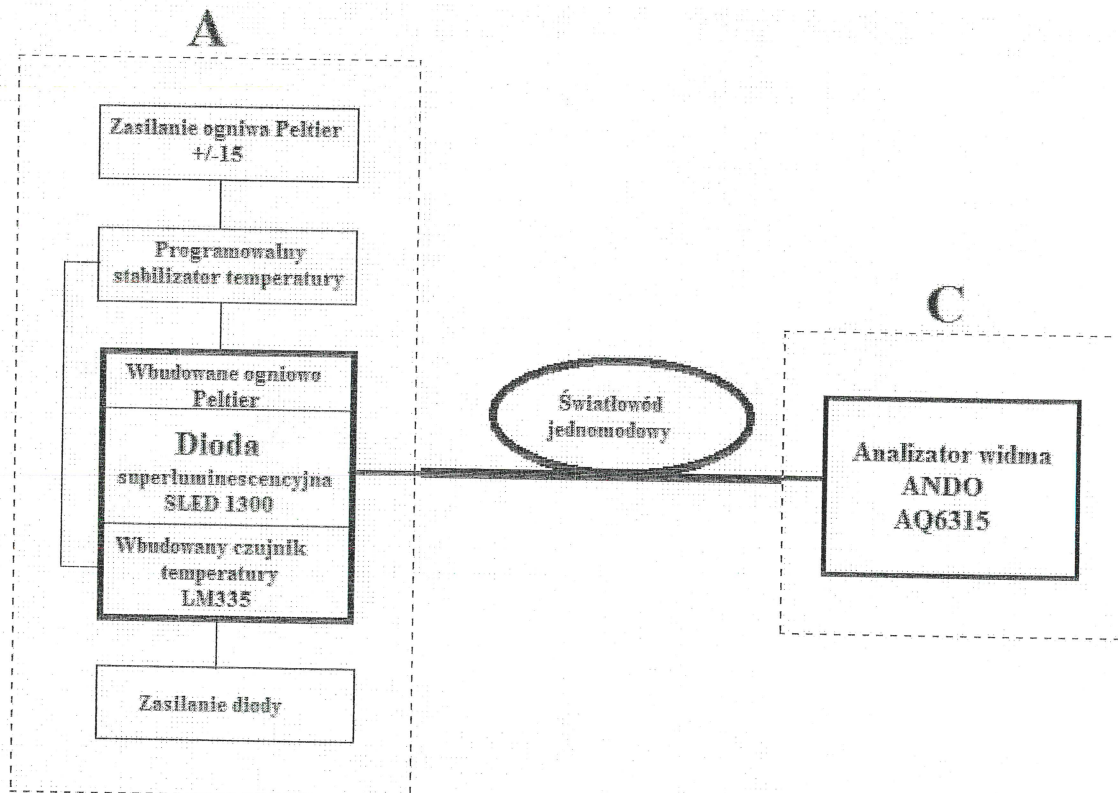
5. Procedura wyłączania nadajnika optycznego SLED 1300D5A

- 1) Należy skrecić do minimum (w lewo) wartość prądu zasilającego diodę SLED potencjometrem 5 (rys.1)
- 2) Wyłączyć zabezpieczenia zasilacza diody poprzez **włączenie kolejno tranzystora przełącznikiem 2 (rys.1)**- po włączeniu powinna zgasnąć zielona dioda LED nr 4 (rys.1) **a następnie kontaktronu przełącznikiem nr 3 (rys.1)** powinna zapalić się czerwona dioda LED nr 4
- 3) Wyłączyć zasilacz diody SLED przełącznikiem z tyłu obudowy
- 4) Wyłączyć zasilacz zewnętrzny ogniwa Peltiera
- 5) Wyłączyć termoregulator przełącznikiem z przodu i z tyłu obudowy

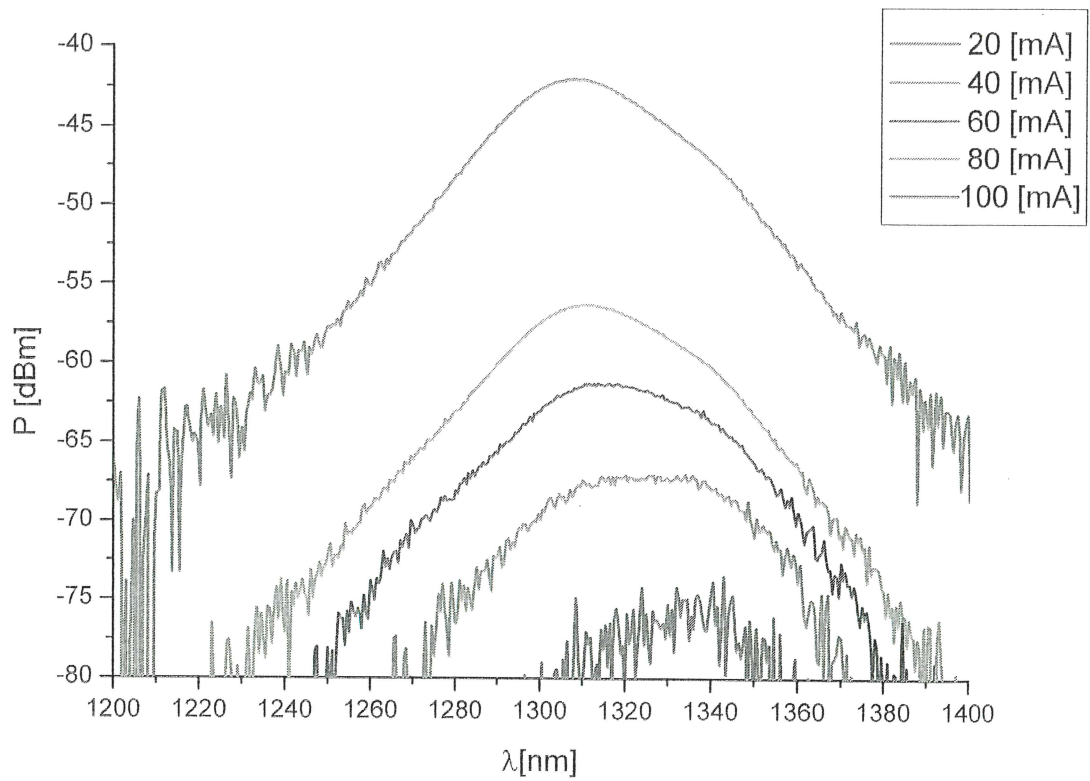
Pomiary charakterystyk prądowych diody superluminescencyjnej SLED1300DA

Najważniejszym parametrem jaki musi spełniać źródło zastosowane do pracy ze światłowodowymi siatkami Bragga to jego stabilność mocy emitowanej wiązki świetlnej w czasie wysyłania mocy optycznej oraz odpowiednio wysoki poziom sygnału wprowadzanego do układu z czujnikiem.

Charakterystyki spektralne źródła (diody SLED1300DA) zmierzono w układzie przedstawionym na rys.1. Wartością mierzoną przez analizator widma była ilość promieniowania wysyłana przez diodę SLED w zależności od wielkości prądu zasilającego źródło promieniowania optycznego (diodę SLED). Sprzężenie pomiędzy źródłem a analizatorem zrealizowano przy użyciu światłowodu jednomodowego (SM). Instrukcje obsługi do wykorzystanych w systemie pomiarowym urządzeń znajdują się w załączniku A oraz C.



Rys.1. Układ do pomiaru charakterystyk spektralnych diody SLED1300DA



Rys. 1 Charakterystyka spektralna źródła SLED 1300D5A w funkcji prądu zasilania

Zastosowane w pomiarach światłowodowych siatek Bragga źródło SLED1300DA charakteryzuje się szerokością spektralną rzędu kilkudziesięciu nm. Wraz ze wzrostem prądu zasilania maksimum mocy optycznej przesuwa się w kierunku mniejszych długości fal.