

Świetlny wskaźnik poziomu azotu w zbiorniku Dewara

Streszczenie. W pracy opisano skonstruowany i wykonany przez autora wskaźnik poziomu ciekłego azotu w zbiorniku do jego przechowywania. Wskaźnik ma długość 1 m i pozwala na oszacowanie poziomu azotu w zbiornikach o wysokości maksymalnej do 90 cm. Urządzenie ma kształt tyczki, którą należy zanurzyć na ok. 3 s do zbiornika, celem sprawdzenia poziomu azotu. Po wyjęciu można oszacować poziom azotu z precyzją do ok. 1 cm.

Abstract. The paper describes the designed and made by the Author indicator of the level of liquid nitrogen in a storage tank. The indicator is 1 m long and makes it possible to estimate the level of nitrogen in tanks maximum 90 cm high. The device has a shape of a pole, which is to be immersed for about 3 sec in the tank in order to check the level of nitrogen. After removing the pole from the tank it is possible to estimate the level of nitrogen with precision up to 1 cm. (**Light indicator of the level of nitrogen in Dewar tank**)

Słowa kluczowe: optoelektronika, diody LED, niska temperatura, kriogenika

Keywords: optoelectronics, LED diodes, low temperature, cryogenics.

Wstęp

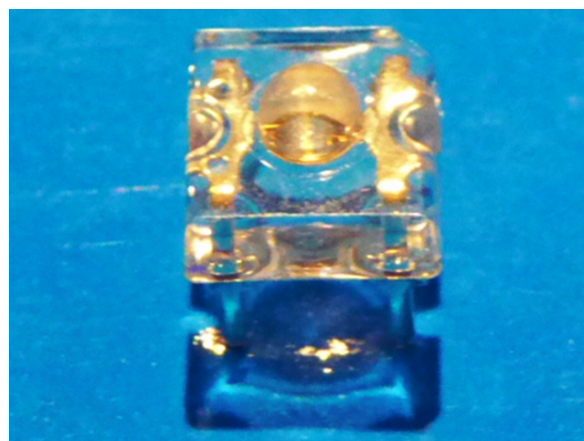
Ciekły azot jest cieczą kriogeniczną, wrze przy ciśnieniu normalnym w temperaturze 77,36 K. Zbiorniki do jego przechowywania zwane naczyniami Dewara, wykonane są ze stali lub aluminium i zapewniają izolację termiczną tzw. płaszczem próżniowym. Azot w zbiorniku do jego przechowywania powolnie odparowuje. Dla każdego, kto wykorzystuje ciekły azot, ważne jest określenie jego ilości w Dewarze. Do określenia poziomu azotu stosuje się często proste listwy. Listwa po wyjęciu ze zbiornika staje się oszroniona do wysokości zanurzenia, przez co można oszacować ilość cieczy kriogenicznej w zbiorniku.

Autor w artykule przedstawia świetlny wskaźnik zanurzenia własnego pomysłu, stosowany w jego laboratorium krioelektronicznym. Prowadzone wcześniej badania [1,3,9] i autorskie [4] wykazały, że diody elektroluminescencyjne zachowują zdolności emisyjne przy 77 K. Autor sprawdzał również możliwości pracy w temperaturze wykraczającej poza zakres zapewniany przez producenta komercyjnie dostępnych podzespołów elektronicznych. Odnalezienie tych, zdolnych do pracy w niskiej temperaturze, odbywa się na zasadzie prób i błędów. Wykazano iż, wzmacniacze operacyjne wykonane w technologii BiFET zachowują swoje właściwości wzmacniające w temperaturze wrzenia ciekłego azotu (77 K). Wybrane typy wzmacniaczy operacyjnych CMOS są zdolne do pracy w temperaturze poniżej 50 K od 4 K włącznie. Scalony przetwornik światło/napięcie OPT101 pracuje poprawnie dla niskiej temperatury z zakresu od 100 K do 300 K, a scalony przetwornik optoelektroniczny TSL250R już w temperaturze 77 K [6].

Propozycja świetlnego wskaźnika poziomu ciekłego azotu w zbiorniku Dewara

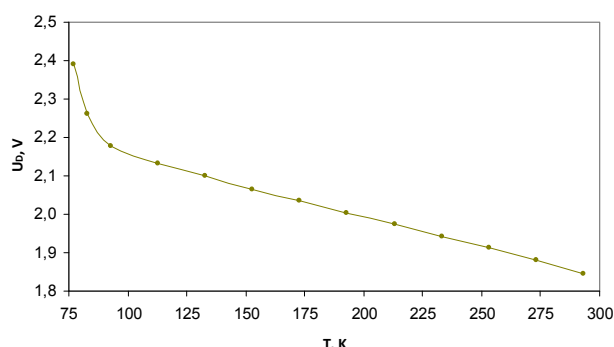
W pracy opisano skonstruowany i wykonany przez autora wskaźnik poziomu ciekłego azotu w zbiorniku do jego przechowywania. Wskaźnik ma długość 1 m i pozwala na oszacowanie poziomu azotu w zbiornikach o wysokości maksymalnej do 90 cm. Urządzenie ma kształt tyczki, którą należy zanurzyć na ok. 3 s do zbiornika, celem sprawdzenia poziomu azotu. Po wyjęciu można oszacować poziom azotu z precyzją do ok. 1 cm. Na całej długości urządzenia zamontowane są żółte diody świecące, w odstępach 0,4 cala. Diody zmieniają swoją charakterystykę napięciową-prądową i widmową w części zanurzonej, skutkuje to wyraźną zmianą w emisji światła. Urządzenie jest gotowym przyrządem, zaopatrzone w baterię i wyłącznik. Do wykonania wskaźnika poziomu wykorzystano diody typu OSEY7161D SuperFlux, produkcji firmy

OptoSupply (rys. 1). Parametry diody: napięcie pracy $U_D = 1,8 \dots 2,4 \text{ V}$, prąd znamionowy $I_D = 20 \text{ mA}$, długość fali $\lambda_d = 585\text{-}595 \text{ nm}$, jasność 2500-5000 mcd, wymiary $7,62 \times 7,62 \text{ mm}$.



Rys. 1. Fotografia diody OSEY7161D

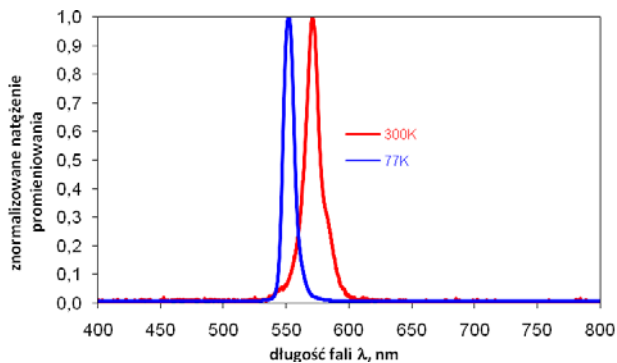
Na rys. 2 przedstawiono charakterystykę napięcia w diodzie OSEY7161D w funkcji temperatury, prąd diody $I_D = 1 \text{ mA}$. W temperaturze 77 K napięcie diody rośnie do wartości $U_D = 2,4 \text{ V}$.



Rys. 2. Charakterystyka $U_D = f(T)$ diody OSEY7161D, wykorzystanej do konstrukcji wskaźnika poziomu

Długość fali λ_d diody w temperaturze 77 K przyjmuje wartość 552 nm, przy 300 K – 571 nm. Na rys. 3 przedstawiono charakterystyki widmowe diody OSEY7161D w temperaturze 77 K i 300 K. Intensywność w funkcji

długości fali λ_d dwóch przypadków przedstawiono w układzie znormalizowanym (od 0 do 1).



Rys. 3. Charakterystyka widmowa w temperaturze 77 K i 300 K diody OSEY7161D. Mini spektrometr Hamamatsu serii C94

Dioda w temperaturze 77 K świeci jaśniej i zmienia barwę z żółtej na zieloną, dzięki czemu możliwe jest jej wykorzystanie w kontroli ilości azotu w zbiorniku Dewara.

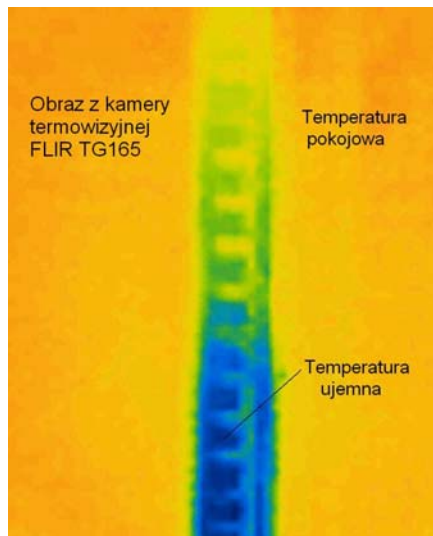
Konstrukcja wskaźnika poziomu ciekłego azotu

Wskaźnik poziomu wykonany jest z dwóch rurek mosiężnych o długości 1 m i średnicy zewnętrznej 4 mm. Rurki stanowią podstawę konstrukcyjną, oraz bieguny zasilające sekcje z diodami LED. Konstrukcja zawiera 89 sekcje z diodami LED i złącze na baterię CR 2032 na napięcie 3 V. Sekcje LED połączone są z zasilaniem równolegle. Wskaźnik włącza się na chwilę przed zanurzeniem do zbiornika i przez 3 s trzyma w zanurzeniu. Po wyjęciu ze zbiornika odmierza się wysokość wskaźnika w części, która świeci na kolor zielony. Na rys. 4 widoczny jest wskaźnik poziomu z umocowaną baterią i wyłącznikiem.



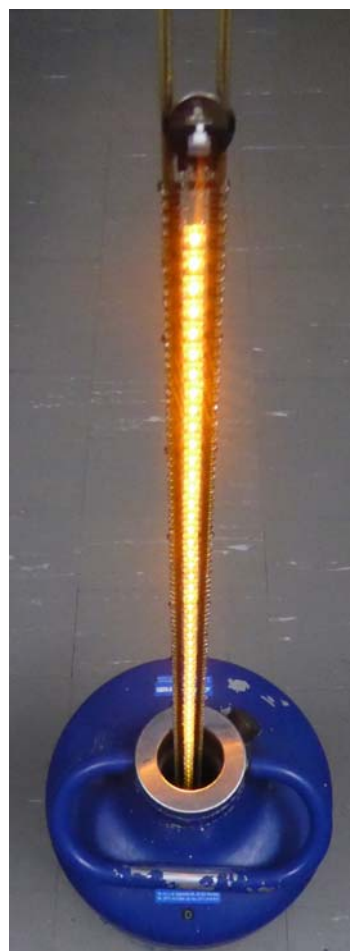
Rys. 4. Świetlny wskaźnik poziomu ciekłego azotu

Na rys. 5 widoczny jest obraz termowizyjny wskaźnika poziomu zanurzenia po wyjęciu ze zbiornika Dewara, z wyraźnie widoczną granicą, która rozdziela diody ochłodzone zanurzeniem w azocie od tych nie zanurzonych o temperaturze pokojowej lub zbliżonej do pokojowej. Zdjęcie termowizyjne wykonano 10 s po wyjęciu ze zbiornika Dewara.



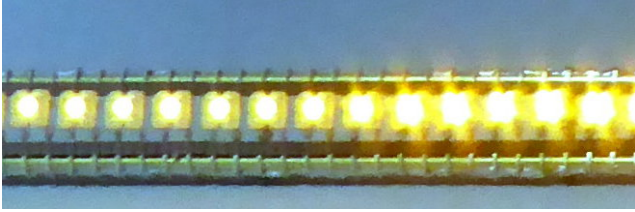
Rys. 5. Obraz termalny wskaźnika poziomu

Na rys. 6 widoczny jest wskaźnik poziomu zanurzony do zbiornika Dewara 10 l.



Rys. 6. Wskaźnik poziomu w Dewarze 10 l

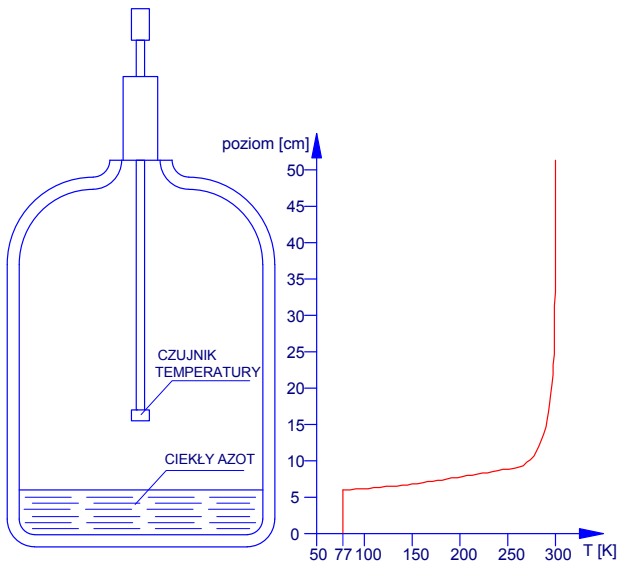
Na rys. 7 przedstawiono wycinek wskaźnika poziomu z widocznym miejscem, w którym nastąpiła zmiana barwy diod LED. Diody po lewej stronie emitują barwę zieloną, po prawej żółtą. Ocenę wysokości azotu należy dokonać w przeciągu ok. 15 sekund po jego wyjęciu ze zbiornika z ciekłym azotem. Po tym czasie schłodzone diody zaczynają się ogrzewać i cały wskaźnik świeci tą samą żółtą barwą.



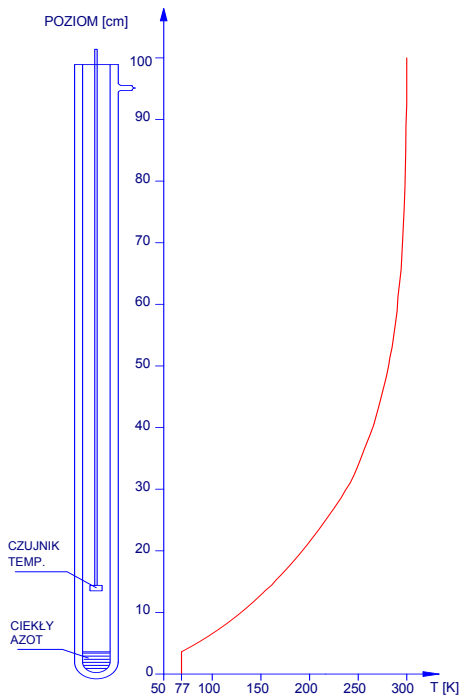
Rys. 7. Barwy emisji diod LED wskaźnika poziomu na styku z ciekłym azotem

Przeznaczenie wskaźnika poziomu ciekłego azotu

Wskaźnik poziomu przeznaczony jest do stosowania w naczyniach Dewara do przechowywania ciekłego azotu. Rozkład temperatury w zbiorniku widoczny jest na rys. 8, już ok. 5 cm nad lustrem ciekłego azotu panuje temperatura przybliżona do temperatury otoczenia.



Rys. 8. Rozkład temperatury w zbiorniku Dewara 10 l



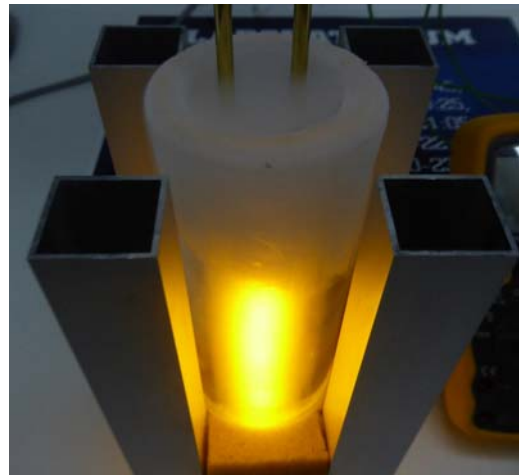
Rys. 9. Rozkład temperatury w specjalizowanym zbiorniku Dewara

Rozkład temperatury w specjalizowanych wysokich naczyniach Dewara jest korzystny z punktu widzenia uchwycenia temperatury z zakresu od 77 K do 300 K, pozwala uzyskiwać żadaną temperaturę badanej próbki w wyżej wymienionym zakresie.

Korzystny rozkład temperatury w specjalizowanym naczyniu Dewara, użytym jako elemencie kriostatu, nie sprzyja pracy wskaźnika diodowego. Stąd też stosowanie w nim wskaźnika poziomu nie spełnia założeń autora. Diody, które emitujące barwę zieloną nie ilustrują rzeczywistego poziomu zanurzenia wskaźnika świetlnego w ciekłym azocie.

Na rys. 9 pokazano rozkład temperatury w specjalizowanym zbiorniku Dewara, stanowiącym podstawowy element otwartego kriostatu azotowego. Kriostat azotowy skonstruowany przez autora [5], służy do badania elementów elektronicznych i optoelektronicznych w zakresie temperatury od 77 K do 300 K. Przeprowadzono w nim pomiar ponad 500 charakterystyk, ilustrujących zmiany parametrów elektrycznych i nieelektrycznych elementów elektronicznych i optoelektronicznych w temperaturze z zakresu od 77 K do 300 K.

Na rys. 10 pokazano wskaźnik poziomu zanurzenia umieszczony w specjalizowanym naczyniu Dewara, części otwartego kriostatu azotowego.



Rys. 10. Wskaźnik poziomu w otwartym kriostacie azotowym

Podsumowanie

W pracy przedstawiono skonstruowany świetlny wskaźnik poziomu azotu, przeznaczony do stosowania w zbiornikach Dewara.

Wskaźnik pozwala określić z precyzją ok. 1 cm poziom azotu w zbiorniku do jego przechowywania. Do jego konstrukcji zostały wykorzystane żółte diody świecące zamontowane na wąskim stelażu długim na 1 m. Wskaźnik zanurzony w zbiorniku i wyjęty po kilku sekundach świeci w dwóch kolorach, kolor żółty diod świadczy, iż nie zostały zanurzone w azocie, kolor zielony natomiast o ich zanurzeniu.

Przedstawiono parametry diody typu OSEY7161D wykorzystanej we wskaźniku poziomu. Pokazano zmierzone przez autora charakterystyki napięcia diody w funkcji temperatury, oraz zmiany widma dla dwóch przypadków temperatury – w temperaturze 300 K i 77 K. Wykazano przesunięcie wąskiego pasma emisji fali świetlnej diody żółtej o ok. 20 nm. Na fotografiach przedstawiono zmianę barwy wskaźnika po wyjęciu ze zbiornika Dewara, oraz dodatkowo pokazano zdjęcie wykonane kamerą termowizyjną, które uwidacznia skokową zmianę

temperatury diod wskaźnika na wysokości odpowiadającej wysokości cieczy kriogenicznej w zbiorniku.

Zarekomendowano wskaźnik do stosowania w zbiornikach Dewara wysokich do 90 cm. Pokazano, iż wskaźnik poziomy nie jest przeznaczony do stosowania w zbiornikach wysokich o małych średnicach.

Wcześniejsze badania autora w zakresie pracy elementów optoelektronicznych w niskiej temperaturze zaowocowały oczywistym i praktycznym rozwiązaniem.

Skonstruowany na Wydziale Elektroniki i Telekomunikacji Politechniki Poznańskiej, wskaźnik poziomy azotu w zbiorniku Dewara spełnia wymagania, które postawiono przy jego projektowaniu i posłużył już wielokrotnie w oszacowaniu ilości ciekłego azotu, w zbiornikach do jego przechowywania. Jest urządzeniem autonomicznym zawierającym swoje zasilanie, przez co jego obsługa jest bardzo prosta i wygodna.

Jest tak, że każde ciało o temperaturze otoczenia zanurzone w ciekłym azocie powoduje jego odparowanie.

Należy rozważyć budowę nowego świetlnego wskaźnika poziomy azotu w zbiorniku do jego przechowywania. Zwiększenie ilości diod o mniejszych wymiarach zwiększy precyzję odczytu poziomu lustro ciekłego azotu oraz zmniejszy jego pojemność cieplną – będzie to trafne na korzyść odparowania mniejszej ilości skroplonego azotu podczas wykonywania pomiaru jego poziomu.

Z drugiej jednak strony, diody po wyjęciu z ciekłego azotu będą szybciej ogrzewać się, przez co pomiar może stać się niemożliwy.

Dlatego autor rozważa konstrukcję dwóch nowych wskaźników – jednego z użyciem mniejszych diod świecących, przewidzianych do montażu przewlekanego, oraz z drugiego z elementami miniaturowymi do montażu powierzchniowego (SMD).

Autor: dr inż. Jakub Pająkowski, Politechnika Poznańska, Katedra Systemów Telekomunikacyjnych i Optoelektroniki, ul. Polanka 3 60-965 Poznań, E-mail: pajakow@et.put.poznan.pl

LITERATURA

- [1] Akimoto H., Marchenkov A., Jochemsen R., Frossati G.: Forward current – voltage characteristics of light-emitting diodes at low temperatures, *Cryogenics*, 38 (1998), nr.4, 451-152.
- [2] Data sheet of OSEY7161D LED super flux, OptoSupply., Ltd., 2007.
- [3] Li Y., Zhao W., Xia Y., Zhu M., Senawiratne J., Detchprohm T., Schubert F., Wetzel C. Loss of Quantum Efficiency in Green Light Emitting Diode Dies at Low Temperature, Symposium Proceedings. Vol. 955 (2007).
- [4] Pająkowski J., Behavior of light emitting diodes at low temperature. *Elektronika*, 52 (2011), nr. 6, 49-51.
- [5] Pająkowski J., Otwarty kriostat azotowy, *Elektronika*, 5 (2004), 33-34.
- [6] Pająkowski J., Praca przetwornika optoelektronicznego TSL250R w niskiej temperaturze, *Przegląd Elektrotechniczny*, 91 (2015), nr.12, 284-287.
- [7] Pająkowski J., High efficiency light emitting diodes in low temperatures, Proceedings of the Twenty-Third International Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference 2010 ICEC 23 – ICMC 2010, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2011, 591-593.
- [8] Wiczyński, G., Influence of temperature on the optical spectrum of a LED, *Elektronika*, 6 (2008), 211-213.
- [9] Zhang M., Wang J., Ding W., Zhang Q., Su Q., A novel white light-emitting diode (w-LED) fabricated with Sr6BP5O20:EU2+ phosphor. *Applied Physics B*, 86 (2007), 647-651.