

DODATEK DO MIESIĘCZNIKA „INPE” SEP



**PODRĘCZNIK
DLA ELEKTRYKÓW**

ZESZYTY MONOTEMATYCZNE

ODZNACZONY m.in. ZŁOTĄ ODZNAKĄ HONOROWĄ SEP

Zeszyt 44

**Zbigniew Porada,
Katarzyna Strzałka-Goluszka**

LED – diody elektroluminescencyjne

Sierpień 2013

PODRECZNIK DLA ELEKTRYKÓW

praca zbiorowa pod redakcją Jana Strojnego

Zeszyt 44

LED – diody elektroluminescencyjne

Autorzy: dr hab. inż. Zbigniew Porada,

mgr inż. Katarzyna Strzałka-Gołoszka (rozdziały 6.1 i 6.3)

Recenzent: prof. dr hab. inż. Antoni Różowicz

Tekst dostarczono w lipcu 2013 r.

Od Wydawcy

Rozwój techniki oświetleniowej, dostępność źródeł światła o nowych parametrach oświetleniowych i elektrycznych powodują duże zmiany w projektowaniu oświetlenia zarówno wewnętrznego jak i zewnętrznego oraz oświetlenia obiektów stałych i ruchomych jak np. pojazdy. Rośnie też zapotrzebowanie na odbiorniki o wysokich parametrach użytkowych przy niskim zapotrzebowaniu na energię i efektywnym jej użytkowaniu. Potrzeby te są zaspokajane między innymi przez wprowadzanie źródeł światła opartych o zupełnie inną niż dotychczas technikę, lamp elektroluminescencyjnych LED. W zeszycie przedstawiono podstawy nowoczesnej technologii LED zastosowanej w budowie źródeł światła oraz zasady, przykłady stosowania lamp LED w oświetleniu wewnętrznym i zewnętrznym, iluminacji obiektów, a także w zastosowaniu do pojazdów mechanicznych. Omówiono podstawy teoretyczne działania diod LED, materiały półprzewodnikowe stosowane przy ich wytwarzaniu, metody wytwarzania, jak również najważniejsze rodzaje konstrukcji diod LED. Ponadto opisano podstawowe parametry użytkowe diod oraz zasady ich zasilania w zależności od przewidywanych zastosowań.

Opisano zastosowanie diod do oświetlenia wnętrza budynków, do oświetlenia zewnętrznego oraz różnego rodzaju obiektów muzealnych. Przedstawiono możliwości ich wykorzystania przy doświetlaniu roślin, w technologii ekranów i monitorów LCD a także niektóre zastosowania w technice światłowodowej, w technice motoryzacyjnej i w reklamie. W końcowym rozdziale skrótowo opisano organiczne diody elektroluminescencyjne OLED, które ze względu na coraz lepsze parametry mogą się stać poważną konkurencją dla diod elektroluminescencyjnych.

Wydawnictwo dotowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

© Copyright by: COSiW SEP – Zakład Wydawniczy „INPE” w Belchatowie

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany, ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

Miesięcznik *INPE – Informacje o Normach i Przepisach Elektrycznych*

Rok wyd. XVI

Podręcznik INPE dla Elektryków – Zeszyty monotematyczne (bezpłatny dodatek dla prenumeratorów miesięcznika)

ISSN 1234-0081

Wydawca i Redakcja: SEP – COSiW w Warszawie, Zakład Wydawniczy „INPE” w Belchatowie, ul. Czaplinska 44, 97-400 Belchatów, tel. 44 633 33 55, fax 44 635 02 02, www.redinpe.com, e-mail: redinpe@neostrada.pl

Adres dla korespondencji: ul. Kalinowa 5, 97-400 Belchatów

Kierownik ZW – Redaktor Naczelny: Tadeusz Malinowski tel. 44 632 32 61, kom. 785 028 557

Z-ca Redaktora Naczelnego: Jan Strojny tel. 695 899 729

Biurowisko i Księgowość: Małgorzata Filipiak, tel. 44 633 33 55, kom. 783 976 966

Skład komputerowy: KON Tekst Kraków, www.kon-tekst.pl

Druk: Leyko Kraków

Nakład: do 5500 egz.

SPIS TREŚCI

1.	Wstęp – luminescencja i jej rodzaje	6
2.	Zjawisko elektroluminescencji	10
2.1.	Pierwsze prace Rounda i Łosiewa	10
2.2.	Diody LED i ich historyczny rozwój	12
3.	Podstawy teoretyczne działania diod LED	16
3.1.	Wstępne wiadomości o półprzewodnikach	16
3.2.	Rekombinacja promienista i niepromienista w półprzewodnikach	17
3.2.1.	Wydajność przejść promienistych	19
3.2.2.	Przejścia pasmo walencyjne – pasmo przewodnictwa	20
3.2.3.	Rekombinacja ekscytonów	20
3.2.4.	Rekombinacja za pośrednictwem defektów i domieszek	21
3.2.5.	Przejścia donor – akceptor	22
3.2.6.	Rodzaje przejść niepromienistych	22
3.3.	Elektroluminescencja w złączu $p-n$	22
3.4.	Podstawowe parametry diod LED	26
4.	Półprzewodniki stosowane w diodach LED	30
4.1.	Związki podwójne, potrójne i poczwórne	31
4.2.	Metody otrzymywania materiałów półprzewodnikowych	32
4.2.1.	Metoda Czochralskiego	32
4.2.2.	Epitaksja	35
5.	Rodzaje konstrukcji złącz $p-n$ w diodach LED	39
5.1.	Homozłączowe diody elektroluminescencyjne	39
5.2.	Heterozłączowe diody elektroluminescencyjne	40
5.3.	Diody superluminescencyjne	41
5.4.	Diody emitujące światło białe	41
5.5.	Zasilanie diod LED	44
5.6.	AC LED – diody zasilane napięciem przemiennym	48
5.7.	Zalety i wady diod LED	49
6.	Wybrane przykłady zastosowań diod LED	52
6.1.	Diody LED stosowane do oświetlenia wnętrz i budynków	52
6.1.1.	Zastosowanie LED do oświetlenia wnętrz	52
6.1.2.	Koszty użytkowania źródeł LED	53

6.1.3. Zastosowanie LED do iluminacji obiektów architektonicznych	56
6.1.4. Normy dotyczące LED	56
6.2. Diody LED w oświetleniu obiektów muzealnych	57
6.2.1. Różnicowanie poziomów natężenia oświetlenia	58
6.2.2. Barwa światła i oddawanie barw	59
6.2.3. Iluminacja ekspozycji	60
6.3. Diody LED w oświetleniu drogowym	62
6.4. Zastosowanie diod LED do doświetlania roślin	65
6.5. Diody LED stosowane do podświetlania ekranów LCD	68
6.6. Diody LED emitujące promieniowanie podczerwone	72
6.6.1. Diody LED sygnałowe	72
6.6.2. Diody LED przystosowane do sprzężenia ze światłowodem	72
6.7. Diody LED w reklamach świetlnych oraz w innych zastosowaniach	74
6.7.1. Diody LED w reklamach świetlnych	74
6.7.2. Diody LED w motoryzacji	74
7. OLED-y konkurencja dla diod LED	77
7.1. Zasada działania organicznych diod elektroluminescencyjnych	78
7.2. Zastosowania OLED	80
7.3. Różnice między diodami LED i OLED	82
Literatura	84

LED – diody elektroluminescencyjne

STRESZCZENIE

Diody elektroluminescencyjne (LED – Light Emitting Diode) w chwili obecnej są zaliczane do najnowszej generacji źródeł światła. W ostatnich kilku latach rozwijają się one bardzo dynamicznie. Diody LED działają w oparciu o zjawisko elektroluminescencji, które jest znane od ponad 100 lat (od roku 1907). Dlatego też w niniejszym opracowaniu opisano skrótowo różne rodzaje luminescencji, pierwsze konstrukcje diod LED oraz przedstawiono ich historyczny rozwój aż do czasów współczesnych. Omówiono również podstawy teoretyczne działania takich diod, materiały półprzewodnikowe stosowane przy ich wytwarzaniu, metody wytwarzania oraz najważniejsze rodzaje konstrukcji diod LED. Ponadto opisano także podstawowe parametry użytkowe takich diod i rodzaje ich zasilania w zależności od zastosowań. Najwięcej miejsca zostało poświęcone na opis wybranych przykładów zastosowań takich diod. Opisano między innymi ich zastosowania do oświetlenia wnętrz budynków, także do oświetlenia zewnętrznego oraz do oświetlenia różnego rodzaju obiektów muzealnych. Przedstawiono również możliwości ich wykorzystania przy doświetlaniu roślin, zastosowania do podświetlania ekranów LCD i monitorów, także niektóre zastosowania w technice światłowodowej, w technice motoryzacyjnej i w reklamie. W końcowym rozdziale skrótowo opisano OLED-y (Organic Light Emitting Diode), które ze względu na swe coraz lepsze parametry, w niedalekiej przyszłości mogą się stać poważną konkurencją dla diod elektroluminescencyjnych.

LED - Light-emitting diodes

ABSTRACT

Light-emitting diodes (LED – Light Emitting Diode) are currently included in the latest generation of light sources. In the past few years, they develop very dynamically. LEDs are based on the phenomenon of electroluminescence, which is known for more than 100 years (since 1907). Therefore, this paper briefly describes the different types of luminescence, the first LED structures and presents the historical development up to the present day. It also discusses the theoretical basis of operation of such diodes, semiconductor materials used in their manufacture, method of production and the most important types of LED structures. Furthermore, it describes the basic performance parameters such types of diodes and their power, depending on the application. Most space is devoted to a description of selected examples of applications such diodes. Described, inter alia, their use for lighting the interior of buildings, also for outdoor lighting and lighting of various kinds of museum objects. It also presents the possibility of their use in illuminate plants, use the backlight of LCD screens and monitors, along with some applications, fiber optics, automotive engineering and advertising. In the final chapter briefly describes OLEDs (Organic Light Emitting Diode), which, due to their increasingly better performance in the near future may become serious competition for light emitting diodes.