

DODATEK DO MIESIĘCZNIKA „INPE” SEP



INPE

**PODRĘCZNIK
DLA ELEKTRYKÓW**

ZESZYTY MONOTEMATYCZNE

ODZNACZONY m.in. ZŁOTĄ ODZNAKĄ HONOROWĄ SEP

Zeszyt 49

Zbigniew Porada

**Wprowadzenie
do optoelektroniki
i techniki światłowodowej**

Wrzesień 2014

PODRECZNIK DLA ELEKTRYKÓW

praca zbiorowa pod redakcją Jana Strojnego

Zeszyt 49

Wprowadzenie do optoelektroniki i techniki światłowodowej

Autor: dr hab. inż. Zbigniew Porada, prof. PK

Recenzent: prof. dr hab. inż. Tadeusz Pisarkiewicz

Tekst dostarczono we wrześniu 2014 r.

Od Wydawcy

Optoelektronika jest dziedziną techniki obejmującą projektowanie, produkcję i badanie urządzeń przetwarzających sygnały elektryczne na sygnały optyczne i zamianę sygnałów świetlnych na sygnały elektryczne i stanowi obecnie jedną z najszybciej rozwijających się dziedzin techniki nowoczesnej elektroniki w zakresie budowy i stosowania przetworników sygnałów elektrycznych na optyczne lub odwrotnie. Optoelektronika wykorzystuje zjawiska związane z rozchodzeniem się, obróbką i oddziaływaniem promieniowania elektromagnetycznego, a także problemami emisji oraz detekcji promieniowania, głównie w zakresie widzialnym. Wymaga to odpowiedniej znajomości podstaw optyki i elektroniki. Optoelektronika zajmuje się także konstrukcją i zastosowaniem urządzeń do emisji i detekcji światła, które znajdują obecnie coraz szersze zastosowania w różnych dziedzinach techniki, a także i np. w medycynie. Jednym z głównych zastosowań współczesnej optoelektroniki jest też przesyłanie informacji na duże odległości, w postaci sygnałów świetlnych i w takim przypadku mówimy o technice światłowodowej, która znajduje również zastosowanie np. w elektroenergetyce w technice zabezpieczeń linii energetycznych. Znajomość podstaw optoelektroniki i techniki światłowodowej stała się już konieczna dla pracy inżynierów elektryków Tym zagadnieniom poświęcony jest obecny zeszyt naszego Podręcznika. Jednocześnie w ramach programu humanizacji zawodu, we wstępie autor przedstawił krótki rys historyczny zagadnienia

Redakcja INPE

© 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)

ISSN 1234-0081

Zeszyty Podręcznika INPE dla Elektryków (bezpłatny dodatek dla całorocznych prenumeratorów INPE)

Wydawca i Redakcja:

SEP – COSiW Zakład Wydawniczy INPE

ul. Czaplinska 96 wejście B, 97-400 Belchatów, tel. 44 633 33 55

e-mail: redinpe@neostrada.pl, www.redinpe.com

NIP: 526-000-09-79

Redaktor naczelny:

Tadeusz Malinowski, tel. 785 028 557

Z-ca Redaktora naczelnego:

Jan Strojny, tel. 695 899 729

Biurowisko i księgowość:

Małgorzata Filipiak, tel. 783 976 966

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

Druk: Leyko Kraków

Rok wyd. XX

Nakład: do 5500 egz.

SPIS TREŚCI

1.	Wiadomości wstępne	6
1.1.	Fale elektromagnetyczne i światło widzialne	10
1.2.	Optyka geometryczna (podstawowe pojęcia i postulaty)	13
1.2.1.	Odbicie i załamanie światła	14
1.2.2.	Zasada Fermata i jej zastosowania	15
1.2.3.	Zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia	16
1.2.4.	Soczewki	17
1.3.	Właściwości absorpcyjne i dyspersyjne materiałów	18
2.	Źródła światła	21
2.1.	Źródła szerokopasmowe i o pojedynczej linii widma	21
2.2.	Półprzewodnikowe źródła światła	21
2.2.1.	Rekombinacja promienista w półprzewodnikach	21
2.2.2.	Diody LED, zasada działania i konstrukcje	24
2.2.2.1.	Homozłączone diody elektroluminescencyjne	27
2.2.2.2.	Heterozłączone diody elektroluminescencyjne	28
2.2.2.3.	Diody superluminescencyjne	29
2.2.3.	Diody laserowe, zasada działania i rodzaje	29
3.	Światłowody	35
3.1.	Zasada działania światłowodów	35
3.2.	Propagacja światła w światłowodach	37
3.3.	Apertura numeryczna i mody w światłowodzie	38
3.4.	Rodzaje światłowodów i ich wytwarzanie	39
3.4.1.	Metody wytwarzania światłowodów	40
3.5.	Straty mocy w światłowodach, dyspersja i czas narastania	43
3.5.1.	Okna optyczne światłowodów	43
3.5.2.	Straty mocy na połączeniach	44
3.5.3.	Dyspersja w światłowodach	45
2.5.3.1.	Dyspersja w światłowodach jednomodowych	47
2.5.3.2.	Obliczanie całkowitej dyspersji i czasu narastania	48
3.6.	Sprzężenie źródła światła ze światłowodem	49
3.7.	Światłowody foniczne	51
3.8.	Solitony	55
4.	Detekcja światła	57
4.1.	Parametry fotodetektorów	57
4.2.	Szumy i ich rodzaje	60
4.3.	Detektory fotonowe	61
4.3.1.	Fotorezystory	61

4.3.2. Fotodiody	62
4.3.3. Fotodiody p-i-n	63
4.3.4. Fotodiody Schottky'ego	64
4.3.5. Fotodiody lawinowe	65
4.3.6. Fototranzystory	66
4.4. Reakcja ludzkiego oka na światło	67
4.5. Podstawowe wiadomości z teorii detekcji optycznej	70
4.5.1. Ograniczenia kwantowe	70
4.5.2. System z zakłóceniami międzysymbolowymi	71
5. Wyświetlacze, ich typy i parametry	73
5.1. Wyświetlacze plazmowe	73
5.2. Wyświetlacze ciekłokrystaliczne	76
5.3. Wyświetlacze elektroluminescencyjne	82
5.4. Wyświetlacze wykorzystujące OLED-y	88
6. Wybrane przykłady zastosowań	94
6.1. Zastosowania w telekomunikacji	94
6.2. Czujniki światłowodowe	97
6.3. Zastosowania w medycynie	98
6.4. Optyka zintegrowana	103
Literatura	106
Stałe uniwersalne	109

Wprowadzenie do optoelektroniki i techniki światłowodowej

STRESZCZENIE

Optoelektronika jest obecnie jedną z najszybciej rozwijających się dziedzin techniki, która obejmuje badania, projektowanie i produkcję sprzętu oraz urządzeń przetwarzających sygnały elektryczne na sygnały optyczne i odwrotnie. Każde urządzenie, które działa jako przetwornik sygnałów elektrycznych na optyczne lub sygnałów optycznych na elektryczne jest uważane za urządzenie optoelektroniczne. Badania wchodzące w zakres optoelektroniki wykorzystują zjawiska związane z rozchodzeniem się, obróbką i oddziaływaniem promieniowania elektromagnetycznego, a także emisji oraz detekcji takiego promieniowania. Optoelektronika zajmuje się także konstrukcją i zastosowaniem urządzeń do emisji i detekcji światła. Zastosowania te obejmują różne dziedziny techniki, a także medycyny. Jednym z głównych zastosowań optoelektroniki jest też przesyłanie informacji na duże odległości, w postaci sygnałów świetlnych (technika światłowodowa). W niniejszym opracowaniu we wstępie skrótowo opisano fale elektromagnetyczne oraz podstawowe pojęcia z optyki geometrycznej. W dalszej części opisano półprzewodnikowe źródła światła, następnie światłowody oraz ich rodzaje i właściwości. W kolejnych częściach opracowania omówiono rodzaje detektorów i zagadnienia związane z detekcją światła, a następnie opisano wybrane rodzaje wyświetlaczy, w tym plazmowe, ciekłokrystaliczne, elektroluminescencyjne i oparte na OLED-ach. W ostatniej części skrótowo przedstawiono wybrane przykłady zastosowań optoelektroniki, w tym zastosowania telekomunikacyjne, medyczne oraz opisano kilka czujników światłowodowych.

Introduction to optoelectronics and fiber optics

ABSTRACT

Optoelectronics is now one of the fastest growing areas of technology, which includes research, design and production of equipment and processing equipment electrical signals to optical signals and vice versa. Any device that operates as a transmitter of electrical signals to optical or optical to electrical signal is considered an optoelectronic device. Research within the scope of optoelectronics use phenomena of propagation, processing and effects of electromagnetic radiation, and the emission and detection of such radiation. Optoelectronics deals with the design and application of devices for emission and detection of light. These applications include various fields of technology and medicine. One of the main applications of optoelectronics is also sending information over long distances, in the form of light signals (fiber optics). In this paper, the introduction briefly describes the electromagnetic waves and the basic concepts of geometrical optics. Hereinafter the semiconductor light source, optical fibers and then the kinds and properties. The following sections discuss the development of types of detectors and issues related to the detection of light, and then describes some types of displays, including plasma, liquid crystal, electroluminescent and based on OLEDs. The last section summarizes selected examples of applications of optoelectronics, including the use of telecommunications, medical, and describes several fiber optic sensors.