

ОПТОВОЛОКОННІ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

Малиш М.І., кандидат фізико-математичних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, M_Malysh@ukr.net, orcid.org/0000-0003-4532-0764

Куліш М.Р., доктор фізико-математичних наук, Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарева, НАН України, Київ, Україна, n_kulish@yahoo.com, orcid.org/0000-0002-4365-8174

FIBER OPTIC INFORMATION TRANSMISSION SYSTEMS

Malysh M.I., National Transport University, Kyiv, Ukraine, M_Malysh@ukr.net, orcid.org/0000-0003-4532-0764

Kulish N.R., V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, orcid.org/0000-0002-4365-8174

ОПТОВОЛОКОННЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Мальш Н.И., кандидат физико-математических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, M_Malysh@ukr.net, orcid.org/0000-0003-4532-0764

Кулиш Н.Р., доктор физико-математических наук, Институт физики полупроводников имени В.Е. Лашкарева, НАН Украины, Киев, Украина, n_kulish@yahoo.com, orcid.org/0000-0002-4365-8174

У даний час спостерігається стійка тенденція заміни електронних носіїв оптичними для передачі інформації до контрольно-вимірювальних приладів про стан об'єктів, на які впливають електромагнітні та іскрові перешкоди. У цьому випадку найбільш доцільно для передачі інформації використовувати оптоволоконні лінії. У даній роботі розглянуті властивості цих ліній.

Оптоволоконні лінії зв'язку

Сучасні системи передачі інформації оптичними каналами складаються з трьох основних компонентів: джерела світла, оптичного каналу, детектора світла (рис. 1).

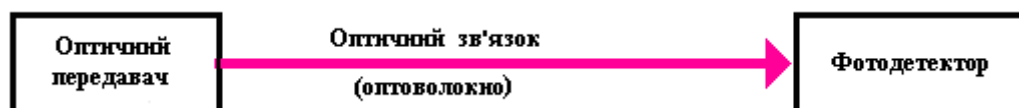


Рисунок 1 – Спрощена система оптоелектронного зв'язку

Figure 1 – Simplified optoelectronic communication system

Оптичний передавач перетворює аналоговий або цифровий електричний сигнал у відповідний йому світловий сигнал. Джерелом світла може бути або світлодіод, або твердотільний лазер [1]. Світлодіоди широко використовуються у лініях зв'язку малої і середньої дальності. Вони мають майже лінійну залежність інтенсивності випромінювання від величини електричного струму, яка слабо залежить від температури. Лазери мають малу площу поверхні, що випромінює, і можуть віддавати в оптоволокну більшу потужність, ніж світлодіоди. Лазери в основному використовуються для передачі інформації на великі відстані. Оптоволоконна лінія є кабелем, який складається з одного (рис. 2) або декількох кварцевих чи полімерних волокон. Зазвичай оптичний кабель складається з серцевини (Core), якою є суцільна кварцева або полімерна нитка діаметром меншим 9 мкм для одномодових кабелів і діаметром 50 мкм чи 62.5 мкм для багато модових кабелів. Серцевина оточена тонким шаром (Cladding) прозорого матеріалу з показником заломлення меншим за показник заломлення серцевини (Core). Власне серцевина з покриттям служить світловодом, бо в серцевині з покриттям відбувається розповсюдження потоку світла заданої довжини хвилі за рахунок повного внутрішнього відбивання. Наступна оболонка (Coating) товщиною від 350 до 900 мкм призначена для захисту волокна. Подальша оболонка (Strengthening fibres) захищає середину кабелю від напруження під час монтажу. Ця оболонка може виготовлятися з різного матеріалу від кевлару (Kevlar) до дротяних ниток чи рукавів, наповнених гелем. Останній зовнішній шар будь-якого кабелю (Outer jacket) захищає всі внутрішні шари. Отже, за конструкцією оптоволоконний кабель схожий на електричний, але містить спеціальні елементи для захисту світловодів.

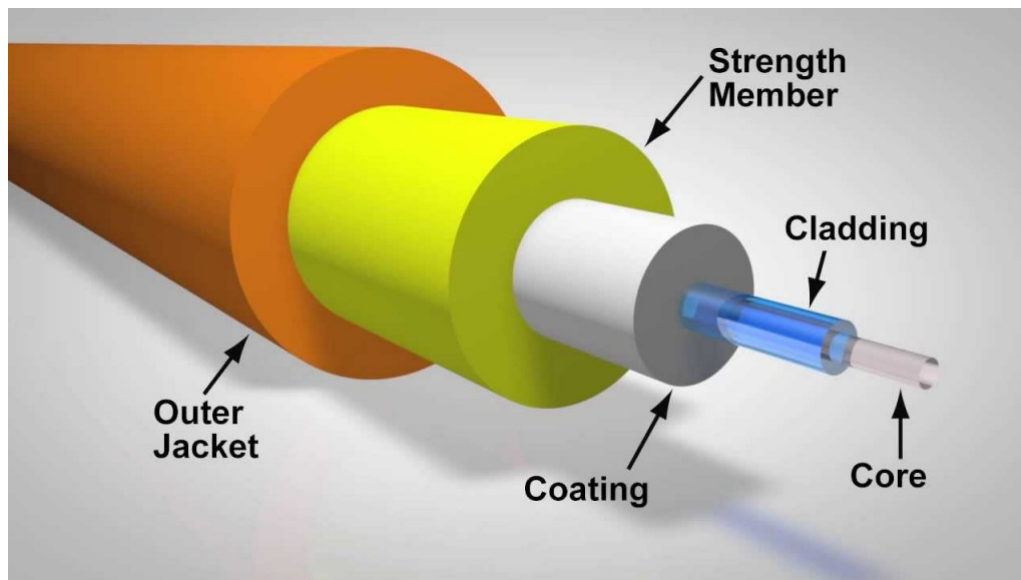


Рисунок 2 – Типовий одноволоконний кабель [2]
Figure 2 – Optical fiber structure

При розповсюдженні світла у волокні найменше поглинання буде для світла в області вікон прозорості кремнію (рис. 3). Довжини хвиль, які використовуються для передачі інформації по волокну наведені в табл. 1. Багатомодове волокно розроблено для роботи на довжинах хвиль 850 нм і 1300 нм, а одномодове волокно оптимізоване для 1310 нм і 1550 нм. Одномодові лазери використовуються для передачі інформації на довжинах хвиль 1310 нм або 1550 нм, а світлодіоди – на 850 нм або 1300 нм.

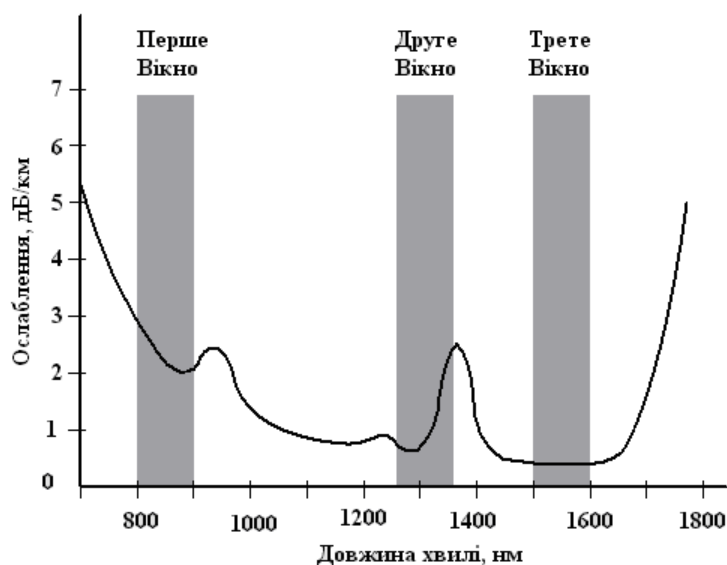


Рисунок 3 – Спектральні втрати в типовому оптичному кабелі [3]
Figure 3 – Spectral losses in a typical optical cable [3]

Таблиця 1 – Довжини хвиль, на яких відбувається передача інформації по оптоволоконнах [3]
Table 1 – Wavelengths at which information is transmitted over optical fibers

Оптоволокно з пластику	Багатомодове волокно	Одномодове волокно
650 нм		
850 нм	850 нм	
	1300 нм	1310 нм
		1490 - 1625 нм

Фотоприймачем оптичних сигналів найчастіше служить фотодіод, який перетворює світловий сигнал в копію електричного сигналу. Придатні для використання у волоконно-оптичних системах передачі інформації фотодетектори повинні мати наступні характеристики [4]:

- високу чутливість на робочій довжині хвилі;
- низький рівень шуму;
- низьке споживання енергії та низьку робочу напругу;
- сумісність з параметрами волокна;
- низьку вартість;
- високу надійність.

В оптоволоконних системах переважно використовуються PIN фотодіоди або лавинні фотодіоди, характеристики яких наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Типові характеристики детекторів [5]

Table 2 – Typical detector characteristics [5]

Параметр	Кремний		Германий		InGaAs	
	PIN	Лавина	PIN	Лавина	PIN	Лавина
Область довжин хвиль (нм)	400 - 1100		800 - 1800		900 - 1700	
Пік, нм	900	830	1550	1300	1300	1300
Чутливість А/Вт	0,6	77-130	0,65-0,7	3 - 28	0,63 - 0,8	
Квантова ефективність, %	65-90	77	50-55	55-75	60-70	60-70
Підсилення	1	150-250	1	5-40	1	10-30
Фактор перевищення шуму	-	0,3-0,5	-	0,95-1	-	0,7
Напруга зміщення, В	45-100	220	6-10	20-35	5	<30
Темновий струм, нА	1-10	0,1-1,0	50-500	10-500	1-20	1-5
Ємність, пФ	1,2-3	1,3-2	2-5	2-5	0,5-2	0,5
Час відгуку, нс	0,5-1	0,1-2	0,1-0,5	0,5-0,8	0,06-0,5	0,1-0,5

У даний час оптоволоконні системи передачі інформації широко використовуються завдяки наступним перевагам над дрововими системами [6]:

- волоконно-оптичні кабелі мають набагато більшу пропускну здатність;
- кількість інформації, яка може бути передана за одиницю часу волокном, є найбільшою в порівнянні з неоптичними системами;
- затрати енергії на передачу інформації малі у порівнянні з іншими системами, що дозволяє передавати сигнали на більшу відстань;
- волоконно-оптичні кабелі набагато тонші та легші, ніж металеві дроти; вони також займають менше місця у порівнянні з кабелями однакової інформаційної ємності (менша вага полегшує монтаж волокна);
- інформацію, яка передається оптичними волокнами, важко перехопити, оскільки вони не випромінюють електромагнітну енергію;
- світлові сигнали від одного волокна не перешкоджають сигналам інших волокон у тому ж волоконному кабелі;
- термін експлуатації понад 100 років.

Висновки

Встановлені основні закономірності розповсюдження світла в оптичних волокнах. При проектуванні та виготовлення систем передачі інформації оптичними волокнами потрібно

враховувати оптимальні типи джерел світла і фотодетекторів у залежності від відстані, на якій відбувається обмін інформацією.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Sources for optical fiber communication // <https://www.cambridge.org/core/terms>. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174770.012>.
2. The Advantages and Disadvantages of Optical Fiber // Posted on October 19, 2012 By FS.COM.
3. Understanding Wavelengths In Fiber Optics // <https://www.thefoa.org/tech/wavelength.htm>.
4. Q.L. Hu, Z.H. Li, L. Yang, K. Qiao, X.J. Zhang, Overview of research on space laser communication tracking and pointing technology // Chemical Engineering Transactions, 2015, 46, 1015-1020 DOI:10.3303/CET1546170.
5. Detectors for optical fiber communication // Downloaded from <https://www.cambridge.org/core>. The Librarian-Seeley Historical Library, on 09 Dec 2019 at 05:15:20, subject to the Cambridge Core terms of use, available at <https://www.cambridge.org/core/terms>. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174770.013>.
6. The Advantages and Disadvantages of Optical Fiber Posted on October 19, 2012 By FS.COM.

REFERENCES

1. Sources for optical fiber communication // <https://www.cambridge.org/core/terms>. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174770.012>.
2. The Advantages and Disadvantages of Optical Fiber // Posted on October 19, 2012 By FS.COM.
3. Understanding Wavelengths In Fiber Optics // <https://www.thefoa.org/tech/wavelength.htm>.
4. Q.L. Hu, Z.H. Li, L. Yang, K. Qiao, X.J. Zhang, Overview of research on space laser communication tracking and pointing technology // Chemical Engineering Transactions, 2015, 46, 1015-1020 DOI:10.3303/CET1546170.
5. Detectors for optical fiber communication // Downloaded from <https://www.cambridge.org/core>. The Librarian-Seeley Historical Library, on 09 Dec 2019 at 05:15:20, subject to the Cambridge Core terms of use, available at <https://www.cambridge.org/core/terms>. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174770.013>.
6. The Advantages and Disadvantages of Optical Fiber Posted on October 19, 2012 By FS.COM.

РЕФЕРАТ

Малиш М.І. Оптиковолоконні системи передачі інформації / М.І. Малиш, М.Р. Куліш // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2021. – Вип. 1 (48).

Детально досліджені особливості передачі інформації по оптичних волокнах в умовах наявності іскрових і електричних перешкод.

Мета досліджень: визначення вимог щодо джерел світла, оптичних кабелів і фотодетекторів найбільш придатних для виготовлення оптиковолоконних систем з метою обміну інформацією.

Об'єкт досліджень – оптиковолоконні системи.

Метод дослідження – теоретичний.

Встановлені основні вимоги щодо вибору світлодіодів, фотодіодів і оптичних кабелів для технічної реалізації оптичного зв'язку в умовах наявності іскрових і електромагнітних перешкод.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СВІТЛОДІОД, ОПТИЧНА ЛІНІЯ, ФОТОДЕТЕКТОР, ІНФОРМАЦІЯ.

ABSTRACT

Malysh M.I., Kulish M.R. Fiber optic information transmission systems. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2021. – Issue 1 (48).

Features of information transmission on optical fibers in the presence of spark and electric noise are investigated in detail.

The purpose of research: to determine the requirements for light sources, optical cables and photodetectors most suitable for the manufacture of fiber optic systems suitable for information exchange.

The object of research is fiber optic systems.

Research method is theoretical.

The basic requirements for the choice of light-emitting diodes, photodiodes and optical cables in the technical implementation of optical communication in the presence of spark and electromagnetic interference.

KEYWORDS: LED, OPTICAL LINE, PHOTODETECTOR, INFORMATION.

РЕФЕРАТ

Малыш Н.И. Оптоволоконные системы передачи информации / Н.И. Малыш, Н.Р. Кулиш // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2021. – Вып. 1 (48).

Подробно исследованы особенности передачи информации по оптическим волокнам в условиях наличия искровых и электрических помех.

Цель исследований: определение требований относительно источников света, оптических кабелей и фотодетекторов наиболее пригодных для изготовления оптоволоконных систем с целью обмена информацией.

Объект исследований – оптоволоконные системы.

Метод исследования – теоретический.

Установлены основные требования по выбору светодиодов, фотодиодов и оптических кабелей при технической реализации оптической связи в условиях наличия искровых и электромагнитных помех.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СВЕТОДИОДЫ, ОПТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ, ФОТОДЕТЕКТОР, ИНФОРМАЦИЯ.

АВТОРИ:

Малиш Микола Іванович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки, e-mail: M_Malysh@ukr.net, тел. +380442846709, +380508257165, Україна, 01103, м. Київ, вул. М. Бойчука, 42, к. 410, orcid.org/0000-0003-4532-0764 195

Кулиш Микола Радіонович, доктор фізико-математичних наук, Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарева НАН України, провідний науковий співробітник, e-mail: n_kulish@yahoo.com, tel. +380445256024, +380730422661, Україна, 03028, м. Київ, Велика Китаївська 10, к. 10, orcid.org/0000-0002-4365-8174.

AUTHORS:

Malysh M. I., associate professor, National Transport University, associate professor department of information and analytical activities and information security, e-mail: M_Malysh@ukr.net, tel. +380442846709, +380508257165, Ukraine, 01103, Kyiv, M. Boychuk str., 42, of. 410, orcid.org/0000-0003-4532-0764

Kulish Mykola Radionovich, doctor of physical-mathematical sciences, V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine, Leading Researcher, e-mail: n_kulish@yahoo.com, tel. +380445256024, +380730422661, Ukraine, 03028, Kyiv, Bolshay Kitaevskay str. 10, of. 10, orcid.org/0000-0002-4365-8174

АВТОРЫ:

Малыш Николай Иванович, кандидат физико-математических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры информационно-аналитической деятельности и информационной безопасности, e-mail: M_Malysh@ukr.net, тел. +380442846709, +380508257165, Украина, 01103, г. Киев, ул. М. Бойчука, 42, к. 410, orcid.org/0000-0003-4532-0764

Кулиш Николай Радіонович, доктор физико-математических наук, Институт физики полупроводников имени В.Е. Лашкарева НАН Укрини, ведущий научный сотрудник, e-mail: n_kulish@yahoo.com, tel. +380445256024, +380730422661 Украина, 03028, г. Киев, Большая Китаевская 10, к. 10, orcid.org/0000-0002-4365-8174.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Данчук В.Д., доктор фізико-математичних наук, професор, декан факультету Транспортних та інформаційних технологій, Київ, Україна.

Стрельчук В.В., доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач лабораторії, Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарева НАН України, Київ, Україна.

REVIEWER:

Danchuk V.D., doctor of sciences, professor, dean of the Faculty of Transport and Information Technologies, Kyiv, Ukraine.

Strelchuk V.V., doctor of sciences, professor, head department of general physics, V.E. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine.