

УДК 659.135.9:535.32

ОПТИМАЛЬНИЙ РЕЖИМ ПОШИРЕННЯ СВІТЛА В ОПТОВОЛОКНІ З РІЗНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ

Олейнікова І. В., кандидат фіз.- мат. наук, доцент
Київський національний університет технологій та дизайну

Шведова А. Д., студентка
Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: оптоволокно, світлодіодні та лазерні джерела, бічне світіння, енергоефективність, повне внутрішнє відбиття, закон Снелліуса.

Оптоволокно — це система декоративного або функціонального світіння, де світло передається через дуже тонку, гнучку та прозору нитку завдяки світловій енергії у вигляді світлових імпульсів.

Натомість, від звичайного кабелю, воно не проводить електричний струм, а лише передає фотони.

Поширення світла в оптоволокні — це процес передавання світлових сигналів через еластичну нитку з прозорого діелектрика який може бути пластиком чи склом. Даний процес базується на декількох фундаментальних фізичних явищах. Вони впливають на ефективність процесу проходження сигналу від джерела до приймача. Для застосування оптоволокна в системах світіння треба докладно обирати джерела світла, задля утворення максимально можливого світіння та енергоефективності. Шляхи підвищення ефективності світлових властивостей оптоволоконних систем можна розділити на два основних напрямки: вибір джерела світла та покращення властивостей оптоволокна через додавання домішок та нанесення покриттів.

За першим напрямком слід проаналізувати можливості різних джерел світла.

Світлодіодні джерела виготовляються з напівпровідникового матеріалу і принцип їх роботи полягає в властивостях діода з електронно-дірковим р-п переходом випромінювати світло під час активації. Якщо подається достатня кількість напруги, то електрони рекомбінують з дірками в області р-п переходу пристрою, вивільняючи енергію у вигляді фотонів. Такий ефект називають електролюмінесценцією, а колір світла, який в цей час генерується, залежить від енергії фотонів, що випускаються в той момент, та визначається шириною забороненої зони напівпровідника. Також їх використовують для комбінованих систем задля загального освітлення. Вони також надають точне передавання кольору та вважаються енергоефективними.

Використання лазерів для оптоволокна доцільно лише для передачі інформаційних сигналів. Це пов'язано з тим, що лазер має вузький пучок світла з високою концентрацією енергії і не може передаватися по оптоволокну без значних втрат енергії. Лазер відноситься до монохроматичних джерел світла і його використання в якості освітлення

немає сенсу. З іншого боку, в якості ріжучих елементів використовують оптоволоконні лазери, де оптоволокну виконує функції активного середовища. Для їх створення у склад додають рідкісноземельні елементи. Цей процес називається легуванням. Такий підхід дозволяє отримувати лазерні промені з різними довжинами хвиль. В якості таких легувальних елементів застосовують, зокрема, неодим, празеодим, гольмій тощо. Завдяки широкому діапазону регулювання довжини хвиль, таке обладнання стає універсальним і може використовуватися у багатьох сферах. Оптоволоконний лазерний маркер відрізняється тим, що випромінювання генерується напряму в активному оптичному волокні, а додаткове посилення забезпечується за рахунок діодів. Сучасні моделі лазерів недоцільно використовувати в якості джерел світла для оптоволоконна, але самі по собі вони використовуються в різних декоративних об'єктах, таких, як 3D-mapping, голограми тощо.

Оптимізація передачі залежить від фізичних властивостей самого волокна. Оптоволокну — це система, яка складається з двох трубок та серцевини, що розташована вздовж осі оптоволоконна. Принцип роботи побудований на фізичному явищі повного внутрішнього відбиття. Світло, потрапляючи в середину оптоволоконна, після багатьох відбивань не виходить за межі оболонки та передається вздовж неї. Таким чином потік світла без змін виходить з іншого торця оптоволоконна. В разі бічного світіння можливо отримати повністю освітлене оптоволокну. Оптоволокну, завдяки своїм властивостям, є універсальним провідником світла, адже воно не створює пульсацію, точно передає кольоровий спектр джерела світла, не нагрівається та має достатньо тривалий термін використання.

Бічне світіння відбувається за допомогою рівномірного розподілу світла по всій довжині оптоволоконна, внаслідок чого ми отримуємо стабільно освітлюване оптоволокну, що є варіантом для заміни неонових трубок. Розсіювання Релея, Бріллюена та комбінаційне розсіювання у волокнах є результатом взаємодії фотонів з локальними характеристиками матеріалу, такими як густина, температура та деформація.[1]

Для оптоволоконна бічного світіння доречним є використання світлофільтрів, що накладаються на джерело світла, тим самим створюючи потрібний колір оптоволоконна.[2] Спираючись на данні цитування можна зрозуміти принцип відбивання світла у оптоволоконні.

Торцеве світіння відбувається завдяки точковому розподілу світла по всій довжині кабелю, через це світіння видно лише з іншого кінця оптоволоконна без змін потоку світла.[3]

Скляні волокна мають круглий поперечний переріз, коли вони використовуються як провідники для світла. вони складаються, як раніше було сказано в роботі, з середини та скляної оболонки, що мають різні показники заломлення. Кут заломлення світла у самому матеріалі знаходиться на межі пересічення оболонки та серцевини. Кут, під яким промінь входить у волокно, визначає кінцевий напрямок цього ж променя.

Через це іноді виникають ненавмисні, але неминучі хвилі випромінювання світла. Щоб мінімізувати це, волокно зазвичай поміщається в оболонку, аби поглинати ці хвилі. Можна сказати, що на межі оболонки та серцевини має бути граничний кут для повного відбиття, виходячи з геометричних міркувань. Чим більша серцевина за показником заломлення відносно оболонки, тим ширшим стає робочий діапазон кутів введення світла. У системах передачі сигналу ми оптимізуємо кут так, щоб отримати лише основні хвилі. В системах декоративного підсвічування, де світлові хвилі взаємодіють з поверхнею для забезпечення бокового світіння, слід спеціально підбирати кути або матеріали так, щоб частина хвиль переходила в оболонку та розсіювалася.

Формула описує закон заломлення (закон Снелліуса) на межі розділу світла у серцевині (n_k) та оболонці (n_m):

$$\frac{\sin Q_{ec}}{\sin Q_{ec}} = \frac{n_m}{n_k}$$

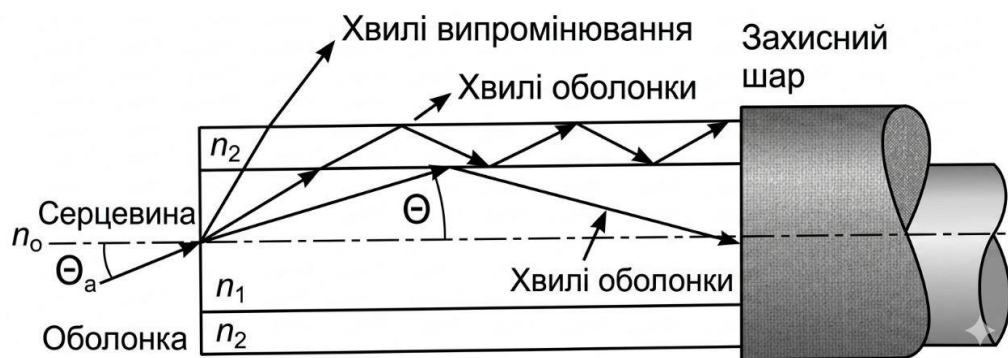


Рисунок 1 - Заломлення світла

У висновку зазначимо, що в результаті аналізу в якості джерела світла для бокового світіння оптоволокна слід обирати світлодіоди. Вони створюють однорідне розсіювання по всій довжині.

Для збільшення енергоефективності обидва кінця оптоволокна слід заводити до джерела живлення.

Список використаних джерел

1. Bao X, Chen L. Recent Progress in Distributed Fiber Optic Sensors. *Sensors*. 2012; 12(7):8601-8639. <https://doi.org/10.3390/s120708601>
2. Yatsenko, A., & Oleinikova, I. (2021). Using optic fiber as part of general ambient lighting to maximize energy efficiency. *Technologies and Engineering*, (2), 40–47. <https://doi.org/10.30857/2786-5371.2021.2.4>
- 3 Li, Fang Jian. "Analysis of the Wireless Optical Communication Technology and Its Application." *Applied Mechanics and Materials* 687–691 (November 2014): 3579–82. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.687-691.3579>.