

## Відзив

офіційного опонента на дисертаційну роботу Сичової О. В. «Автоматизація процесів з'єднання фотонно-кристалічних волокон», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування

Сучасний світ інформаційних технологій висуває усі нові і складніші вимоги до систем передачі даних, до яких відносяться також і волоконно-оптичні лінії зв'язку. Розробники таких систем постійно удосконалюють її елементну базу для поліпшення параметрів і характеристик ВОЛЗ. Відносно нещодавно серед різних типів стандартних волокон на основі повного внутрішнього відбиття почали з'являтися фотонно-кристалічні волокна (ФКВ), що використовують у своїй структурі діелектричні трубки малого діаметру для створення періодичної структури в поперечному перерізі волокна. Цим вони відрізняються від традиційної структури в поперечному перерізі для стандартного волокна. Технічні характеристики сучасних ФКВ вже зараз наближаються до таких для стандартних волокон і в найближчому майбутньому їх перевершуватимуть.

Проте для успішного використання ФКВ в сучасних і перспективних волоконно-оптичних лініях зв'язку необхідно вирішити ряд складних технічних проблем, однією з яких є проблема з'єднання ділянок ВОЛЗ шляхом зварювання відрізків ФКВ. Така проблема успішно розв'язана для стандартних волокон, зараз широко використовується цілий ряд приладів, які з високою якістю (мінімальними втратами), виконують такі завдання. Для з'єднання відрізків ФКВ з прийнятним рівнем втрат ще належить вирішити цілий ряд завдань, зважаючи на особливості просторової структури ФКВ і світлових полів, які в них поширюються. Тому тема дисертаційної роботи

Сичової О.В., присвяченої дослідженню шляхів автоматизації процесів з'єднання ФКВ з малими втратами є безумовно актуальною.

Це також підтверджується тим, що авторка приймала участь у виконанні цілої низки держбюджетних науково-дослідних робіт кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, зокрема НДР «Теоретичні і методологічні основи автоматизованих технологій комплексного контролю параметрів компонентів у виробництві і експлуатації волоконно-оптичних систем» (ДР №0102U003742); НДР «Теоретичні основи створення перспективних компонентів та нових технологій їх виробництва для широкого класу волоконно-оптичних систем» (ДР №0105U002739); НДР «Конструкторсько-технологічні основи створення перспективних компонентів мікроелектромеханічних систем та технологій їх виробництва» (ДР №0108U002216) та ін.

Структурно робота складається з п'яти розділів. У першому розділі проведений аналіз завдань автоматизації процесів з'єднання ФКВ. Тут детально описаний склад ФКВ із гексагональною просторовою структурою, що має принципове значення для організації процесу їх зварювання. Описані технологічні процеси з'єднання ФКВ як роз'ємних так і зварних. Проаналізовані методи контролю оптичних геометричних параметрів оптичних волокон. Тут також детально описані фактори, що визначають втрати оптичної потужності сигналу як у самому ФКВ так і на їх з'єднаннях. Тут також визначені технічні вимоги до параметрів з'єднання, сформульовано завдання дисертаційних досліджень.

У другому розділі розроблена загальна структура автоматизованої системи керування процесами з'єднання ФКВ. З урахуванням просторової структури ФКВ тут визначені основні фактори, що впливають на ефективність процесу їх з'єднання, тому цілком логічним виглядає встановлена авторкою необхідність контролю позиціонування по куту повороту волокна.

Третій розділ дисертаційної роботи присвячений розробці методу контролю позиціонування ФКВ за лінійними координатами. Тут проведено теоретичне обґрунтування доцільності використання методу автозгортки що до теперішнього часу не використовувався для позиціонування ФКВ, отримані необхідні аналітичні співвідношення зі специфікою ФКВ. В цьому розділі запропоновані і вдало використані деякі технічні рішення, призначені для підвищення якості позиціонування. В цьому розділі наведена і проаналізована структурна схема керування позиціонуванням ФКВ за лінійними координатами.

Розглянуті у дисертаційній роботі ФКВ мають гексагональну просторову структуру. Інтенсивність світла, що виходить із волокна також має відповідну симетрію. При з'єднанні ФКВ природно виникає необхідність кутового узгодження відрізків ФКВ. Саме це завдання вирішується четвертому розділі дисертаційної роботи. При цьому це завдання не виникає для стандартних волокон, тому отримані в цьому розділі результати є новим і важливими. Тут наведені необхідні для подальшого використання формули для розрахунку розподілу інтенсивності світла на виході ФКВ, а також результати на графіках 4.7-4.18, що мають важливе практичне значення. Тут також проаналізована система керування позиціонування ФКВ за кутом повороту навколо повздовжньої осі.

У п'ятому розділі дисертаційної роботи наведені результати експериментальної перевірки розроблених к попередніх розділах технічних рішень. Практично реалізований метод автозгортки для позиціонування ФКВ за лінійними координатами і доведені його переваги перед відомим інтегральним методом вимірювання центру мас у розподілі інтенсивності за критерієм зменшення втрат. Тут також практично доведена доцільність позиціонування за кутом повороту. Результати цього розділу логічно завершують дослідження дисертаційної роботи.

В результаті проведених досліджень авторкою отримані наступні нові наукові результати:

1. Вперше розроблено метод автоматизованого позиціонування поєднаних фотонно-кристалічних волокон, заснований на визначенні параметрів розташування їх осей за лініями регресії, побудованими шляхом ідентифікації координат центрів фотонно-кристалічних волокон із застосуванням методу автозгортки до вимірюваного розподілу оптичного поля фотонно-кристалічних волокон, що дозволяє підвищити якість з'єднання та зменшити втрати оптичної потужності сигналу у з'єднанні.

2. Вперше розроблено метод автоматизованого позиціонування двох фотонно-кристалічних волокон, заснований на врахуванні куту взаємного повороту волокон навколо їх поздовжньої осі, що дає змогу враховувати структуру модового поля волокна в процесі з'єднання та зменшити оптичні втрати.

3. Отримав подальший розвиток метод визначення координати центру перерізу фотонно-кристалічного волокна, який відрізняється від відомих застосуванням до сформованого при поперечному зондуванні світловим променем фотонно-кристалічного волокна одновимірною розподілу оптичного поля процедури автозгортки, що дає змогу підвищити точність визначення розташування волокна.

4. Удосконалено математичне забезпечення автоматизованої системи керування процесом з'єднання фотонно-кристалічних волокон за рахунок обґрунтування методів поперечного та поздовжнього оптичного контролю об'єкту, врахування особливостей оптико-геометричної структури фотонно-кристалічних волокон, що сприяє покращенню характеристик якості процесу позиціонування.

В цілому, отримані в дисертаційній роботі матеріали базуються на фундаментальних положеннях теорії автоматичного управління, теорії

розповсюдження електромагнітних хвиль крізь оптичне волокно, загальновідомих методах статистичної обробки випадкових сигналів, теорії побудови оптичних систем. Отримані результати добре корелюють з відомими результатами теорії і практики автоматичного з'єднання стандартних оптичних волокон, вони також підтверджуються результатами імітаційного моделювання та фізичного експерименту. Тому можна вважати, що основні висновки, зроблені авторкою є обґрунтованими та достовірними.

Аналізуючи роботу, можна зробити висновок, що вона має важливе практичне значення, про що свідчать акти реалізації та впровадження її результатів. Ці результати можуть бути рекомендованими до використання в організаціях та підприємствах України, що вирішують проблеми створення волоконно-оптичних систем, проектування та виробництва волоконно-оптичних компонентів.

Оцінюючи роботу в цілому, можна відзначити, що вона створює загальне позитивне враження. Тут має місце чітка постановка задачі, логічне обґрунтування необхідності проведення досліджень у даному напрямку, розглядаються можливі варіанти підходу до вирішення поставленої задачі, вибираються адекватні методи її вирішення. Графічний матеріал наочно ілюструє отримані в роботі закономірності, висновки мають ясне фізичне трактування.

В той же час, аналізуючи роботу, можна відзначити деякі недоліки.

1. На мій погляд, матеріал першого розділу дисертаційної роботи надмірний, оскільки містить багато інформації загального характеру (наприклад, відомості про хроматичну дисперсію), але при цьому він займає 30% від об'єму п'яти розділів дисертаційної роботи.

2. У дисертаційній роботі досліджується автоматичний процес з'єднання ФКВ по аналізу розподілу інтенсивності, сформованого при освітленні волокна і реєстрації розподілу інтенсивності з допомогою ПЗЗ

матриці. Останній процес відбувається за наявності адитивного шуму з нульовим середнім значенням, проте походження цього шуму в дисертації не деталізоване. Відомі і найбільш поширені адитивні перешкоди при реєстрації сигналів в таких системах обумовлені зовнішнім фоновим випромінюванням і шумами детектування в елементах ПЗЗ матриці. Проте вони призводять лише до збільшення реєстрованих значень інтенсивності, оскільки не мають від'ємних значень, адитивний шум, створюваний ними не може мати середнього значення рівним нулю.

3. Дисертаційна робота спрямована на зниження оптичних втрат при з'єднанні ФКВ. Методом моделювання у четвертому розділі роботи показано, що, значення втрат залежать від точності юстування тобто від поперечного та поздовжнього зсуву і кутового зміщення (графіки 4.7-4.18). Але ця точність у свою чергу залежить від похибок вимірювання цих величин. У четвертому розділі є згадування про шуми, супутні з вимірюваннями відповідного параметра, про методи зменшення похибки вимірювання (зокрема за використанням фільтра Баттерворта), але ніяких даних про потенційну точність вимірювання бажаного параметра і кінцеву похибку після фільтрації в роботі не наведено. Залишилось нез'ясованим також, від яких параметрів методу, приладу вона залежить.

Але визначені недоліки не знижують цінності результатів, що отримані в дисертації.

Аналіз публікацій автора дозволяє зробити висновок, що основні результати дисертації найшли повне відображення в наукових фахових виданнях. Серед яких є 11 наукових статей (9 наукових статей у фахових наукових періодичних виданнях України з технічних наук, що індексуються міжнародними бібліометричними і наукометричними базами даних: CiteFactor, Cosmos Impact Factor, ESJI, Journal Factor, Public Knowledge Project (PKP), Academic Resource Index, WorldCat, Scientific Indexing Services (SIS),

The Journals Impact Factor (JIF), International Citation Index of Journal Impact Factor & Indexing, Open Academic Journals Index (OAJI), у пошукових системах Google Scholar та ICI World of Journals, Index Copernicus, Inspec Ideas, Academic Keys, Infobase Index, Google Scholar; 1 стаття у зарубіжному науковому періодичному виданні, що індексується міжнародною наукометричною базою Scopus), 1 розділ в колективній монографії, що видана за кордоном (Латвія, м. Рига), 2 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір, 17 тез доповідей у матеріалах наукових міжнародних конференцій, 12 з яких індексуються міжнародними наукометричними базами Scopus і Web of Science.

Робота пройшла необхідну апробацію на наукових семінарах та конференціях. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на таких науково-технічних конференціях: IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking (Odessa, 2020); IEEE 6th, 7th, 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (Sudak, 2013, Odessa, 2016, Sozopol, Bulgaria, 2019), IEEE Second, Third, 4th and 5th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (Kharkiv, 2015-2018), IEEE 6th, 8th and 10th International Conference on Laser and Fiber-Optical Networks Modeling (Kharkiv, 2004, 2006, Sevastopol, 2010), IEEE International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (Lviv, 2008), XIV International Conference Strategy of Quality in Industry and Education. (Varna, Bulgaria, 2018), Всеукраїнська науково-практична Internet-конференція (Черкаси, 2016), Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми електромагнітної сумісності перспективних безпроводних мереж зв'язу» (Харків, 2015), VII Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій» (Запоріжжя, 2014), IX Міжнародна молодіжна

наукова-технічна конференція «Сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікацій» (Севастопіль, 2013).

Автореферат дисертації повною мірою відображає зміст роботи та отримані автором результати досліджень.

Таким чином, дисертаційна робота «Автоматизація процесів з'єднання фотонно-кристалічних волокон» є закінченою науковою роботою, в якій отримані нові науково-обґрунтовані теоретичні і практичні результати, що в сукупності вирішують важливу задачу позиціонування фотонно-кристалічних волокон із низькими оптичними втратами при їх з'єднаннях. Вирішення цієї задачі має велике значення для розвитку теорії та практики побудови автоматизованих систем з'єднання фотонно-кристалічних волокон. Тому відповідно до пп. 9, 11-14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013 із змінами та доповненнями її авторка Сичова О. В. заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

Офіційний опонент

професор кафедри теоретичної та

прикладної системотехніки

Харківського національного університету

імені В.Н.Каразіна

доктор технічних наук, професор,

Г.М. Доля

Підпис доктора технічних наук, професора Доля Г.М. засвідчую



*Handwritten signature of G.M. Dolya*