

УДК 621.373:535

О. В. ВОЛЯР, О. В. ГНАТОВСЬКИЙ, Л. М. КУЧІКЯН, О. П. ЛОГІНОВ,
Н. В. МЕДВІДЬ, член-кореспондент АН УРСР М. Т. ШПАК

КОРЕКЦІЯ ХВИЛЬОВОГО ФРОНТУ ПОЛЯ НА ВИХОДІ ВОЛОКОННОГО СВІТЛОВОДУ

У даному повідомленні описані перші експериментальні результати перетворення складного хвильового фронту світлового поля на виході волоконного світловоду в плоску хвилю незалежно від зміни в часі просторово-кутових характеристик цього поля.

Проблема вирівнювання хвильового фронту випромінювання після світловоду належить до найбільш важливих у воколонній оптиці і пов'язана із зменшенням втрат енергії при її передачі від однієї ділянки волоконного тракту до іншої. В розглядуваному тут аспекті перетворення складного нестационарного хвильового фронту такі витрати енергії пов'язані з великою розбіжністю випромінювання на виході світловоду і неможливістю сфокусувати його в строго задану точку з потрібним розподілом інтенсивності.

Відомо, що у волоконнім світловоді малого діаметра при довільному збудженні можуть існувати десятки мод високого індексу, який залежить від способу збудження волокна, технології його виготовлення, впливу оточуючого середовища тощо. Тому поле на виході з волокна в більшості практичних ситуацій змінюється в часі і характеризується, як правило, невідтворюваним розподілом амплітуди і фази. Отже, застосування відомих методів перетворення хвильового фронту [1, 2] у випадку волокна малоефективне.

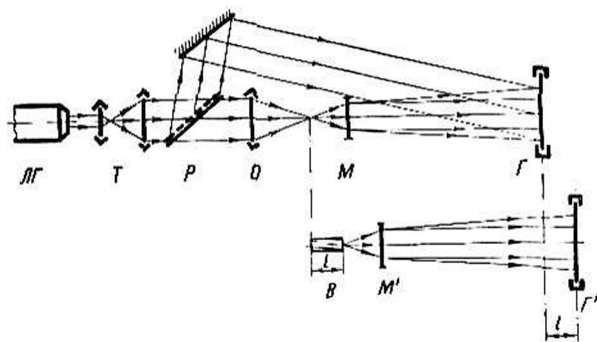


Рис. 1. Оптична схема експериментальної установки.

У зв'язку з цим для перетворення складних полів на виході світловоду в плоску хвилю з рівномірним розподілом енергії по перетину пучка доцільно було використати оригінальний інтерферометричний метод корекції хвильового фронту [3], суть якого полягає в тому, що при проходженні світлового пучка з довільним хвильовим фронтом через інтерферометр на виході останнього можна одержати поле з більш простою формою хвильового фронту, яка залежить більшою мірою від настроювання інтерферометра, ніж від вихідного випромінювання. Такому вторинному полю можна надати плоского хвильового фронту, наприклад, голографічним методом [1].

Інтерферометричний метод виявився досить ефективним при корекції відносно простих поперечних мод газового лазера [3]. Але через вищезгадані фактори його застосовність для світловодів не була очевидною і вимагала експериментальної перевірки.

Експерименти проводились на установці, оптична схема якої зображена на рис. 1. Запис коригуючої голограми здійснювався так: пучок когерентного світла проходив через розширювальний телескоп Т і падав на світлоділильний пристрій Р. Сигнальний пучок фокусувався об'єктивом О, пропускався через дифракційний фазовий модулятор М, що функціонально замінює інтерферометр [4], а потім інтерферував з плоскою опорною хвилею. При відновленні голограми у фокусі об'єктива розміщувався вхідний торець волокна. Таким чином, відновлення голограми здійснювалося світловим полем, що проходило через волокно. Скориговане поле вивчалось в дальній зоні першого дифракційного порядку голограми. Очевидно, що загальний вигляд спостережуваної картини буде залежати від типу використовуваного модулятора М. У випадку корекції поля лише по одній кутовій координаті в дальній зоні спостерігатиметься інтенсивний максимум у вигляді палички; при необхідності корекції по двох кутових координатах — у вигляді яскравої круглої плями.

Дослідження проводились з волоконними світловодами, виготовленими методом витяжки із скляного штабика (жила БФ 25, оболонка К 17). Довжина волокон ~ 50 мм і діаметр 70 мкм. Збудження волокон здійснювалося фокусуванням світлового пучка об'єктивом на центр вхідного торця волокна. Джерелом збудження був лазер ЛГ-36, який працював в різних поперечно-модових режимах генерації.

На рис. 2 наведені результати корекції вихідного випромінювання волокна по одній кутовій координаті, де модулятором була фазова структура типу одновимірної зонної пластинки Френеля. В колонці 1 зображений кутовий спектр поля після волокна, в колонці 2 — кутовий розподіл цих же полів після корекції хвильового фронту. Кутовий масштаб дозволяє оцінити ступінь зменшення розбіжності випромінювання.

Більш складним в експериментальному плані виявився випадок корекції поля по двох кутових координатах, де потрібне більш точне спів-

вісне юстирування всіх елементів оптичної схеми. На рис. 3 зображені кутові спектри поля на виході деяких волокон при довільних кутових характеристиках збуджуючого випромінювання, а також відповідні результати корекції хвильового фронту, які дали змогу одержати пучки з роз-

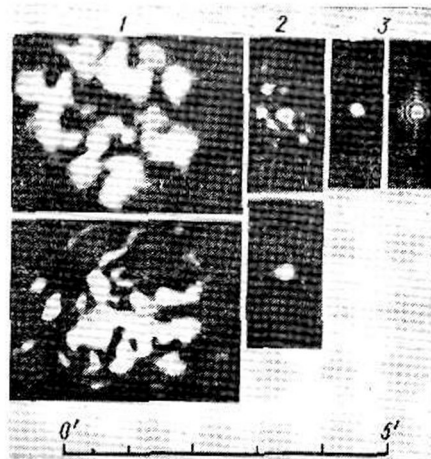
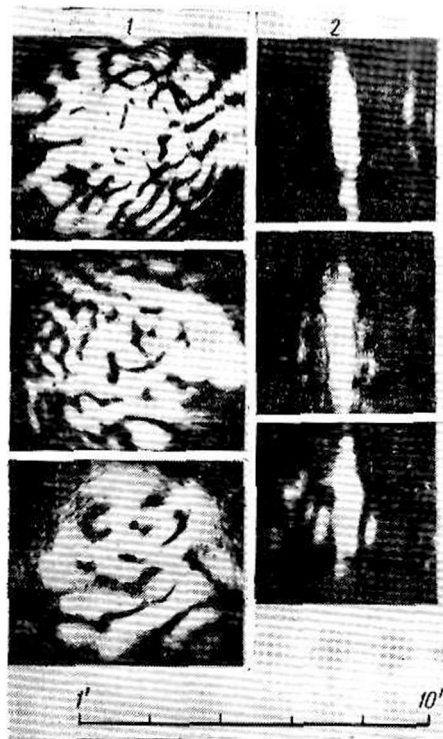


Рис. 2. Дальня зона поля на виході волокна (1) і після корекції по одній кутовій координаті (2).

Рис. 3. Дальня зона поля на виході волокна (1) і після корекції по двох кутових координатах (2). Для порівняння наведені результати корекції при відновленні голограми записуючим полем і дифракція плоского опорного пучка на апертурі голограми (3).

біжністю випромінювання, близькою до дифракційної. Це видно при порівнянні з фотографіями третьої колонки рис. 3. Тут наведений результат корекції поля на виході волокна з допомогою звичайної голографічної методики [1, 2] і кутовий спектр дифракції плоскої хвилі на круглій діафрагмі, діаметр якої дорівнював діючій апертурі голограми Г, тобто гранично можливе зменшення пучка. Видно, що всі три результати практично збігаються. Одержаний в наших дослідах ККД складає $\sim 10 - 15\%$, що не є границею можливостей методу.

Важливо відзначити, що результати корекції складних полів волоконних світловодів інтерферометричним методом були одержані за допомогою однієї і тієї ж системи: модулятор — голограма для різних волокон при різних умовах збудження. Такий універсалізм перетворення складної форми хвильового фронту поля на виході волокна вказує на перспективність застосування інтерферометричного методу в системах волоконної та інтегральної оптики.

Література

1. Бондаренко М. Д., Гнатовский А. В., Соскин М. С. Голографический метод преобразования когерентных световых полей.— ДАН СССР, 1969, 187, № 3, с. 538—540.
2. Кольер Р., Беркхарт К., Лин Л. Оптическая голография. М., «Мир», 1973. 688 с.
3. Гнатовський О. В., Логінов О. П., Селезньов В. В., Шпак М. Т. Інтерферометричний метод корекції вихідних характеристик газових ОКГ.— УФЖ, 1977, 22, № 8, с. 1418—1420.

Інститут фізики
АН УРСР

Надійшло
3.VIII 1977 р.

A. A. VOLJAR, A. V. GNATOVSKIJ, L. M. KUCHIKJAN,
A. P. LOGINOV, N. V. MEDVED', M. T. SHPAK, Corr. Member
Academy of Sciences, Ukrainian SSR

THE CORRECTION OF THE FIELD WAVE-FRONT COMING OUT OF FIBRE LIGHTGUIDE

Summary

The results of correction of angular characteristics of the light field coming out from the fibre lightguide by the interferometric method are given. By means of the same corrective system the radiation coming out from the fibre was transformed into a narrow beam with divergence similar to diffraction divergence. The beam's angular parameters did not change when the fibre was excited in different ways.
