

02;07  
©1994

## АВТОПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА В МАЛОМОДОВОМ ВОЛОКНЕ

*А.В.Воляр, С.Н.Лапаева, Э.А.Модникова*

Вопрос параллельной передачи и обработки информации через многомодовое волокно ранее обсуждался в работах [1,2]. Пропускная способность многомодового волокна как канала параллельной передачи информации определяется числом мод, участвующих в формировании изображения. Поля в таких волокнах имеют центрально-симметричную структуру и представляются суперпозицией собственных неоднородно-поляризованных мод. Поэтому вопрос параллельной передачи информации тесно связан с проблемой восстановления поляризации света в волокне.

В настоящей работе сделана попытка экспериментально и модельно-теоретически исследовать вопрос автовосстановления поляризации света в маломодовом волокне в линейном и нелинейном режимах.

1. Процесс передачи изображения состоит в разложении волнового поля на входном торце волокна в ряд по собственным модам, распространяющимся с различными скоростями и в автофазировке их в определенных сечениях волокна [2]. В нашей работе задача фазировки мод для маломодового ступенчатого волокна решалась на ЭВМ.

Из решений общих характеристических уравнений [3] находились постоянные распространения  $\beta$  для семи мод. Из условия синфазности [2] и кратности  $2\pi$  было найдено, что на длинах  $Z = 11,2$  мкм происходит восстановление структуры поля, характерное для входного торца. Полуширина зоны восстановления волнового фронта пропорциональна длине волны излучения. Так как с ростом числа мод (т.е. ростом разрешающей способности) полуширина зоны резко уменьшается и в некоторый момент оказывается сравнимой с длиной волны света, то процесс восстановления первоначальных характеристик волны в таком волокне за счет автофазировки оказывается принципиально неразрешимой задачей.

2. Рассмотрим восстановление состояния и степень поляризации света в маломодовом волокне для линейных комбинаций собственных мод. Для исследуемого волокна реализовались линейные суперпозиции мод: четные моды  $TE_{01} + HE_{21}$ ,  $HE_{31} + EH_{11}$ ,  $TM_{01} + HE_{21}$  (LP-моды) и  $HE_{11}$ ,  $HE_{21}$  —

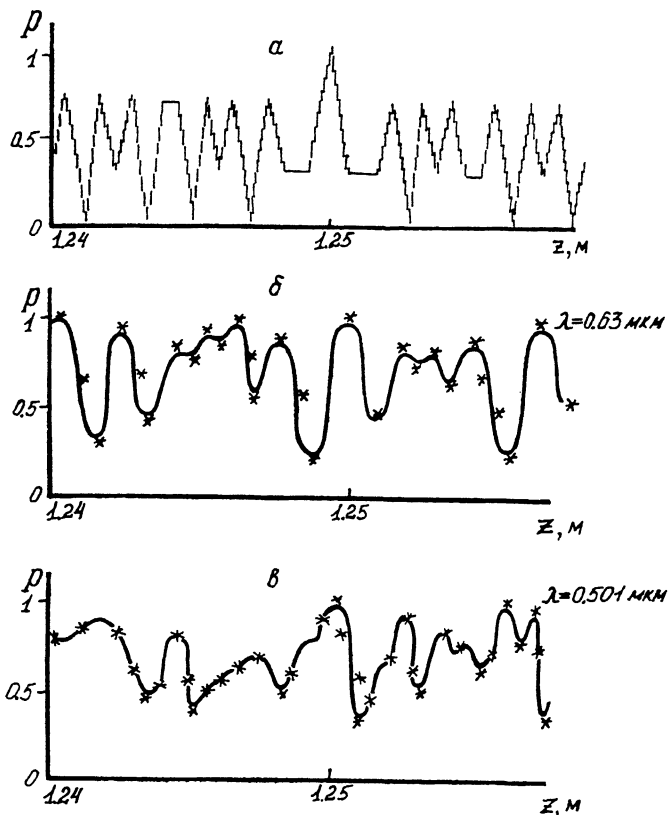
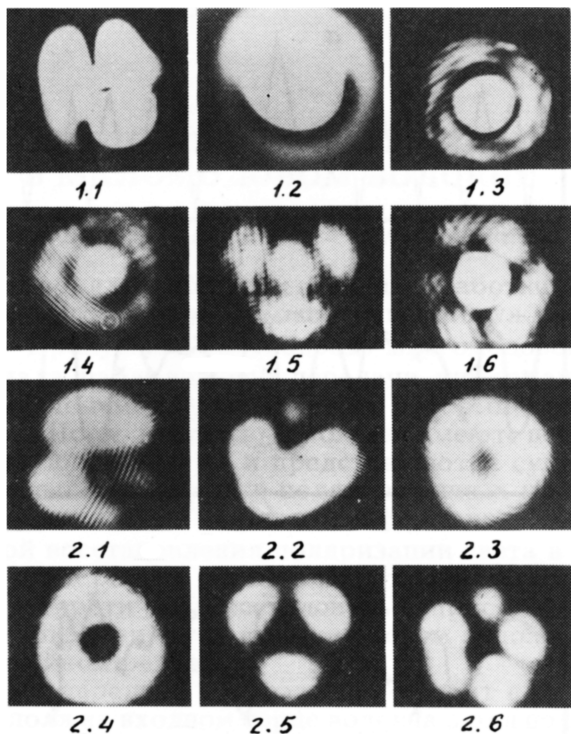


Рис. 1. Зависимость степени поляризации света  $P$  от  $z$  ( $a$  — теоретическая кривая,  $б, в$  — экспериментальные кривые).

собственные моды. Постоянная распространения в первом приближении теории возмущения представляется <sup>[3]</sup>:  $\beta_i = \tilde{\beta}_i + \delta\beta_i$ , где  $\tilde{\beta}$  — постоянная распространения в приближении скалярного волнового уравнения,  $\delta\beta_i$  — поляризационная поправка. В результате введения такой поправки LP — мода остается линейно-поляризационной в сечениях волокна на длине биений  $T_i$ . Для волокна с волноводным параметром  $V = 4.87$  длина биений для каждой LP — моды равна  $T_1 = 5983$ ,  $T_2 = 4058$ ,  $T_3 = 250623$  мкм, соответственно. На рис. 1,  $a$  представлена кривая зависимости степени поляризации  $P$  от длины волокна  $z$ . На расстояниях  $z = 1.25$  м имеет место эквидистантная автополяризация мод.

Экспериментально проводились исследования зависимости степени поляризации света, прошедшего через маломодовое волокно, от температуры окружающей среды. В качестве исследуемого образца было выбрано кварц-кварцевое



**Рис. 2.** Фотография поля излучения многомодового волокна при изменении температуры (относительной оптической длины волокна).

волокно с диаметром сердцевины 15 мкм и показателями преломления сердцевины и оболочки — 1.47 и 1.46 соответственно. Волокно длиной 200 м наматывалось на барабан радиусом 20 см и помещалось в термостат с плавной регулировкой температуры. В качестве источника света использовались лазеры: He-Ne ( $\lambda = 0.63$  мкм) мощностью 1 мВт и Ar ( $\lambda = 0.501$  мкм) мощностью 70 мВт. При увеличении температуры на  $5 - 6^\circ \text{C}$  изменяется спекл-картина в дальнем и ближнем поле, которая приведена на рис. 2. При определенных температурах наблюдается выраженный центральный осесимметричный интерференционный максимум (рис. 2, 1, 3), (1.4). При медленном изменении температуры можно подобрать такие состояния, где степень поляризации света составит 0.95–0.98. Сравнивая экспериментальные кривые (рис. 1, б, в) с теоретической (рис. 1, а) получаем хорошее качественное согласование, которое указывает на наличие неустойчивых зон автополяризации света в линейном режиме.

3. Экспериментально исследовалась зависимость степени поляризации света ( $\lambda = 0.501$  мкм) на выходном торце

кварцевого волокна от входной мощности излучения. При мощностях от 70 до 500 мВт степень поляризации достигла значения  $P \sim 0.15$ ; при мощности 750 мВт наблюдается медленный рост степени поляризации  $P = 0.35 - 0.40$ , а при мощности  $\sim 2$  Вт степень поляризации  $P \sim 0.95$ . Если в экспериментах с маломощным излучением состояние поля на выходном торце волокна с высокой степенью поляризации было неустойчиво (малое изменение температуры приводит к сильному уменьшению степени поляризации), то при высоких мощностях наблюдается автополяризационный устойчивый режим. Полученные результаты можно интерпретировать как совместное действие самофокусировки и самоканализации света [4]. При выходной мощности лазера 1 Вт в сердцевине волокна плотность мощности достигла порядка  $5 \cdot 10^{10}$  Вт/м<sup>2</sup>. Такие мощности достаточны для создания нелинейного канала трансляции излучения с диаметром около 4 мкм. Следовательно, при низкоапертурном возбуждении создаются условия для одномодового режима передачи поляризации света вследствие фильтрации мод.

#### Список литературы

- [1] Ривлин Л.А., Шилдязев В.С. // Изв. вузов СССР. Сер. Радиофизика. 1968. В. 11. С. 572-577.
- [2] Семенов А.Т. // Квантовая электроника. 1970. Т. 6. В. 8. С. 1804-1807.
- [3] Снайдер А., Лав Дж. Теория оптических волноводов. М.: Радио и связь, 1987. С. 656.
- [4] Качмарек Ф. Введение в физику лазеров. М.: Мир, 1981. С. 540.

Поступило в Редакцию  
19 ноября 1993 г.

---