

02; 07

© 1992

## ОПТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ МАГНУСА И ФОРМИРОВАНИЕ ВЕКТОРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОВФ ПОЛЯ СИСТЕМОЙ ВОЛОКНО/КРИСТАЛЛ

А.В. Воляр, С.Н. Лапаева

Недавно были опубликованы исследования [1–3] о взаимосвязи лучевой траектории и состояния поляризации локальной волны, названной оптическим эффектом Магнуса в многомодовых волокнах. Для градиентных волокон эта взаимосвязь проявляется как вращение меридиональной плоскости при циркулярной поляризации локальной волны [1, 2], а для ступенчатых волокон – как колебание лучевых траекторий или „волноводное“ двулучепреломление [3]. Этот эффект типичен не только для меридиональных лучей, но наблюдается также и для косых лучевых траекторий в виде „прецессии“ каустики [3]. Оптический эффект Магнуса, являясь проявлением спин-орбитального взаимодействия ансамбля фотонов, способен приводить к деполяризации светового пучка в волокне, как и родственный с ним эффект накопления геометрической фазы Берри. В работе [4] была показана возможность компенсации фазы Берри при ОВФ системой волокно/кристалл, как в пассивном режиме, так и в режиме формирования векторных характеристик светового пучка при передаче поляризационной информации вперед через эту систему.

Целью настоящей работы явилось исследование влияния оптического эффекта Магнуса на степень поляризации и эффективность восстановления и формирования векторного поля при ОВФ в системе волокно/кристалл.

Как известно [2, 3], оптический эффект Магнуса в многомодовом волокне проявляется при смене состояния поляризации возбуждающего луча. В данном эксперименте осуществлялось переключение состояния поляризации пучка после полного поляризационного ОВФ на фоторефрактивном кристалле.

1. Лазерное излучение (длина волны 0.63 мкм, мощность 1 мВт) разделялось призмой 1 на объектный и опорный пучки и после прохождения  $\lambda/4$ -пластины – 2 и поляризатора 3 посредством  $20\times$  микрообъектива 4 вводилось в многомодовое волокно 5 (рис. 1). Волокно имело следующие параметры: а) кварц-кварцевое волокно – длина  $d = 1.5$  м, диаметр жилы  $D = 12$  мкм, волноводный параметр  $V = 9.8$ ; б) кварц-капиллярное волокно –  $d = 0.5$  м,  $D = 30$  мкм;  $n_o = 1.46$ ;  $n_e = 1.47$  – показатели преломления кварцевого капилляра и жидкости сердцевины, соответственно. После волокна пробный пучок с помощью  $10\times$  микрообъектива 6 направлялся на фоторефрактивный кристалл  $LiNbO_3 : 0.05 Fe^{3+}$  7, на котором вместе с опорным пучком записывалась поляризационная динамическая

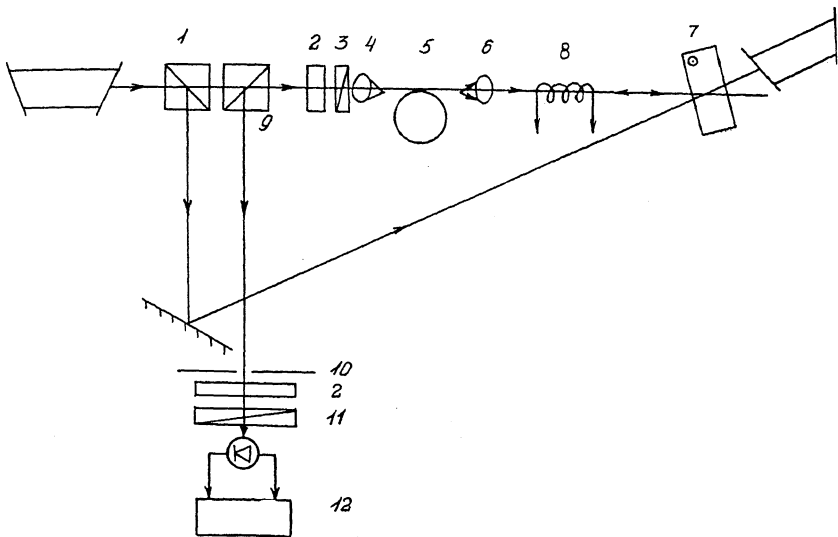


Рис. 1. Схема экспериментальной установки по передаче поляризационно-модулированного сигнала.

голограмма. Между выходным торцом волокна и кристаллом помещалась модуляционная ячейка Фарадея 8. При записи голограммы ячейка Фарадея отключалась. После записи осуществлялось ее считывание посредством второго *He-Ne* лазера на той же длине волны и мощности 0.5 мВт. Для получения поляризационного ОВФ на кристалле выдерживались условия, приведенные в работе [5]. На входе системы волокно/кристалл восстановленное излучение отклонялось зеркалом 9, проходило диафрагму 10 и поляризатор 11 и регистрировалось фотодиодом и самописцем 12. Измерялась эффективность восстановления пучка как отношение интенсивности пучка после диафрагмы с диаметром зрачка, равном диаметру пробного лазерного пучка, ко всему световому потоку; степень поляризации восстановленного пучка как отношение интенсивности полностью поляризованного пучка к интенсивности всего светового потока; эллиптичность излучения как отношение полуосей эллипса поляризованной части света; азимут наклона большей полуоси эллипса относительно лабораторной системы координат.

Для передачи поляризационной информации включалась ячейка Фарадея, вращающая азимут наклона линейной поляризации в интервале углов от  $0^\circ$  до  $38^\circ$ . При прямом прохождении капиллярного волокна степень поляризации составила 0.21, а кварц-кварцевого волокна -  $0.17 \pm 0.01$  для углов  $\mu_c \approx 0^\circ \pm 0.25^\circ$ , соответственно. ( $\mu_c$  - угол между осью микрообъектива и осью волокна).

На рис. 2. приведено семейство кривых 1-2 (сплошные линии) зависимости от степени поляризации  $P$ ; сплошная кривая 3 зависимости угла  $\psi$  ориентации плоскости поляризации восстановленного

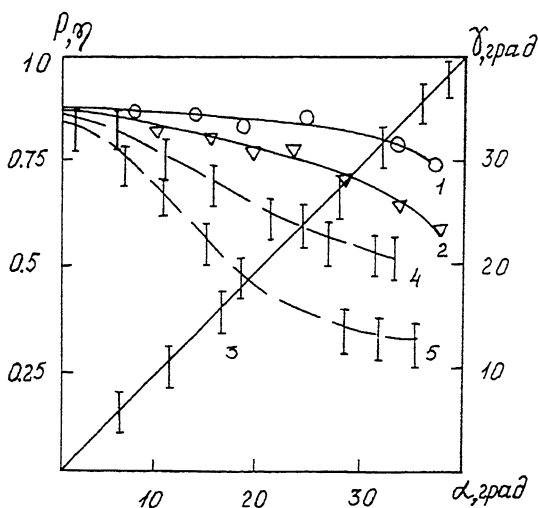


Рис. 2. Экспериментальные зависимости степени поляризации и эффективности ОВФ пучка от угла модуляции.

излучения; пунктирные кривые 4, 5 зависимости эффективности восстановления для капиллярного и кварц-кварцевого волокон, соответственно, от азимутального угла. Кривая 3 состоит из двух — для капиллярного и кварц-кварцевого волокна, которые выродились в одну кривую за счет перекрывающего интервала погрешностей эксперимента ( $\pm 12\%$ ). Кривая 1 соответствует капиллярному волокну, а кривая 2 — кварц-кварцевому волокну.

2. Вид кривой 3 свидетельствует о линейной зависимости угла  $\gamma$  от угла модуляции  $\alpha$ . Возможность передавать информацию при модуляции угла ориентации плоскости поляризации определяется осевой симметрией поперечного сечения волокна. Следует ожидать, что вследствие этой симметрии степень поляризации и эффективность восстановления ОВФ пучка не должна зависеть от угла модуляции  $\alpha$ . Однако характер кривых 1, 2 и 4, 5 свидетельствует об ошибочности такого предположения. Неполная поляризационная компенсация при модуляции, по нашему мнению, связана с проявлением оптического эффекта Магнуса. В самом деле, пробный лазерный пучок имеет линейную поляризацию вдоль оси  $Ox$ , которая соответствует определенным углам кручения меридиональной лучевой траектории — локальных волн. При обратном прохождении линейная поляризация ОВФ пучка за счет модуляции от первоначальной ориентации поляризации (вдоль оси  $Ox$ ). Это отразится на величине скручивания траектории отдельных локальных волн. В результате произойдет неполная компенсация фазы и поляризации некоторого множества локальных волн, а следовательно, отразится на эффективности  $\gamma$  и степени поляризации  $\rho$  восстановленного светового потока. В экспериментальном плане влияние оптического

эффекта Магнуса проявляется в увеличении углового спектра восстановленного пучка и уменьшении его степени поляризации. Степень поляризации пучка в апертуре диафрагмы довольно слабо зависит от угла  $\alpha$ . Кроме того, в кварц-кварцевых волокнах деполяризация света сказывается в большей степени, чем в капиллярных волокнах. Это связано с действием дополнительных факторов, снижающих эффективность восстановления. К одному из основных факторов можно отнести несовпадение поляризации локальной волны с ОВФ поляризацией прямых локальных волн из-за разориентации осей микродвулучепреломления сердцевины волокна относительно плоскости поляризации промодулированного пучка.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] З е л ь д о в и ч Б.Я., Л и б е р м а н В.С. // Квантовая электроника. 1990. Т. 17. В. 4. С. 493-494.
- [2] Д у г и н А.В., З е л ь д о в и ч Б.Я., К у н д и н о в Н.Д., Л и б е р м а н В.С. // ЖЭТФ. 1991. Т. 100. В. 5. С. 1474-1482.
- [3] В о л я р А.В., Л а п а е в а С.Н. // Письма в ЖТФ. 1992. Т. 18. В. 8.
- [4] В о л я р А.В., К у х т а р е в Н.В., Л а п а е в а С.Н., Л е й ф е р П.Н. // Письма в ЖТФ. 1991. Т. 17. В. 13. С. 1-5.
- [5] В о л я р А.В., К у х т а р е в Н.В., Л а п а е в а С.Н., О д у л о в С.Г. // Письма в ЖТФ. 1991. Т. 17. В. 4. С. 10-13.

Поступило в Редакцию  
14 августа 1992 г.