

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ АН УКРАИНЫ

На правах рукописи
УДК 666.189.211:535

ЛАПАЕВА Светлана Николаевна

ФОРМИРОВАНИЕ ВЕКТОРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛНОВЫХ
ФРОНТОНОВ В СИСТЕМЕ СТУПЕНЧАТОЕ ВОЛОКНО/КРИСТАЛЛИ

Специальность 01.04.05 - Оптика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук

КИЕВ - 1992



Работа выполнена в Симферопольском государственном университете.

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
ВОЛЯР А.В.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук
КЛИМУШЕВА Г.В.

кандидат физико-математических наук
СТОЯНОВ А.В.

Ведущая организация: Московский институт радиотехники, электроники и автоматики.

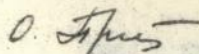
Защита состоится "24" декабря 1992 г. в _____ часов на заседании Специализированного совета К.016.04.01 при Институте физики Академии Наук Украины по адресу: 252650, г.Киев-28, Проспект Науки, 46.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИФ АН Украины.

Автореферат разослан "24" ноября 1992 г.

Ученый секретарь

Специализированного совета



Прожонская О.В.

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00691468 (Y)

Ім. В. Стефаника
АН УРСР

Актуальность темы. Высокая пропускная информационная способность и помехоустойчивость определили широкое применение оптических волокон как сред для линий передачи информации, многофункциональных узлов оптоэлектронных схем, чувствительных датчиков и оптических компьютеров. Однако передача излучения через многомодовые волокна сопряжена с потерей начальной информации о фазе и поляризации вследствие различных типов модовой дисперсии.

В литературе неоднократно обсуждалась возможность восстановления фазовых и поляризационных характеристик волн методами коррекционной оптики. Детальный анализ этих методов показал, что они обладают неустойчивостью по отношению к малым внешним возмущениям. Поэтому существенным шагом в вопросе восстановления фазово-поляризационной информации явилось использование методов нелинейной оптики, в частности, многолучевого взаимодействия в фоторефрактивных кристаллах (ФРК) и обращения волнового фронта (ОВФ) полей. Исследования проводились не только по отдельным свойствам волокон и кристаллов, но и по свойствам оптического узла волокно/кристалл в целом.

Ранее систему волокно/кристалл использовали лишь только для восстановления фазовых и поляризационных характеристик при неполном поляризационном обращении волнового фронта (ПОВФ). Вместе с тем, как показали наши исследования, система волокно/кристалл обладает большей гаммой свойств, например, свойством транслировать поляризационную и фазовую информацию вперед через систему или работать в мультистабильном режиме. Кроме того, такие системы можно использовать для параллельной передачи информации.

К началу выполнения работы имелись немногочисленные, фрагментарные исследования по передаче поляризационно-фазовой информации вперед через систему волокно/кристалл, практически не обсуждался вопрос шумов, присущих волокну и кристаллу в отдельности и всей системе в целом. Не были вскрыты общие условия полного ПОВФ на ФРК симметрии $3m$ при многопучковом смешении, условия управления состоянием поляризации ОВФ пучка и возникающие при этом шумы.

Теоретически и экспериментально были проанализированы условия полного ПОВФ на ФРК симметрии $3m$, обсуждены вопросы управления ПОВФ, вскрыта природа шумов в кристалле, волокне и в системе

волокно/кристалл и дана классификация шумов. Рассмотренные вопросы являются важными и актуальными для развития волоконной и нелинейной оптики и решения прикладных задач (создание многофункциональных узлов оптоэлектронных схем).

Цель работы. Исследовать эффекты деполяризации, восстановления и формирования векторных полей в системе оптическое волокно/фоторефрактивный кристалл при обращении волнового фронта.

Задачами диссертации явились:

1. Анализ и экспериментальное исследование геометрической природы деполяризующих процессов в ленточных ступенчатых волокнах со слабой и сильной анизотропией.

2. Анализ и экспериментальное исследование оптического эффекта Магнуса в ступенчатых цилиндрических волокнах.

3. Выяснение условий восстановления света при ОВФ в системе волокно/ФРК и критичность этих условий к поляризационной структуре объектной волны и к оптимальному размеру поля на динамической голограмме.

Научная новизна работы. Проведен расчет деполяризующих процессов в многомодовом ступенчатом ленточном волокне: вскрыта геометрическая природа доминирующего фактора деполяризации в цилиндрических и ленточных ступенчатых волокнах, обосновано влияние оптического эффекта Магнуса. Дано экспериментальное подтверждение.

Впервые экспериментально определены дополнительные условия восстановления поляризованного света при ОВФ в системе волокно/ФРК:

- а) преобладание векторного механизма записи над диффузионным;
- б) соотношения разрешающей способности динамической голограммы и размера спеклов поля излучения после волокна.

Впервые рассмотрено влияние оптического эффекта Магнуса (сказывающегося при изменении состояния поляризации на входе волокна) на эффективность поляризационного ОВФ при поляризационной модуляции для четырех- и шестипучкового смещения.

Практическая ценность работы. Результаты работы открывают возможность снижения поляризационных шумов в оптических устройствах уплотненной передачи информации. Разработанные системы маломодовое волокно/ФРК позволяют конструировать чувствительные датчики физических величин, линии связи и многофункциональные узлы опто-

электронных схем с низким уровнем шумов, в которых ранее использовались одномодовые волокна.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

1. Показано, что одними из основных причин деполаризации света в многомодовых ступенчатых волокнах являются процессы, связанные с набегом фазы Берри для неплоских лучевых траекторий и оптическим эффектом Магнуса для плоских лучевых траекторий.

2. Определены условия, при которых имеет место полное поляризационное ОВФ в кристаллах ниобата лития при фотогальваническом механизме записи решеток.

3. Показано, что при поляризационной модуляции пучка такой деполаризующий фактор, как фаза Берри, полностью компенсируется.

4. Оптический эффект Магнуса, проявляющийся в системе волокно/кристалл, при поляризационной модуляции компенсируется не полностью и вносит слабые искажения в сформированный волновой фронт.

Публикации. Основные материалы диссертации опубликованы в 14 работах, список которых приводится в конце автореферата.

Апробация работы: Материалы диссертации были представлены на XIV Международной конференции по когерентной и нелинейной оптике (Ленинград, 1991); Международной конференции "Оптика жидких кристаллов, фоторафрактивных и гетерогенных сред" (Алушта, 1992); Topical meeting on Photorefractive material, effects and devices (Ardyoir, France, 1990); (Boston, U SA, 1991).

Личный вклад соискателя. заключался в непосредственном участии совместно с научным руководителем в постановке задач; участие в расчетах: а) деполаризации света в ступенчатых волокнах, б) оптимальных условий передачи ИМ сигнала в системе волокно/ФРК при ОВФ; проведение экспериментов по передаче ИМ сигнала в четырех- и шестипучковой схеме ОВФ, определение оптимальных условий записи дифракционных решеток, деполаризации света в ступенчатых волокнах, связанных с набегом фазы Берри и оптическим эффектом Магнуса.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, трех приложений, 43 рисунков, списка литературы из 120 наименований. Работа содержит 174 страниц машинописного текста.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении сделан обзор литературы по вопросам преобразования деполаризации света в многомодовых оптических волокнах, на основе которого выявлены основные процессы, приводящие к деполаризации света. Обсужден вопрос правомочности описания света как на языке лучевой оптики, так и посредством волновой теории. Показано, что описание поляризационных процессов в волокне на основе метода локальных плоских волн (Снайдер, Лав) имеет тот же порядок приближения, что и описание этих процессов на основе LP -мод с деполаризационными поправками в первом приближении теории возмущений.

Дан обзор методов поляризационного СВФ при вырожденном 4-х пучковом смещении. Рассмотрены принципы передачи информации через систему волокно/ФРК. Дан аналитический обзор литературы по вопросам формирования, преобразования и восстановления поляризационных характеристик волновых фронтов после многомодовых градиентных и ступенчатых волокон. Проведено сравнение деполаризующих и компенсационных механизмов передачи поляризованного света через такие волокна. Показана критичность механизмов восстановления и формирования волновых фронтов к действию внешних полей. Дан подробный анализ литературы по вопросам восстановления поляризации и фазы волны в системе волокно/ФРК при СВФ.

Обоснована актуальность темы исследования. Сформулированы цель работы и новизна полученных результатов, выделены основные положения, выводы и результаты, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрен геометрико-физический механизм преобразования состояния поляризации локальной волны в многомодовом волокне. Теоретически исследованы процессы, связанные с оптическим эффектом Магнуса в волокнах со ступенчатым профилем показателя преломления с учетом преобразования поляризации, показано их существенное различие от аналогичных процессов в градиентных волокнах. Если в градиентном волокне оптический эффект Магнуса приводит к вращению с постоянной скоростью меридиональной плоскости, поскольку в процессе распространения локальной волны по плоской траектории ее состояние поляризации не изменяется, то в ступенчатых волокнах имеет место эволюция состояния поляризации локальной волны, что приводит к колебаниям каустик меридиональных лучевых тра-

екторий. Кроме того, поскольку встречная циркуляция локальных волн обуславливает противофазное колебание каустик, возникает их расщепление и, как следствие этого, дисперсия лучевых траекторий локальных волн. Так как это явление присуще исключительно волноводным свойствам рассматриваемой системы, то наблюдаемое явление мы назвали "волноводным" двулучепреломлением (д.л.п.) и "волноводной" дисперсией, соответственно.

На основе указанных соображений записаны нелинейные уравнения связанных волн и дан анализ их решения.

Найдено, что начальные состояния поляризации на входе волокон существенно влияют на колебание каустик (оптический эффект Магнуса), "волноводное" д.л.п. и дисперсию. Так, удельная "волноводная" дисперсия лучевой траектории, возбужденная линейно-поляризованным светом, вдвое больше этой величины при возбуждении циркулярно-поляризованным светом.

Экспериментально показано, что протекание оптического эффекта Магнуса, "волноводное" д.л.п. и дисперсия нелинейно зависят от азимутального и радиального углов локальных волн. Показано, что зависимость удельного кручения каустики от радиального угла носит волнообразный характер с постепенным уменьшением экстремумов. Максимальная величина удельного кручения составила $\delta \alpha = 0,4 \pm 0,15$ град./см, величина "волноводного" д.л.п. $\Delta n = 0,01 \pm 0,005$, а удельной волноводной дисперсии $\Delta \alpha = 0,27 \pm 0,09$ град./см. Для косых лучевых траекторий наблюдалась прецессия каустик лучевых траекторий, которая резко падала с увеличением азимутального угла ψ . Так, при $\psi = 15$ град. удельное кручение $\delta \alpha \approx 0,1$ град./см, а при $\psi = 20$ град. $\delta \alpha$ снижалось до 0,03 град./см.

Исследован эффект, обратный оптическому эффекту Магнуса: накопление фазы Берри на длине неплоской лучевой траектории. Этот эффект проявляется во вращении плоскости поляризации. Аналогичный эффект для косых лучевых траекторий наблюдается и в градиентных волокнах и известен как вращение Рytова. Однако, границы применимости закона Рytова определяются малыми градиентами показателя преломления в сечении волокна. В области больших градиентов показателя преломления или их скачков закон Рytова дает неопределенность. Эту неопределенность позволяет обойти геометрическая фаза Берри, определенная в пространстве импульсов волновых векторов локальных волн. При распространении локальной волны через ступен-

частое ленточное волокно наблюдается попеременное изменение знака кручения лучевой траектории, а следовательно, частичная компенсация геометрической фазы Берри. На основании указанных соображений записаны уравнения и проведен их компьютерный анализ. В общем случае, локальные волны имеют континуум направлений линейных поляриза-ций на выходе волокна. Интерферируя между собой, они формируют практически полноразнообразные деполаризационные ближнее и дальнее поля излучения. Однако, можно так подобрать условия возбуждения и кон-структивные параметры волокна, что среднестатистическая фаза Берри почти компенсируется за счет изменения знака спиральности траек-тории на длине волокна. Это также продемонстрировано нами экспе-риментально, однако небольшое отступление от начальных условий приводит к значительной деполаризации света. Так, на длине 1 м ленточного капиллярного волокна с соотношением сторон поперечного сечения I/IO при возбуждении цилиндрической линзой с фокусным расстоянием 7 см в область плоскости симметрии входного торца волска степень поляризации на входе составляла 87%. Рассогласо-вание плоскости симметрии с плоскостью фокусировки цилиндрическо-го гауссова пучка на 1 град. приводила к резкому снижению степени поляризации до 11%. С другой стороны, расчет показывает, что на-личие в волокне однородной оптической анизотропии, удельный фазо-вый набег, при котором значительно превышает удельную среднеста-тистическую фазу Берри, приводит к захвату осями анизотропии век-торов поляризации локальных волн и синхронизации эволюции состо-яния поляризации лазерного пучка в целом. Теоретически ленточное волокно с сильным д.л.п. должно пропускать линейно-поляризованное лазерное излучение. К сожалению, проведенный эксперимент с волок-нами различных длин от 0,1 до 1 м с соотношением сторон I/IO и расчетным однородным д.л.п. $\sim 10^{-4}$ при толщине волокна от 50 до 200 мкм, показал, что эти волокна почти полностью деполаризуют свет. Такое деструктивное "действие" однородного д.л.п. мы связы-ваем с тем, что при относительно больших размерах волокна (свыше 10 мкм) линии анизотропии в поперечном сечении искривляются, т.к. не выдержаны технологические условия получения волокон. Кроме то-го, дополнительные искривления линии анизотропии вносят углы по-перечного сечения прямоугольного волска, в которых величины механи-ческих напряжений неопределены.

Таким образом, в ленточном волокне не удается получить устой-

чивых условий передачи линейно-поляризованного света.

Причины деполяризации света в цилиндрических волокнах и методы линейной коррекции фазовых и поляризационных характеристик лазерных пучков после них уже неоднократно обсуждались в литературе.

Во второй главе обсуждаются условия поляризационного ОВФ (ПОВФ) на ФРК. Как известно, в кристаллах симметрии $3m$ (например, $LiNbO_3:Fe$ или Cu) основными механизмами записи дифракционных решеток являются фотогальванические и диффузионные эффекты. В зависимости от динамики взаимодействия этих эффектов записываются скалярная или анизотропная решетка, а также возникают собственные шумы кристалла, сопровождающие ОВФ при многолучевом взаимодействии. В работе рассмотрено два механизма ПОВФ: шестипучковое и четырехпучковое ПОВФ.

Шестипучковое ПОВФ основано на том, что на кристалл $LiNbO_3:Fe$ направляется 3 пучка: 1 - объектный и два опорных, имеющих ортогональные линейные поляризации. Оптическая ось кристалла ориентируется параллельно плоскости схождения пучков и одна из поляризаций объектного пучка параллельна оси кристалла. Два считывающих пучка имели также ортогональные поляризации, соответственно. Как следует из геометрии эксперимента, доминирующим механизмом записи дифракционных решеток является диффузионный эффект. Поскольку поляризации опорных пучков ортогональны, то в ФРК записываются две независимые диффузионные решетки. Решетка, записанная с поляризацией, коллинеарной оси кристалла, имеет большую дифракционную эффективность, чем решетка с перпендикулярной поляризацией. Чтобы уравнивать дифракционные эффективности ОВФ пучков, в один из считывающих пучков вносится аттенуатор. Процесу записи информационных решеток сопутствует запись шумовых решеток. К ним следует отнести, по крайней мере, два типа шумовых решеток: диффузионные, возникающие вследствие рассеяния опорного пучка с линейной поляризацией вдоль оси кристалла, и анизотропные, вызванные взаимодействием ортогонально поляризованных опорных пучков, в основе которых лежит фотогальванический эффект. Экспериментально подобрано время записи информационных решеток так, чтобы шумы кристалла были еще достаточно малы, а дифракционная эффективность велика. Исследования показали, что оптимальное время записи составляет 3-4 минуты, при этом уровень шумов кристалла составлял

15 ± 5 Дб. Для управления состоянием поляризации в один из пучков вводился электрооптический модулятор, оптическая ось которого была параллельна пучку. В этом случае осуществлялась модуляция фазы одного считывающего пучка, которая в суммарном СВФ пучке проявлялась как поляризационная модуляция эллиптичности пучка в линейном базисе.

При четырехпучковом СВФ основным механизмом записи анизотропных решеток является фотогальванический эффект. На ФРК направляется два пучка: опорный и объектный. Из решения самосогласованных уравнений динамической голографии следует, что для получения СВФ пучка, имеющего ту же поляризацию, что и объектный пучок, необходимо, чтобы пучки накачки имели либо линейные, либо круговые поляризации.

Ориентация поляризаций зависит от примеси в кристалле ниобата лития. Так, для кристалла с примесью железа поляризации пучков накачки должны быть: а) линейные и ортогональные между собой и ориентированы под углом 45° к направлению оптической оси кристалла. Оптическая ось перпендикулярна плоскости схождения пучков. б) Круговые с различными направлениями циркуляции. Для примеси меди пучки накачки должны быть: а) линейно-поляризованы, коллинеарны и под углом 45° к оси кристалла и иметь одинаковую (правую и левую) циркулярность.

Механизм полного ПОВФ при таких геометриях эксперимента объясняется тем, что объектный и опорный пучки на кристалле расщепляются на обыкновенный и необыкновенный. Необыкновенный объектный пучок взаимодействует с обыкновенным опорным, а обыкновенный объектный — с необыкновенным опорным на основе фотогальванического механизма записи решеток. Поскольку вектора этих решеток имеют разное направление, они друг с другом не взаимодействуют. Считывающий пучок также делится на обыкновенный и необыкновенный с одинаковыми интенсивностями. При считывании за счет электрооптического эффекта необыкновенный пучок, дифрагируя на одной из решеток, превращается в обыкновенную СВФ волну. Вследствие того, что при данной геометрии эксперимента диффузионный механизм мал по сравнению с фотогальваническим, взаимодействия обыкновенного и необыкновенного СВФ пучков воспроизводят ту же поляризацию, что и поляризация объектной волны.

Следует отметить, что помимо записи решеток на фотогальваническом механизме, записываются решетки на диффузионном механизме, которые вносят перекрестные помехи. Дифракционная эффективность диффузионной решетки зависит от угла схождения пучков. Чем больше угол схождения, тем выше дифракционная эффективность. Экспериментально было обнаружено, что с увеличением угла схождения пучков эффективность ПОВЭ сначала медленно растет до углов схождения 17° (для $\text{LiNbO}_3 \cdot \text{Fe} - 0,06$), а при дальнейшем увеличении угла наблюдения резкое уменьшение эффективности ПОВЭ. Такое поведение можно объяснить следующим образом: при малых углах схождения в кристаллах симметрия 3m характерен фотогальванический механизм записи решеток. Фотогальванические коэффициенты постепенно возрастают с ростом угла схождения, а затем испытывают спад. В то же время при увеличении угла схождения электрооптический эффект, ответственный за диффузионный механизм, растет и в некоторый момент времени оказывается доминирующим над фотогальваническим механизмом. При этом происходит спад кривой зависимости эффективности ПОВЭ от угла схождения. Очевидно, что процессу ПОВЭ будет сопутствовать шум. Кроме указанного типа шумов при ПОВЭ также наблюдается шум за счет неоднородности интенсивности опорного пучка (различные плотности светового потока записывают дифракционные решетки с различной эффективностью), и шум, обусловленный неоднородностью поляризации в поперечном сечении объектного пучка. Поскольку последние типы шумов тесно связаны с видом поля излучения после многомодового волокна, механизмы влияния этих шумов рассмотрены в следующей главе.

Для управления поляризационными характеристиками ОВФ пучка выбиралась ячейка Фарадея на основе железонитризового граната с постоянно Верде 8,5 мин. (3 см) для $\lambda = 0,63$ мкм. Поскольку кристалл ниобата лития позволяет исследовать обращенный пучок в реальном времени (время сохранения голограммы при комнатной температуре около недели), запись голограммы проводилась при включенной ячейке, а при считывании на нее подавалось напряжение. Электрический вектор обращенного пучка, проходя через ячейку Фарадея, поворачивался на угол φ .

Экспериментально получена линейная зависимость между током в соленоиде ячейки Фарадея и азимутом линейной поляризации ОВФ пучка. Проходя через диффузор, обращенный пучок восстанавливал

первоначальный волновой фронт с поворотом электрического вектора на φ относительно ориентации субъектной волны.

В третьей главе проведен экспериментальный анализ и оценочный расчет параметров передачи и условий управления поляризованным светом в системе волокно/ФРК. Процессы передачи поляризационно-модулированного света вперед через систему имеют ряд особенностей по сравнению с процессами восстановления волновых фронтов в обычной системе волокно/кристалл. Первоначально система настраивается на восстановление поляризационно-фазовых характеристик пробного пучка. При этом необходимо согласовать волокно и кристалл. В волокне с эллиптической формой поперечного сечения или с круглой формой, но сильным д.л.п. оси оптической анизотропии устанавливаются коллинеарно осям кристалла. Расчет показывает, что рассогласованность осей на 1,5–2 град. приводит к резкому росту деполаризационных шумов (почти до 30 %). Показано, что для шестипучкового ОВБ наибольшая эффективность в управлении поляризацией оказывается при согласовании многомодового волокна с эллиптической формой поперечного сечения. При таком согласовании наиболее эффективно формирование векторных полей за счет эллиптичности ОВБ пучка. К шумам, связанным с рассогласованием осей анизотропии (рассогласованность собственных мод волокна и кристалла) добавляются поляризационные шумы, обусловленные неоднородностью поляризации света в сечении таких волокон. Величина этих шумов сравнима с величиной шумов за счет рассогласования мод. Для многомодовых ступенчатых волокон, кроме вышеперечисленных шумов, характерен дополнительный шум, связанный с мелкозернистостью структуры поля излучения. В самом деле, уменьшение среднестатистических размеров спекла приводит к уменьшению дифракционной эффективности.

Расчет показывает, что для эффективности ПОВБ не менее 80 % необходимо, чтобы на площади спекла укладывалось не менее 7 интерференционных полюс. В эксперименте использовались многомодовые волокна эллиптической формы поперечного сечения с волноводным параметром $V \approx 7$, эксцентриситетом $e \approx 0,1$ на длинах $\lambda \approx 2$ м. Измерения показали, что деполаризация восстановленного пучка не превышала 15–18 %, а эллиптичность поляризованной части света восстанавливается с точностью до 7 %.

При четырехпучковом ОВБ наибольшая эффективность в управлении поляризацией оказывается при согласовании многомодового волокна с круглым поперечным сечением с кристаллом. Управление

поляризационными характеристиками при этом осуществляется за счет эффекта Фарадея, рассмотренного в главе II. Для цилиндрических волокон со ступенчатым профилем показателя преломления характерен ряд особенностей в проявлении поляризационных шумов при ПОВВ. Как отмечалось в главе I, распространение локальных волн по многомодовым волокнам сопровождается колебаниями плоскости меридиональных лучевых траекторий и прецессии каустик косых лучевых траекторий. На выходном торце волокна возникает многолучевая поляризационная интерференция локальных волн в виде спекл-картины ближнего и дальнего поля излучения. Положение и состояние поляризации в спеклах критично к начальному состоянию поляризации лазерного пробного пучка. Малое изменение поляризации пробного пучка приводит к значительным изменениям в положении и поляризации спеклов. Поэтому при управлении поляризацией картина спеклов ПОВВ пучка будет значительно отличаться от картины пробного пучка.

Экспериментально исследовалось маломодовое ступенчатое волокно с круглым поперечным сечением, волноводным параметром $V \approx 18$ и д.л.п. $\sim 10^{-5}$ и длиной $l \approx 2$ м. Исследования показали, что для маломодового ступенчатого волокна степень деполаризации при передаче информации зависит от ориентации электрического вектора и максимальна при повороте вектора \vec{E} на 45° - 25-30 %. Экспериментальные кривые эффективности и степени поляризации восстановленного потока минимальны вблизи угла модуляции 45° при возбуждении системы пробным пучком, поляризованным вдоль лабораторной оси. Такое поведение кривых связано с осевой симметрией поперечного сечения волокна. Отметим, что ориентация вектора \vec{E} восстановленного пучка с точностью до $0,5^\circ$ совпадала с модуляцией ПОВВ потока. Более высокая эффективность восстановления для эллиптических волокон, по сравнению с волокнами круглого поперечного сечения, связана с существенно меньшим влиянием шумов, связанных с оптическим эффектом Магнуса.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

I. Проведены расчеты и экспериментальные исследования поляризации света в цилиндрических и ленточных волокнах и выявлено влияние "геометрической" фазы Берри и оптического эффекта Магнуса на деполаризацию света. Показано, что геометрическая фаза Берри приводит к разориентации электрических векторов локальных волн

на выходе волокна. Проявление эффекта Магнуса определяется в условиях возбуждения: при симметричном возбуждении за счет эффекта Магнуса формируется однороднополяризованное поле вне зависимости от разориентирующего действия эффекта Берри; при несимметричном возбуждении за счет эффекта Магнуса возникает дополнительная деполаризация света.

2. Экспериментально обнаружено явление двулучепреломления, в основе которого лежит эффект Магнуса.

3. Исследования проявления "геометрической" фазы Берри в круглых и ленточных волокнах показало:

а) в круглых волокнах происходит постоянное накопление "геометрической" фазы локальных волн,

б) в ленточных волокнах наблюдаются компенсационные явления "геометрической" фазы.

4. Определены условия полного поляризационного обращения на кристаллах ниобата лития:

а) с примесью железа волны накачки (i) циркулярно ортогонально поляризованы, ($i i$) линейно ортогонально поляризованы под углом 45° к плоскости схождения пучков,

б) с примесью меди волны накачки (i) циркулярно однообразно поляризованы, ($i i$) линейно коллинеарно поляризованы под углом 45° к плоскости схождения пучков.

Эти условия выполняются при ориентации оси кристалла перпендикулярно плоскости схождения пучков.

5. Рассмотрены оптические схемы систем волокно/ФРК, показано, что при формировании векторных характеристик основной вклад в снижение эффективности восстановления волнового фронта вносит оптический эффект Магнуса.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Воляр А.В., Кухтарев Н.В., Кучикян Л.М., Лапаева С.Н., Муравьев В.В. Эффективность поляризационного обращения волнового фронта в системе оптическое волокно/кристалл. - Письма в ЖТФ, 1990. - Т.16, вып.4. - С.4-8.

2. Воляр А.В., Качурин А.И., Кухтарев Н.В., Кучикян Л.М., Лапаева С.Н. Поляризационный шум в маломодовых волокнах при возмущенном обращении волнового фронта. - Оптика и спектроскопия,

1990. - Т.68, вып.6. - С.1386-1391.

3. Воляр А.В., Лапаева С.Н., Качурин А.И., Кухтарев Н.В., Кучикян Л.М., Савченко В.Н. Оптический усилитель // А.с. № 1702802, СССР, - Б.И., 1989.

4. Воляр А.В., Лапаева С.Н., Перехотько Н.Я., Меш М.Я., Кучикян Л.М., Качурин А.И. Способ формирования картины поля излучения многомодового волоконного световода с выраженным центральным максимумом // А.с. № 1699278, СССР, - Б.И., 1989.

5. Кухтарев Н.В., Семенец Т.И., Воляр А.В., Лапаева С.Н. Восстановление поляризации при СВВ в фоторефрактивных кристаллах. - Квантовая электроника, 1991. - Т.18, вып.8. - С.956-959.

6. Воляр А.В., Кухтарев Н.В., Лапаева С.Н., Лейфер П.Н. Геометрическая фаза и восстановление поляризации света при СВВ в многомодовом волокне. - Письма в ЖТФ, 1991. - Т.17, вып.13. - С.1-5.

7. Воляр А.В., Кухтарев Н.В., Лапаева С.Н., Одулов С.Г. Поляризационное обращение волнового фронта в фоторефрактивных кристаллах. - Письма в ЖТФ, 1991. - Т.17, вып.4. - С.10-14.

8. Воляр А.В., Лапаева С.Н., Мягков В.И. Колебательная неустойчивость лучевых траекторий и поляризационных состояний света в многомодовом волокне. - Письма в ЖТФ, 1992. - Т.18, вып.8. - С.53-57.

9. Воляр А.В., Лапаева С.Н., Кухтарев Н.В., Одулов С.Г. Способ поляризационного обращения фронта световой волны // Положительное решение № 4916945/25 (020265) от 26.06.92.

10. Воляр А.В., Лапаева С.Н., Кухтарев Н.В., Одулов С.Г., Гнатовский А.В. Способ параллельной передачи оптической информации через многомодовое волокно // Положительное решение № 491805./25 (021094) от 11.03.91.

11. Воляр А.В., Гнатовский А.В., Лапаева С.Н., Мягков В.И. Поляризационное расщепление плоскости распространения локальной волны в ступенчатом многомодовом волокне. - УДЖ, 1992. - Т.37, вып.10. - С.1469-1471.

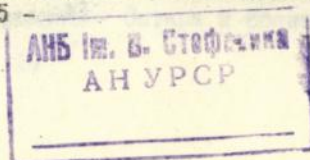
12. Uolyar A., Kukhtarev N., Lapaeva S. Polarization and dispersion of light in the anisotropic fiber-crystal system in phase conjugation. // Postdeadline papers. Topical meeting on Photorefractive Materials, Effects and Devices. II. Aussoir, France, 1990. P. D9 - 1 P. D9 - 5.

13. Uolyar A., Gnatovsky A., Kukhtarev N., Lapaeva S. Image transmission via a multimode fiber assisted by polarization preserving phase conjugation in the photorefractive crystal. // Appl. Phys. April, 1991. P. 331 - 331.

14. A. Gnatovski, A. Uolyar, N. Kukhtarev, S. Lapaeva. Image transmission thorough multimode fiber and photorefractive crystal. // Topical meeting on Photorefractive Materials, Effects and Devices. Boston, USA, 1991. July. P. 1123 - 1127.

Сделано в набор 19/11-92. Подписано в печать 19/11-92.
Формат 60x84 1/2. Бумага лито. б..
_____ гарн. Печать офсетн.. Усл. печ. л. 0,82.
Усл.кр.-отт. 1,02. Уч.-изд. л. _____. Тираж 100 экз.
Заказ № 4032. Цена _____. в. Заказное.

г. Симферополь, ул. Горького, 3.
Выпущена по заказу _____



1917

For Return

RECEIVED FROM THE DIRECTOR GENERAL OF THE
POSTS AND TELEGRAPHS DEPARTMENT
FOR THE YEAR 1917

Sum of Rs. 1000000

PAID TO THE DIRECTOR GENERAL OF THE
POSTS AND TELEGRAPHS DEPARTMENT
FOR THE YEAR 1917

469096

Ab 26.271

Ab 26.271

Ab 26.271