

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Физический факультет



НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

Секция физики

Апрель 2019 года

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Физический факультет

НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ
Секция физики

15–24 апреля 2019 года

Сборник тезисов докладов
Под редакцией профессора Н.Н. Сыроева

Москва
Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
2019

Научная конференция «ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ».
Секция физики. 15-25 апреля 2019. Сборник тезисов докладов / Под ред.
Н.Н. Сысоева. — М., Физический факультет МГУ, 2018 г. 282 с.
ISBN 978-5-8279-0169-3

Тезисы докладов Секции Физики научной конференции «Ломоносовские чтения» представлены в следующих подсекциях:

- «Оптика и лазерная физика»,
- «Радиофизика, физическая электроника и акустика»,
- «Физика конденсированного состояния»,
- «Биологическая и медицинская физика»,
- «Теоретическая физика»,
- «Математическая физика»,
- «Прикладная математика и математическое моделирование»,
- «Методика преподавания»,
- «Науки о Земле»,
- «Газодинамика, термодинамика и ударные волны».

Как всегда, в апреле в Московском университете прошла ежегодная научная конференция «Ломоносовские чтения». Секция «Физика», работающая на физическом факультете, была представлена десятью подсекциями.

Было сделано девять докладов, авторами которых являлись как сотрудники физического факультета, так и учёные других факультетов Московского университета и научных организаций РАН. В докладах были изложены результаты научных исследований, полученные за последние годы. Многие из них были озвучены впервые на заседаниях подсекций конференции «Ломоносовские чтения – 2019»

Самыми активными в части количества и качества представленных докладов оказались подсекции «Прикладная математика и математическое моделирование», «Методика преподавания» и «Науки о Земле». Основная заслуга здесь, прежде всего, в высокой заинтересованности и ответственности, проявленных сопредседателями данных подсекций при подготовке и проведении конференции.

В настоящее время готовится выпуск отдельного номера электронного журнала «Учёные записки физического факультета Московского университета», посвящённого конференции «Ломоносовские чтения – 2019». Авторам докладов было предложено представить статьи, сделанные на базе материалов конференции в расширенном виде.

.
.

Декан физического факультета МГУ
Профессор



Н.Н.Сысоев

Подсекция:
ОПТИКА И ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА

Сопредседатели:
профессор В. А. Макаров, профессор П. В. Короленко,
профессор А. В. Андреев

8. Chekalin S.V., et al., JOSA B, 36(2), A43, (2019)
9. Dormidonov A. E. et al., Opt. Express 23, 29202, (2015).
10. Дормидонов А.Е. и др., Письма в ЖЭТФ, 104(3), 173, (2016)
11. Chekalin S. et al., Journal of Physics B: 48, 094008, (2015)
12. Smetanina E. O. et al., J. Phys.: Conf. Ser. 541, 012071, (2014)

СИСТЕМЫ ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ НА ВИНТОВЫХ ПУЧКАХ

Проф. *Короленко П.В.*, асп. *Аверченко А.В.*, с. н. с. *Зотов А.М.*,
Асп. *Павлов Н.Н.*, в. н. с. *Рыжикова Ю.В.*

Характеристики лазерных пучков с винтовой структурой волнового фронта принято рассматривать в рамках бурно развивающего раздела физики — сингулярной оптики. Развернутое представление о состоянии сингулярной оптики на данном этапе развития науки может дать обзор [1]. Повышенное внимание в последнее время уделяется вопросам использования трубчатых винтовых пучков в системах оптической связи. Выяснилось, что винтовые пучки могут обеспечить специфический тип модуляции излучения, основанный на оценке их орбитального углового момента [1]. Несмотря на большое количество работ, посвященных реализации такой модуляции пучков, распространяющихся в том числе и на атмосферных трассах, не изученным оказывается эффект влияния возмущений структуры винтовых мод на эффективность мультиплексирования. Мультиплексирование позволяет существенно повысить объем передаваемой информации, однако предъявляет высокие требования к юстировке пучков в канале распространения и требует учета влияния турбулентной среды. Данные о высокой степени устойчивости винтовых пучков в турбулентной среде, возрастающей с увеличением размера приосевой зоны с низкой интенсивностью [2], указывают на целесообразность рассмотрения альтернативных схем получения и использования трубчатых пучков с оптимальным распределением поля в поперечном сечении. Такими свойствами может обладать излучение на так называемых М-модах. К М-модам относятся многоходовые (многопучковые) моды, образованные в лазерных резонаторах неаксиальными световыми пучками [3]. В отличие от винтовых световых пучков, получающихся с помощью оптических элементов и устройств, которые не могут выдерживать большие радиационные нагрузки, М-моды, сформированные непосредственно в лазерных резонаторах, обеспечивают более мощное выходное излучение. При этом появляется возможность значительно упростить и сделать более надежной передающую систему. Несмотря на эти кажущиеся очевидными соображения, использование для целей связи М-мод не в достаточной степени освещено в литературе.

Практически не изученным остается вопрос о поиске оптимальной для целей связи конфигурации М-мод.

Решение сформулированных выше проблем определило цель данной работы. Ее материал позволяет сформулировать рекомендации по расширению возможностей использования винтовых пучков в информационных лазерных системах.

Винтовые пучки в начальной плоскости $z = 0$ могут быть описаны с использованием выражений для мод Лагерра–Гаусса [4]:

$$E_{p,l}(r, \varphi) = \sqrt{\frac{2p!}{\pi(p+l)!}} \frac{1}{w_0} \left[\frac{r\sqrt{2}}{w_0} \right]^{|l|} \exp\left(-\frac{r^2}{w_0^2}\right) L_p^{|l|}\left(\frac{2r^2}{w_0^2}\right) e^{il\varphi} \quad (1)$$

Здесь r, φ — полярные координаты, $L_p^{|l|}\left(\frac{2r^2}{w_0^2}\right)$ — обобщенный полином Лагерра с азимутальным индексом l и радиальным индексом p , w_0 — характеризует ширину моды.

В системах связи чаще используются поля со значением $p = 0$. Для них вблизи центра справедливо разложение, где . Эта формула описывает винтовые пучки вблизи оси с однолистным волновым фронтом, принципиально отличающиеся от обычных волн с многолистными фазовыми поверхностями. На рисунке 1 графически противопоставлены указанные типы волн.

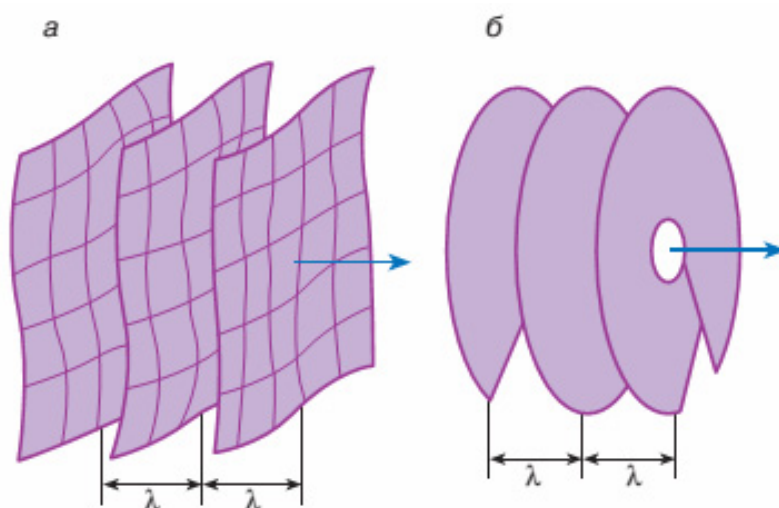


Рис. 1. Структура многолистного (а) и однолистного (б) волновых фронтов.

С целью реализации постановочной части работы были рассмотрены следующие задачи.

Была выполнена оценка влияния разьюстировки пучков на процесс их мультиплексирования. Определение потерь мощности пучка при

параллельном смещении его оси относительно оси системы показало, что при смещении пучка на величину, равную половине радиуса, его мощность уменьшается примерно на 20%. Увеличение топологического заряда приводит к некоторому увеличению (на 5–10%) теряемой мощности. Отмечается значительный рост потерь при увеличении угла прихода пучков на приемную апертуру. Причем увеличение топологического заряда существенным образом увеличивает потери. Так, если угол прихода составляет одну десятую от расходимости основной моды, то потери при изменении l от 0 до 5 увеличиваются от 5 до 30%. Эти данные указывают на необходимость тщательной юстировки винтовых пучков в системах мультиплексирования. Оценка влияния турбулентности на распространение винтовых пучков показала, что величина топологического заряда этих пучков весьма слабо влияет на их потери. Амплитуда колебаний «центра тяжести» винтовых пучков также слабо зависела от топологического заряда. При этом графики колебаний центра тяжести обнаруживали определенные фрактальные признаки.

Были рассмотрены особенности распространения трубчатых пучков, сформированных в резонаторах лазеров М-модами. Каждую М моду, возбуждаемую в плоскосферическом резонаторе, принято характеризовать двумя индексами — N и K . Индекс N означает число световых пятен на каждом из зеркал, а индекс K — число оборотов луча по азимуту, необходимых для полного замыкания траектории [4]. Эти индексы однозначно определяются геометрическими параметрами резонатора:

$$\frac{K}{N} = \pi^{-1} \arccos \sqrt{1 - \frac{L}{R}}, \quad (2)$$

где L — длина резонатора; R — радиус кривизны сферического зеркала.

Хотя схемы с М-модами и можно рассматривать в качестве альтернативы по отношению к оптическим системам на винтовых пучках следует считаться с тем, что по мере их распространения в пространстве их трубчатая конфигурация из-за перекрытия пучков может разрушаться. Расчеты показывают, что зависимость оптимальной длины трассы z при использовании М-мод от диаметра выходной апертуры D подчиняется закономерностям $z = 2,96 D$ (z и D нормированы на величину конфокального параметра, равного $z_0 = kw_0^2$, k — волновое число, w_0 — минимальный радиус образующего пучка).

При выполнении данной работы часть вопросов, относящихся к математическому моделированию изучаемых процессов, решалась при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-01-00723 а.

Литература

1. Wang X., Nie Zh., Liang Ya., Wang J., Tao L., Baohua J. // Nanophotonics. 2018. 7(9). P. 1533–1556.
2. Aksenov V.P., Pogutsa Ch.E. // Atmospheric and Oceanic Optics. V. 26, No. 1. 2013. P. 13–17.
3. Ramsay A., Degnan J.J. // Applied Optics. V. 9, No. 2. 1970. P. 385–398.
4. Короленко П.В. Оптика когерентного излучения. – М.: Издательство МГУ. – 1998.

СТРУКТУРНЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРИСТЫХ КРЕМНИЕВЫХ НАНОНИТЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МСХТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ H_2O_2 .

М. н. с. *Гончар К.А.*, студент *Моисеев Д.В.*, асп. *Божьев И.В.*,
с. н. с. *Осминкина Л.А.*

Кремниевые нанонити (КНН), изготовленные методом металл-стимулированного химического травления (МСХТ), проявляют такие свойства, как фотолюминесценция в видимом [1–3] и инфракрасном [3,4] диапазонах спектра, причем эффективность последней возрастает по сравнению с кристаллической подложкой, низкий коэффициент отражения в видимом диапазоне спектра [5–7], а также имеют крайне низкий коэффициент теплопроводности ($\sim 0,1$ Вт/м·К) [8]. Недавно было показано, что пористые кремниевые нанонити можно использоваться в качестве чувствительного элемента оптического сенсора на кислород [2,9].

В настоящей работе КНН были получены методом МСХТ пластин монокристаллического кремния р-типа проводимости, удельным сопротивлением 1–5 мОм·см и кристаллографической ориентацией (100) [9]. Структурные свойства полученных образцов КНН были изучены с помощью сканирующего электронного микроскопа Carl Zeiss SUPRA 40 FE-SEM.

Установлено, что КНН обладают двумя типами пористости, и скорость роста различных пористых слоев зависит от концентрации H_2O_2 (рис. 1). Были сняты спектры отражения в среднем ИК диапазоне с помощью ИК Фурье спектрометра Bruker IFS 66v/S. Измерения спектров отражения проводились при угле падения, равном 13° , в вакууме при давлении 1 мбар. На спектрах отражения обнаружено наличие интерференции (интерференция в тонких плёнках), по которой, зная толщину слоя КНН, были рассчитаны эффективные показатели преломления и эффективная диэлектрическая проницаемость среды. Рассматривая КНН в рамках модели эффективной среды, мы