

И. В. Балыкин

(Институт Физики НАН Беларуси, Минск)

Науч. рук. **А. А. Рыжевич**, канд. физ.-мат. наук

А. А. Найдунов

(БГУ, Минск)

Науч. рук. **Т. А. Железнякова**, канд. физ.-мат. наук, доцент

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА БЕССЕЛЕВЫХ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ ПЕРВОГО ПОРЯДКА, СФОРМИРОВАННЫХ ИЗ ИЗЛУЧЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО И ГЕЛИЙ-НЕОНОВОГО ЛАЗЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУОСНЫХ КРИСТАЛЛОВ

Предложенные в [1] параметры качества бесселевых световых пучков нулевого порядка (БСП₀) позволяют производить оценку пригодности этих световых пучков для различных практических приложений, таких как создание оптических пинцетов и преобразователей, лазерная обработка материалов, на основе объективных численных величин. Также следует отметить, что параметры качества реальных БСП₀ обычно существенно зависят от продольной координаты [2]. Таким образом, введение численных параметров качества позволяет подобрать оптимальный режим работы для оптической схемы, например установить расстояние от формирователя пучка до образца таким образом, чтобы воздействие оказывалось той частью пучка, которая обладает наилучшим качеством.

Закономерно возникает вопрос о введении параметров качества для БСП высших порядков (БСП_n, n>0). Их можно ввести, исходя из методологии, изложенной в [1], производя набор аппроксимаций для различных радиальных распределений интенсивности светового пучка. Однако для совместимости процедуры с БСП₁ следует внести следующие изменения:

1. Заменить вид аппроксимирующей функции для интенсивности на

$$\hat{I}(r) = aJ_1^2[b(r - c)]$$

где r – радиальная координата, a , b , c – параметры аппроксимации, J_1 – функция Бесселя первого порядка.

2. r_1 следует определять на основе уравнения

$$\left. \frac{dJ_1^2(br)}{dr} \right|_{r=r_1} = 0$$

Наименьший по модулю нетривиальный корень этого уравнения будет соответствовать центральному кольцу БСП₁. Таким образом, численно

$$r_1(\varphi) = 1,8412 / b(\varphi)$$

где φ – азимутальная координата, вдоль которой проводится радиальное распределение. С учетом указанных замечаний формулы для непосредственного вычисления параметров качества БСП₁ совпадают с формулами для БСП₀ из [1].

Предложенная методология была практически образом проверена на примере анализа качества БСП₁, формируемых из излучения полупроводникового лазерного модуля (ППЛМ) и гелий-неонового лазера (ЛГН) с использованием кристаллов КТР (КТiОРО₄) и КGW (KGd(WO₄)₂) методом, предложенным в [3].

Расстояние между основанием аксикона и CCD-камерой (плоскостью регистрации) обозначается как координата z . Проанализировав поперечные распределения интенсивности для различных z , мы получили пространственные распределения интенсивности, а также зависимости параметров качества БСП₁ от продольной координаты для следующих комбинаций источников излучения и кристаллов: КGW + HeNe, КТР + HeNe, КТР + ППЛМ. Графики полученных зависимостей приводятся в таблице 1.

Из полученных графиков видно, что при использовании ЛГН коэффициент круглости k_k^σ и R^2 при $z > 85$ мм не так резко уменьшаются, как в случае ППЛМ, круглость пучка и его соответствие теоретическому БСП₁, описываемому функцией Бесселя, сохраняется. С другой стороны, коэффициент постоянства k_p^σ для ЛГН при $z > 50$ мм падает быстрее, чем для ППЛМ.

Таким образом, в данной работе нами предложены дополнения к методологии оценки качества БСП₀, позволяющие производить анализ качества БСП₁. Экспериментально показано, что предложенная процедура позволяет характеризовать качество экспериментальных БСП₁. Построены экспериментальные зависимости параметров качества БСП₁ от продольной координаты для пучков, формируемых из излучения ППЛМ и ЛГН с использованием кристаллов КТР и КGW.

Показано, что пучок, формируемый из ЛГН, сохраняет круглость и соответствие формы идеальному БСП₁ на большем расстоянии от аксикона, чем ППЛМ, но при этом быстрее теряет постоянство интенсивности первого кольца.

Таблица 1 – Параметры качества БСП₁, вычисленные по средним квадратичным отклонениям для различных экспериментов

	КГВ + ЛГН	КТР + ЛГН	КТР + ППЛМ
k_K^σ			
k_H^σ			
R^2			

Литература

1. Рыжевич, А. А. Параметры качества бесселевых световых пучков нулевого порядка / А. А. Рыжевич, И. В. Балыкин, Т. А. Железнякова // ЖПС. – 2018. – Т. 85, № 1. – С. 144–153.
2. Балыкин, И. В. Зависимость параметров качества неидеальных бесселевых световых пучков от продольной координаты / И. В. Балыкин, Т. А. Железнякова, А. А. Найдун, А. А. Рыжевич // «Современные проблемы физики», Междунар. школа-конф. молодых учёных и специалистов, Минск, 4–6 ноября 2020 г. / Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси. – Минск, 2020. – С. 41–42.

3. Рыжевич, А. А. Новый метод формирования бесселевых световых пучков первого порядка и возможность их применения в нанотехнологиях / А. А. Рыжевич // Оптический журнал – 2001. – Т. 68, № 3. – С. 54–55.

И. В. Балыкин

(Институт Физики НАН Беларуси, Минск)

Науч. рук. А. А. Рыжевич, канд. физ.-мат. наук

СТРУКТУРА НЕБЕССЕЛЕВЫХ КОНИЧЕСКИХ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В КРИСТАЛЛАХ

Небесселев конический световой пучок (НБКСП) формируется конической линзой из коллимированного светового пучка гауссова типа в области пространства, расположенной непосредственно после зоны существования бесселева светового пучка (БСП), имеющей форму ромбоида. Волновые вектора НБКСП образуют коническую поверхность, угол при вершине которой прямо пропорционален углу при основании конуса используемой конической линзы, однако, в отличие от обычного бесселева светового пучка, распределение интенсивности в НБКСП не описывается квадратом функции Бесселя.

Зона существования БСП - пространственная область, представляющая собой ромбоид длиной z_w , ограниченный поверхностями, формируемыми парциальными пучками, выходящими из вершины аксикона и из окружности радиусом w на поверхности аксикона, в которой падающий на аксикон гауссов световой пучок ослабевает по интенсивности в e^2 раз относительно максимума. Для исследования пространственного распределения интенсивности нами использовались две численные модели - основанная на преобразовании Ганкеля (метод 1) [1, с. 24] и аппроксимация интенсивности с помощью аналитической функции, полученной в параксиальном приближении (метод 2) [1, с. 23]. В качестве характерного поперечного размера использовалась полуширина пучка по уровню $1/e^2 - w$, а в качестве характерного продольного размера была использована длина зоны существования - z_w . Типичным значением величины w была зафиксирована $w_R=2500$ мкм ($R - reference$), обычная для гелий-неонового лазера. Предварительный анализ производился с использованием метода 1 при $w=w_R$, $\lambda=0,633$ мкм. По его результатам было получено простран-