

УДК 535.3

ФОРМИРОВАНИЕ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ С КВАЗИСТАЦИОНАРНЫМ
ОСЕВЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ИНТЕНСИВНОСТИИ. В. БАЛЫКИН¹, А. А. РЫЖЕВИЧ^{1,2}, Т. А. ЖЕЛЕЗНЯКОВА²¹ Институт физики имени Б. И. Степанова НАН Беларуси² Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Бесселевы световые пучки (БСП) характеризуются узким и протяженным максимумом интенсивности, который не изменяет своего диаметра во всей зоне их существования. Для формирования БСП наиболее удобным и распространенным методом является преобразование входного светового пучка конической линзой – аксиконом. В оптическом диапазоне длин волн и при диаметре входного гауссова светового пучка, падающего на аксикон, менее 10 мм возможно получить БСП с диаметром максимума до 10 мкм длиной несколько десятков сантиметров. Однако при этом осевое распределение интенсивности в БСП будет иметь вид несимметричной функции Гаусса [1]. Между тем для целей оптической диагностики и лазерной обработки неплоских поверхностей весьма желательно, чтобы интенсивность осевого максимума БСП была постоянной в как можно большем диапазоне продольной координаты.

Поскольку осевое распределение интенсивности БСП зависит от поперечного распределения интенсивности падающего на аксикон светового поля, актуальной задачей является найти такой профиль этого поля, который бы позволял получить БСП с осевым распределением интенсивности, стационарным на максимально протяженном диапазоне продольной координаты. Для данных целей нами предлагается метод, состоящий в подборе амплитудной маски, обеспечивающей линейную зависимость амплитуды от радиальной координаты в пучке, падающем на аксикон, поскольку аксикон собирает свет в каждой точке на оси формируемого БСП из соответствующего положению z этой точки кольца радиусом r , линейно зависящим от z . Поскольку при падении на аксикон плоской волны, когда интенсивность света не зависит от радиальной координаты, осевая интенсивность БСП линейно растет, мы предположили, что распределение амплитуды поля в падающем на аксикон пучке должно иметь вдоль диаметра форму треугольника. Однако такая форма поля не позволяет получить квазистационарное распределение осевой интенсивности. Лучших результатов получается достичь в случае, если на оси падающего на аксикон поля есть минимум интенсивности. В связи с этим нами предложена «комбинированная» маска, состоящая из трех частей (основной части, обеспечивающей линейную зависимость амплитуды поля от радиальной координаты, одной «сглаживающей» части в приосевой области и диафрагмы за пределами линейного участка), снижающих влияние дифракционных эффектов. Такая маска задается набором параметров, задающих ее внешний и внутренний радиусы, крутизну наклона линейной части и степень сглаживания в приосевой части. Путем численных экспериментов, основанных на методе

распространения углового спектра, нами произведен поиск оптимальных параметров падающего на аксикон поля при длине волны излучения 633 нм, полуширине w гауссова пучка по уровню интенсивности $1/e^2 - 1$ мм, угле при основании конуса аксикона $2,5^\circ$, показателе преломления аксикона 1,5. В расчетах нами было зафиксировано $A_1 = 1,2866 A_0$, где A_0 – осевое значение модуля поля в исходном пучке; A_1 – максимальное значение модуля поля в пучке после маски в отсутствие приосевого сглаживания до нуля; $R_{sm} = 0,3 w$ – длина участка сглаживания между линейным участком поля и осевым минимумом; $R_{max} = 1,5000 w$ – внешний радиус маски. Интерес представлял вопрос о том, что будет происходить с распределением интенсивности при варьировании внутреннего радиуса маски R_{min} , для чего был введен параметр $\theta = R_{min} / R_{max}$, т. е. отношение внутреннего радиуса маски к внешнему. Варьируя этот параметр, мы осуществляли поиск такого значения, которое обеспечило бы наибольшее постоянство осевой интенсивности в формируемом аксиконом БСП. На рис. 1, а приводится форма рассчитанной оптимальной маски поглощения, а на рис. 1, б – вид распределения модуля амплитуды поля в пучке, падающем на аксикон, и поля после маски.

На рис. 1, в показаны осевые распределения для различных значений параметра θ .

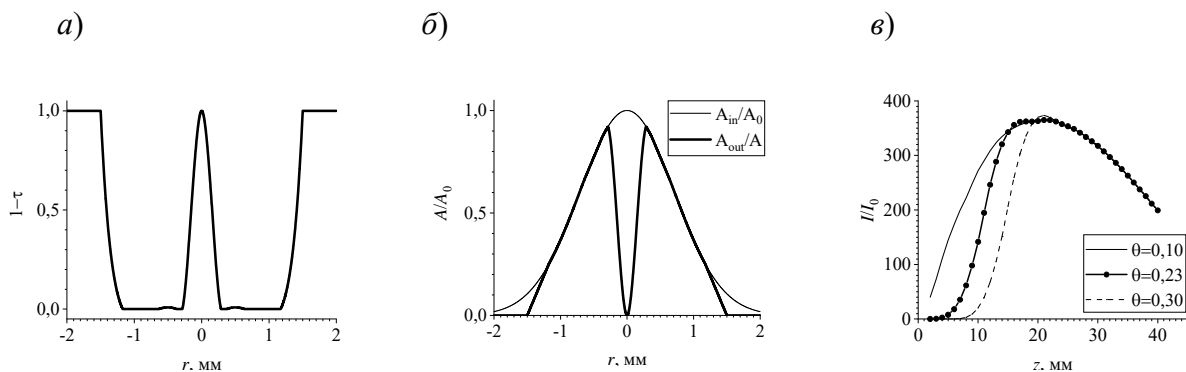


Рис. 1. Профиль поглощения 1-т маски (а), диаметральное распределение поля гауссова пучка A_{in} и поле после маски A_{out} при $\theta = 0,30$ (б); осевые распределения интенсивности, полученные для масок с различным значением параметра θ (в)

Видно, что θ , близкий к 0,23, обеспечивает формирование участка с квазистационарным распределением осевой интенсивности БСП длиной ≈ 5 мм, что позволяет применять подобный БСП для диагностики поверхностей с неровностями высотой до 5 мм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brzobohatý, O. High quality quasi-Bessel beam generated by round-tip axicon / O. Brzobohatý, T. Cizmar, P. Zemánek // Optics Express. – 2008. – Vol. 16, № 17. – P. 12688– 12700.