

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И САМОВОЗДЕЙСТВИЯ БЕССЕЛЕВЫХ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ В СРЕДАХ С НАСЫЩЕНИЕМ ПОГЛОЩЕНИЯ

Д. В. Горбач¹, Т. А. Куприянец¹, С. А. Назаров¹, О. Г. Романов¹,
А. П. Сухоруков², А. Л. Толстик¹

¹Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

²Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
Москва, Россия

E-mail: gorbach@tut.by

Экспериментально и теоретически исследованы закономерности преобразования пространственной структуры бесселевых световых пучков при их распространении в растворе красителя родамин 6Ж.

Бесселев световой пучок формировался излучением второй гармоники лазера на алюмоиттриевом гранате ($\lambda = 532$ нм, $\tau = 20$ нс), проходящим через аксикон с углом конусности $\gamma = 1^\circ$. Пучок направлялся в кювету с этанольным раствором красителя родамин 6Ж толщиной 5 мм, расположенную на расстоянии 10 см от аксикона. Энергия импульса лазерного излучения варьировалась в пределах $E = 0.2 \div 3$ мДж, концентрация красителя изменялась в пределах $C = 2 \cdot 10^{-5} \div 10^{-4}$ моль/л. Пространственные профили интенсивности пучка в дальней зоне регистрировались с помощью CCD-камеры.

Показано, что пространственное распределение интенсивности бесселева светового пучка на выходе кюветы зависит как от оптической плотности раствора красителя, так и от входной интенсивности. Так, на рис. 1 представлены характерные зависимости пространственного распределения интенсивности, полученные в области нахождения кюветы с красителем (а), а также в дальней зоне при наличии кюветы с красителем (в, з), и без нее (б). Видно, что в условиях нелинейного поглощения при небольшой энергии светового импульса кольцевой

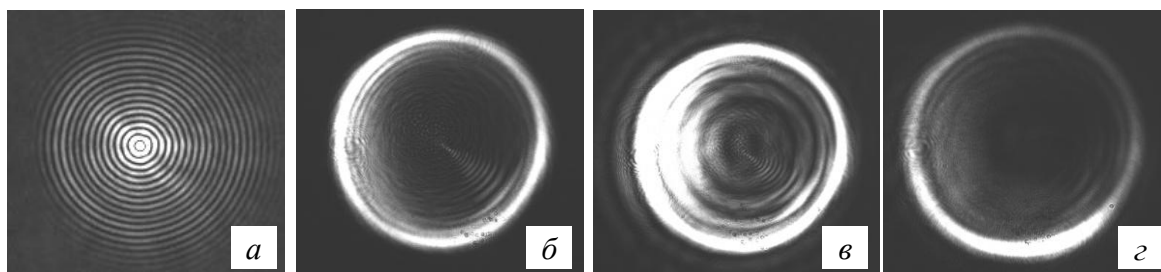


Рис. 1. Распределение интенсивности бесселева светового пучка в зависимости от интенсивности; а – вид бесселева светового пучка в области нахождения кюветы с красителем; б – в дальней зоне без кюветы с красителем; в, з – в дальней зоне при наличии кюветы с красителем: $C = 2 \cdot 10^{-5}$ моль/л; $E = 0.4$ мДж (в), 2.3 мДж (з)

пространственный спектр бesselева светового пучка разрушается (рис. 1, *в*). Увеличение интенсивности приводит к просветлению нелинейной среды и восстановлению кольцеобразного распределения интенсивности (рис. 1, *з*), которое характерно для распространения бesselева светового пучка в свободном пространстве (рис. 1, *б*). Аналогичная закономерность наблюдается и при увеличении концентрации красителя в растворе (рис. 2). При большой концентрации (рис. 2, *а*) формирование дальней зоны происходит из небольшого числа колец бesselева светового пучка, что приводит к существенной деформации его пространственного спектра. Уменьшение концентрации раствора красителя, а, следовательно, и уменьшение оптической плотности при заданной энергии лазерного импульса приводит к тому, что большее число колец бesselева светового пучка проходит через кювету с красителем, испытывая меньшее поглощение и таким образом участвует в формировании кольцеобразной структуры в дальней зоне.

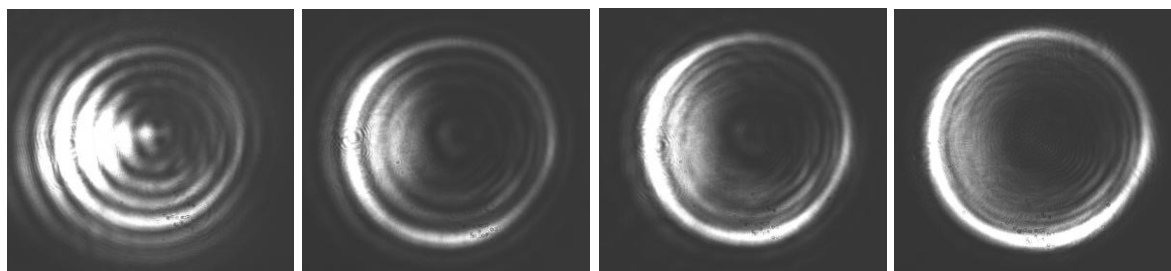


Рис. 2. Распределение интенсивности бesselева светового пучка в дальней зоне в зависимости концентрации раствора красителя; $E = 1.4$ мДж; $C = 10^{-4}(a)$, $7 \cdot 10^{-5}(б)$, $5 \cdot 10^{-5}(в)$, $2 \cdot 10^{-5}(з)$ моль/л

Для объяснения полученных зависимостей был рассчитан пространственный спектр бesselева светового пучка в зависимости от количества колец. В дальней зоне бesselева светового пучка, состоящего из бесконечного (достаточно большого) числа колец, формируется узкое кольцеобразное распределение интенсивности, которому соответствует узкий пик в угловом спектре. Уменьшение эффективного числа колец приводит к уширению пика и появлению дополнительных максимумов. При дальнейшем уменьшении числа колец угловой период возникающей модуляции увеличивается, а пик, характеризующий структуру бesselева светового пучка, сглаживается.

Таким образом, в работе определены условия нарушения структуры бesselева светового пучка при его распространении в поглощающей нелинейной среде и предложено теоретическое описание, которое удовлетворительно согласуется с экспериментальными результатами.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ (грант № Ф12Р-075) и РФФИ (грант № 12-02-90023-Бел_а).