

$$S = \int_{-\infty}^{\infty} \psi(u) du .$$

Функцию $f(b)$ в (12) выразим через обратное преобразование Фурье, а для функций под знаком интеграла применим равенство Парсевяля ($a>0$):

$$Hf(b,a) = -\frac{S}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} F(x)e^{-ibx} dx + \int_{-\infty}^{\infty} F(x)\Psi(-ax)e^{-ibx} dx .(13)$$

Поскольку $\Psi(0) = \frac{S}{\sqrt{2\pi}}$, выражение (13) можно

записать в виде

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} Hf(b,a) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} F(x)(\Psi(-ax) - \Psi(0))e^{-ibx} dx .(14)$$

Для вейвлет преобразования функции $g(x)$ аналогично:

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} Wg(b,a) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} G(y)\Psi(-ay)e^{-iyb} dy .(15)$$

В правой части выражений (14) и (15) находятся преобразования Фурье для функций $F(x)(\Psi(-ax) - \Psi(0))$ и $G(y)\Psi(-ay)$. Проинтегрируем по переменной b произведение выражений (14), (15) и применим равенство Парсевяля:

$$\int_{-\infty}^{\infty} Hf(b,a)Wg(b,a)db = 2\pi \int_{-\infty}^{\infty} F(x)(\Psi(-ax) - \Psi(0))G(-x)\Psi(ax) dx . (16).$$

Умножим теперь выражение (16) на $\frac{da}{a}$ и проин-

тегрируем на промежутке $[0,\infty]$, а затем применим равенство Парсевяля:

$$2\pi \int_0^{\infty} \frac{da}{a} \int_{-\infty}^{\infty} F(x)(\Psi(-ax) - \Psi(0))G(-x)\Psi(ax) dx = C \int_{-\infty}^{\infty} F(x)G(-x)dx = C \int_{-\infty}^{\infty} f(t)g(t)dt ,$$

$$\text{где } C = 2\pi \int_0^{\infty} \frac{(\Psi(-ax) - \Psi(0))\Psi(ax)}{a} da .$$

Чтобы C - была константной, необходимо, чтобы выполнялось условие

$$C = 2\pi \int_0^{\infty} \frac{(\Psi(-ax) - \Psi(0))\Psi(ax)}{a} da = 2\pi \int_0^{\infty} \frac{(\Psi(ax) - \Psi(0))\Psi(-ax)}{a} da ,$$

(в противном случае C будет зависеть от знака x) из которого следует условие допустимости (10).

УДК 535:628.373.8, 535:548

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ БЕССЕЛЕВЫХ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Рыжевич А.А.¹, Балыкин И.В.^{1,2}, Мащенко А.Г.¹, Лепарский В.Е.¹, Хило Н.А.¹

¹Институт физики НАН Беларуси

²Белорусский государственный университет, Минск

Республика Беларусь

В настоящее время наряду с обычными гауссовыми лазерными пучками все более широкое применение находят бесселевы световые пучки (БСП), в том числе БСП высших порядков, имеющих винтовую дислокацию волнового фронта (ВДВФ). ВДВФ обуславливает наличие минимума интенсивности на продольной оси таких пучков, что необходимо для решения ряда прикладных задач. Актуальной является задача поиска эффективных методов формирования БСП высших порядков, радиальное распределение интенсивности в поперечном сечении которых описывается квадратом функции Бесселя второго порядка ($I(\rho) \sim J_n^2(M\rho)$, где ρ - радиальная координата, M - масштабирующий коэффициент). В данной работе предлагается метод формирования бесселевых световых пучков 2-го порядка (БСП₂).

Метод формирования БСП₂ основан на поляризационном разделении двух циркулярно поляризованных в ортогональных направлениях собственных волн, возбуждаемых в одноосном кристалле, оптическая ось которого вдоль

падающего на него циркулярно поляризованного лазерного пучка [1-2]. Оптическая схема метода показана на рисунке 1.

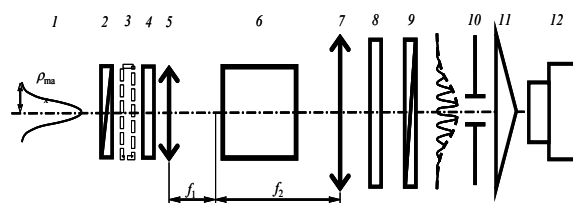


Рис. 1. Оптическая схема метода формирования БСП второго порядка

Вначале линейно поляризованный поляризатором 2 исходный лазерный гауссов пучок 1 с помощью последовательно расположенных первой четвертьволновой пластинки 4, одноосного кристалла 6, второй четвертьволновой пластинки 8 и поляризатора 9 преобразуется в линейно поляризованный многокольцевой световой пучок с ВДВФ второго порядка (ВДВФ₂), причем в этом случае можно достичь достаточно высокой (около 50%) эффективности преобразования. Затем из многокольцевого пучка круглой диа-

фрагмой 10 выделяется однокольцевой световой пучок с ВДВФ₂, из которого с помощью аксикона (конической линзы) 11 практически без энергетических потерь формируется БСП₂.

На рисунке 2 показаны диаметральные распределения интенсивности в поперечном сечении многокольцевых пучков, обладающего (рисунок 2а) и не обладающего (рисунок 2б) ВДВФ.

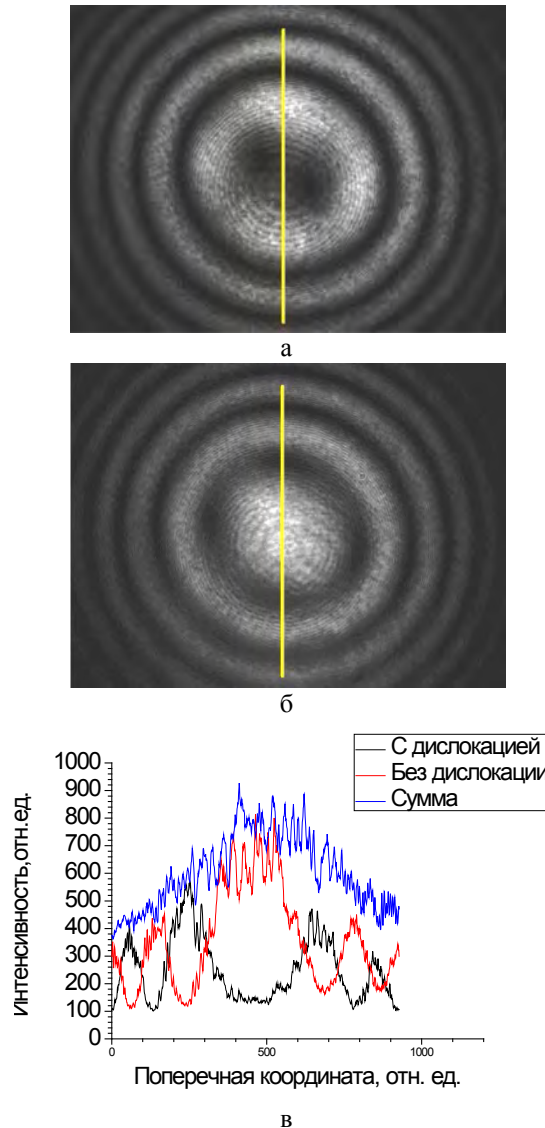


Рис. 2. Распределения интенсивности в многокольцевых пучках: поперечные распределения в пучках с ВДВФ (а) и без нее (б) и диаметральные распределения интенсивности вдоль желтых линий с их суммой (в)

Пучки получены при повороте поляризатора 9 относительно поляризатора 2 на 0° и 90° соответственно. Диаметральные линии, вдоль которых снимались распределения интенсивности, обозначены на рисунках 2а, б желтым цветом. Распределения интенсивности в пучках с ВДВФ₂

и без нее описываются соответственно формулами (1) и (2):

$$I_2(\rho) = \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2 I_0\left(\frac{f_2}{f_1}\rho\right) \sin^2\left(\frac{\Delta k L}{2}\right) \quad (1)$$

$$I_0(\rho) = \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2 I_0\left(\frac{f_2}{f_1}\rho\right) \cos^2\left(\frac{\Delta k L}{2}\right) \quad (2)$$

где

$$\frac{\Delta k}{2} = \frac{k_0}{4n_o} \left(\frac{n_o^2}{n_e^2} - 1\right) \sin^2(\gamma) \quad (3),$$

или

$$\frac{\Delta k}{2} = \frac{\pi}{2\lambda n_o} \left(\frac{n_o^2}{n_e^2} - 1\right) \sin^2(\gamma) \quad (4)$$

Здесь L – длина кристалла, f₁, f₂ – фокусные расстояния линз, составляющих телескоп, n_o, n_e – показатели преломления обыкновенной и необыкновенной волн в кристалле, ε_o, ε_e – главные компоненты тензора диэлектрической проницаемости для обыкновенной и необыкновенной волн в кристалле, γ – угол конусности элементарных пучков в световом пучке, ρ – радиальная координата.

Суммирование распределений (1) и (2) имеет результатом распределение интенсивности в начальном гауссовом пучке, падающем на кристалл, за вычетом потерь при отражении на входной и выходной гранях оптических элементов (рис. 2в).

На рисунке 3 показано распределение интенсивности в БСП₂, сформированном из пучка с ВДВФ₂.

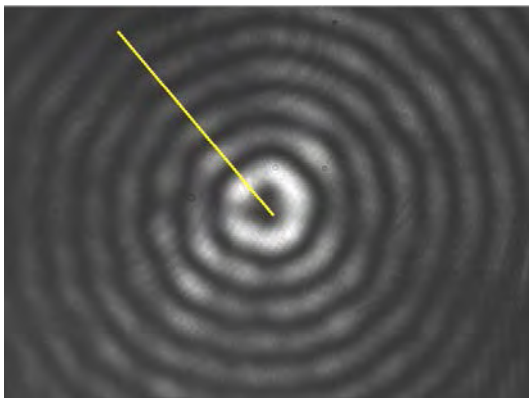
Большим достоинством предложенного метода является возможность формирования высокоинтенсивных лазерных БСП₂, что обеспечивается высокой лучевой прочностью использованных для реализации метода одноосного кристалла KDP (дигидрофосфат калия КН₂РО₄), четвертьволновых пластинок и кристаллических поляризаторов.

Радиальное распределение интенсивности в БСП₂, полученном с помощью аксикона с углом при основании конуса порядка 2,5 градуса, хорошо соответствует квадрату функции Бесселя второго порядка. Высокоинтенсивные БСП₂ могут применяться для точной лазерной обработки материалов, управления частицами в био- и нанотехнологиях, локального воздействия на биоткани.

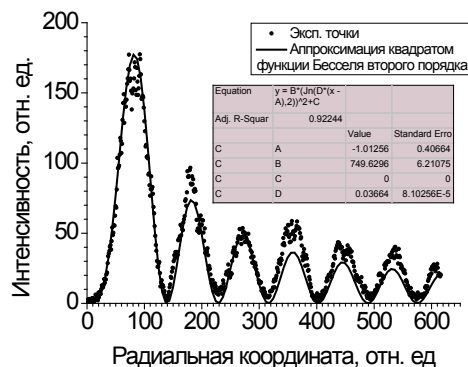
1. Belyi, V.N. Propagation of high-order circularly-polarized Bessel Beams and vortex

generation in uniaxial crystals / V.N. Belyi, N.A. Khilo, N.S. Kazak, A.A. Ryzhevich, A. Forbes // Opt. Eng. – 2011. – Vol. 50, № 5. – P. 1-9.

2. Хило, Н.А. Преобразование порядка бesselевых световых пучков в одноосных кристаллах / Н.А.Хило, А.А.Рыжевич, Е.С.Петрова // Квантовая Электроника – 2001. – Т. 31, № 1. – С. 85–89.



а



б

Рис. 3. Поперечное (а) и радиальное (б) распределение интенсивности в полученном экспериментально БСП₂

Equation	$I = BJ_2^2(D \cdot (x - A)) + C$	
Adj. R ²	0,92244	
Name	Value	Standard error
A	-1,01256	0,40664
B	749,62965	6,21075
C	0	0
D	0,03664	8,10E-05

УДК 621.762

НОВЫЕ ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ – НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ. ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

Савич В.В.

Институт порошковой металлургии Национальной академии наук Беларуси
Минск, Республика Беларусь

В электродвигателях ротор и статор традиционно получают вырубкой профильных пластин из тонколистовой (0,2-1,2 мм) т.н. «электротехнической» стали (как правило – это сплав системы Fe-Co-V – викаллой 49КФ10, 52КФ11), сборкой пластин в пакет (как правило, с использованием лака или клея), и намоткой медным проводом заданных контуров. Однако собранные из пластин пакеты имеют низкую конструктивную жесткость и стабильность магнитных свойств, в силу чего потери, обусловленные упругой деформацией и смещением элементов пакетов, вследствие вибрационных, ударных и температурных нагрузок, достигают 20-30%. Устранить такие потери можно только за счет замены слоеных пакетов на жесткие монолитные конструкции магнитопроводов.

Технологии порошковой металлургии позволяют получать детали из магнитно-мягких материалов типа стали Э, пермаллоя и другие нужной конфигурации почти без потерь материала (до 5 %), исключить большинство трудоем-

ких и ручных операций, что дает возможность изготавливать роторы и статоры электродвигателей с большей экономической эффективностью. Использование метода порошковой металлургии для изготовления магнитно-мягких деталей позволяет управлять химическим составом магнитных материалов в очень узких пределах (что особенно важно для железоникелевых сплавов), а также вводить в материал наполнители, изолирующие прослойки, что открывает большие возможности в усовершенствовании и улучшении свойств магнитно-мягких материалов.

Однако в последние годы, исключительно благодаря технологиям порошковой металлургии, стало возможным коренным образом изменить традиционную конструкцию электродвигателя, уменьшить его габариты, повысить другие технические характеристики.

Цель данной работы – представить результаты использования зарубежными авторами новых порошковых магнитномягких материалов и