

Определение оптимальных параметров для осуществления эффективной перекачки энергии между пучками при их взаимодействии в кристалле SBN

В. В. Давыдовская, А. В. Федорова

Мозырский государственный педагогический университет имени И. П. Шамякина, Мозырь, Беларусь, e-mail: davalenta@inbox.ru

Составлена математическая модель для описания распространения и взаимодействия двумерных световых пучков в фоторефрактивном кристалле SBN. Теоретически обоснована возможность осуществления перекачки энергии между взаимодействующими пучками в фоторефрактивном кристалле SBN. Определены оптимальные условия, при которых достигается максимальная эффективная перекачка энергии между пучками.

Ключевые слова: фоторефрактивный кристалл; взаимодействие; двумерный световой пучок; супергауссов профиль; перекачка энергии; оптимальные условия.

Determination of optimal parameters for efficient energy transfer between beams during their interaction in an SBN crystal

V. V. Davydovskaya, A. V. Fedorova

Mozyr State Pedagogical University named after I. P. Shamyakin, Mozyr, Belarus, e-mail: davalenta@inbox.ru

A mathematical model has been compiled to describe the propagation and interaction of two-dimensional light beams in a photorefractive SBN crystal. The possibility of energy transfer between interacting beams in a photorefractive SBN crystal has been theoretically substantiated. Optimal conditions have been determined under which maximum efficient energy transfer between beams is achieved.

Key words: photorefractive crystal; interaction; two-dimensional light beam; super-Gaussian profile; energy transfer; optimal conditions.

Введение

В настоящее время не ослабевает интерес к исследованиям в области новых оптических методов обработки информации, так как актуальной остается проблема создания эффективной элементной базы для оптических компьютеров и систем быстрой передачи и обработки данных, таких как матричные базы данных, пространственные модуляторы света, устройства для регистрации и преобразования оптических сигналов [1].

Можно выделить целый ряд задач нелинейной оптики, имеющих высокие перспективы практического использования в данной области. Довольно часто такие задачи связаны с исследованием особенностей распространения и взаимодействия двумерных световых пучков в фоторефрактивных кристаллах.

Одним из наиболее ценных для практического применения следствий фоторефрактивного эффекта является энергетический обмен между взаимодействующими в

фоторефрактивном кристалле лазерными пучками, вследствие которого можно посредством одного пучка контролировать, переключать или усиливать другой пучок. Этот эффект можно успешно использовать в адаптивных оптических устройствах [2, 3] и фильтрах новизны (novelty filters) [4].

Как правило, перекачка энергии между пучками осуществляется путем задания начальной разности фаз между пучками, однако если поперечные сечения взаимодействующих пучков на входе в кристалл расположены вдоль прямой, параллельной вектору напряжённости внешнего электрического поля приложенного вдоль оптической оси кристалла, то перекачка энергии может наблюдаться и без задания входной разности фаз между ними.

1. Обсуждение основных результатов

При вводе в фоторефрактивный кристалл SBN толщиной 20 мм, к которому вдоль оптической оси приложено внешнее электрическое поле с напряженностью $E_0 = 3$ кВ/см, двух двумерных квадратных супергауссовых световых пучков с шириной 25 мкм и расстоянием между пучками, равным ширине пучка (рис. 1, а), наложение явлений дрейфа и диффузии электронов приводит в случае, когда поперечные сечения пучков на входе в кристалл расположены вдоль прямой, параллельной направлению внешнего электрического поля, к энергетическому обмену между пучками (рис. 1, б–г).

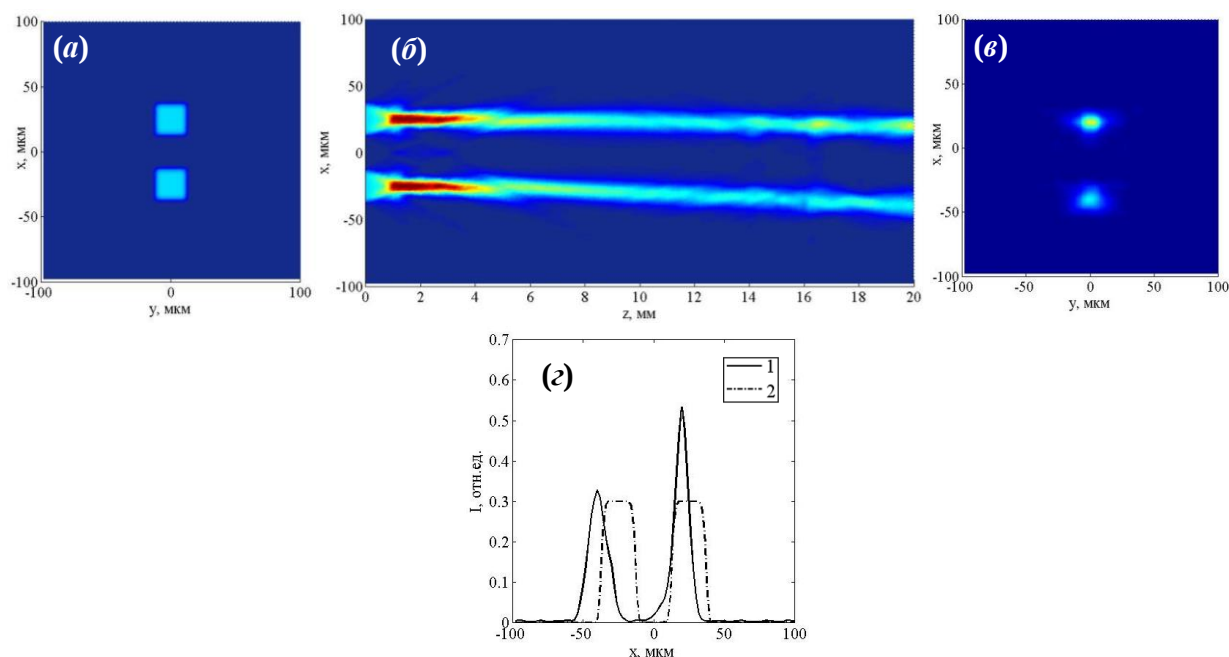


Рис. 1. Пучки на входе в кристалл SBN: (а) – световые пучки на входе в кристалл; (б) – распределение светового поля двумерных пучков по толщине кристалла; (в) – световые пучки на выходе из кристалла; (г) – 1 – профили световых пучков на выходе из кристалла, 2 – профили супергауссовых световых пучков квадратного сечения на входе в кристалл

Определим оптимальные параметры кристалла SBN; значения напряженности и направления внешнего электрического поля; характерных размеров и взаимного

расположения двумерных световых пучков с целью осуществления энергетического обмена между ними, а также достижения их квазисолитонного распространения.

Проанализируем взаимодействие двух пучков, расположенных на входе в кристалл SBN толщиной 40 мм параллельно направлению вектора внешнего электрического поля, (рис. 2). Модуль напряжённости внешнего электрического поля, в которое помещён кристалл SBN, равен $E_0 = 3$ кВ/см.

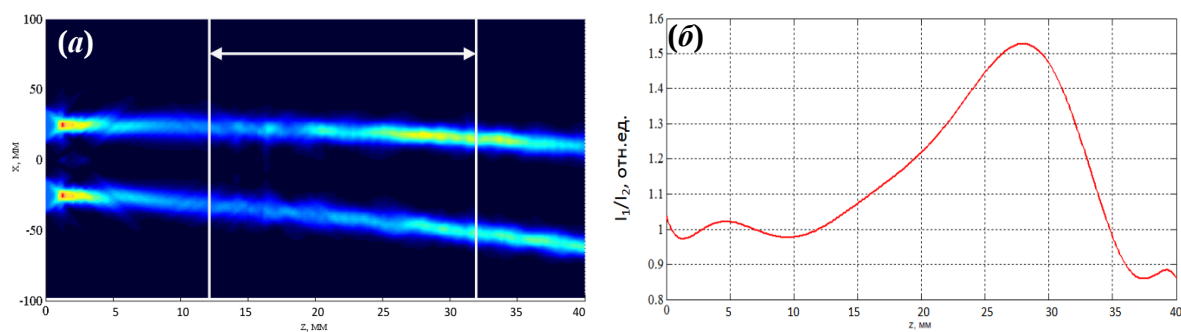


Рис. 2. Взаимодействие пучков при $E_0 = 3$ кВ/см и $z = 40$ мм; (а) – распределение светового поля двумерных пучков по толщине кристалла; (б) – отношение интенсивностей верхнего и нижнего пучков

Обозначим интенсивность верхнего пучка I_1 , а интенсивность нижнего пучка I_2 , оценивать будем отношение этих интенсивностей I_1/I_2 (рис 2, б). Из рис. 2 видно, что оптимальный промежуток для получения значительного энергетического обмена между пучками при $E_0 = 3$ кВ/см от 15 мм до 33 мм (рис. 2, а), на этом промежутке отношение I_1/I_2 больше, чем 1.1 (рис. 2, б).

При толщине кристалла более 28 мм отношение I_1/I_2 начинает убывать, так как расстояние между пучками увеличивается, и степень взаимодействия между ними уменьшается.

При увеличении поля до 4 кВ/см (рис. 3) энергетический обмен между взаимодействующими пучками практически не наблюдается. Из рис. 3, б видно, что отношение интенсивностей I_1/I_2 мало отличается от 1, т. е. интенсивности верхнего и нижнего пучка практически одинаковы.

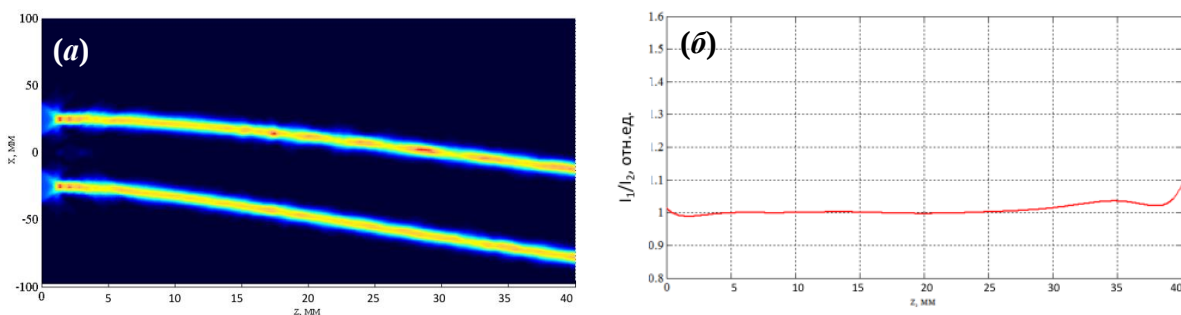


Рис.4. Взаимодействие пучков при $E_0 = 4$ кВ/см и $z = 40$ мм; (а) – распределение светового поля двумерных пучков по толщине кристалла; (б) – отношение интенсивностей верхнего и нижнего пучков

При уменьшении поля до 2 кВ/см оба пучка дифрагируют, и энергетический обмен между ними не наблюдается (рис. 5).

При увеличении расстояния между пучками на входе в кристалл пучки взаимодействуют меньше и желаемые для исследования эффекты (объединение и энергетический обмен) практически отсутствуют.

Параметры подбирались для наблюдения сразу двух явлений (объединения и энергетического обмена), поэтому наиболее подходящими являются $E_0 \approx 3$ кВ/см и толщина кристалла не более 20 мм.

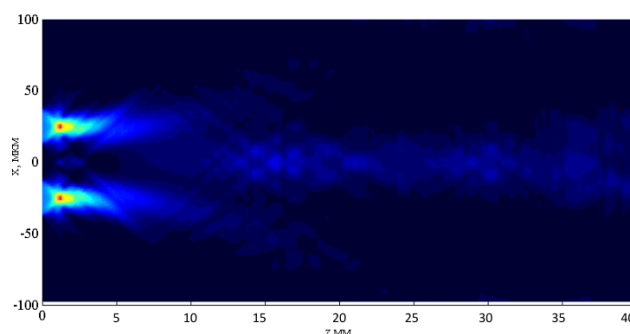


Рис. 5. Распределение светового поля по толщине кристалла при $E_0 = 2$ кВ/см

Заключение

Таким образом, в данной работе теоретически обоснована возможность осуществления энергетического обмена между взаимодействующими пучками без задания дополнительной разности фаз между ними на входе в кристалл.

Полученные в статье результаты могут быть использованы при определении оптимальных параметров кристалла SBN; направления внешнего электрического поля и значения его напряженности; размеров и взаимного расположения двумерных световых пучков с целью осуществления энергетического обмена между ними.

Рассмотренные в работе эффекты могут быть использованы при проектировании оптических волноводных устройств, осуществляющих каналирование световых потоков, передачу и обработку информации.

Библиографические ссылки

1. Cuniot-Ponsard M. Strontium Barium Niobate Thin Films for Dielectric and Electro-Optic Applications. *Ferroelectrics – Material Aspects* // InTech. 2011. P. 498–518.
2. Динамические голограммы Денисюка в кубических фоторефрактивных кристаллах / С. М. Шандаров [и др.] // *Квантовая электроника*. 2008. Т. 11, № 11. С. 1059–1069.
3. Динамические отражательные голограммы для адаптивной интерферометрии / А. А. Колегов [и др.] // *Изв. вузов. Физика*. 2010. № 9/3. С. 147–148.
4. Woerdemann, M. Full field particle velocimetry with a photorefractive optical novelty filter / M. Woerdemann, F. Holtmann, C. Denz // *Appl. Phys. Lett.* Vol. 93. 2008. P. 021108–021111.