

В.В. ДАВЫДОВСКАЯ

МГПУ им. И.П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА МЕЖДУ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИМИ ПУЧКАМИ В ФОТОРЕФРАКТИВНОМ КРИСТАЛЛЕ SBN БЕЗ ЗАДАНИЯ ВХОДНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ РАЗНОСТИ ФАЗ МЕЖДУ НИМИ

В ряде работ (напр., [1; 2]) показано, что взаимодействие световых пучков может сопровождаться как взаимным притяжением и полным их объединением, так и отталкиванием пучков. Известно, что результат взаимодействия двух пучков напрямую зависит от их относительной фазы. Если два пучка синфазны, то они притягиваются, если находятся в противофазе, то отталкиваются. В промежуточном случае наблюдается энергетический обмен между пучками, который может приводить даже к исчезновению одного из пучков.

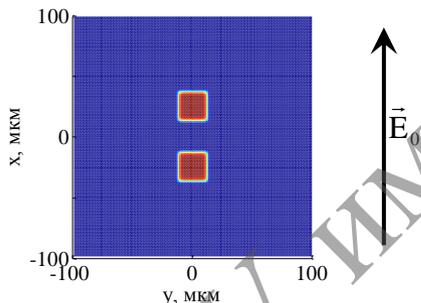


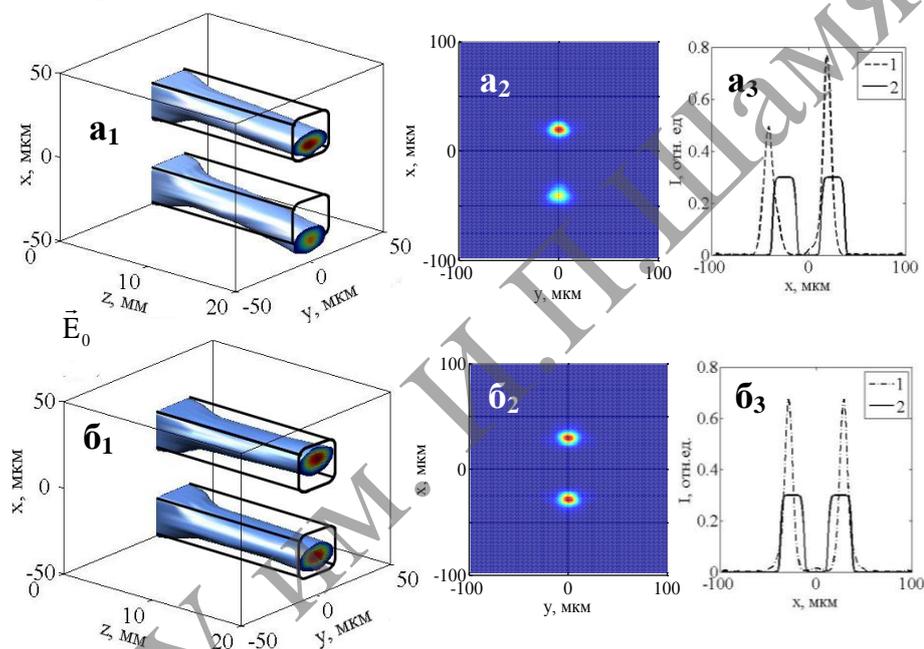
Рисунок 1. – распределение относительной интенсивности $I(x,y)$ входных пучков при наблюдении навстречу оси z

В этой работе показано, что при взаимодействии световых пучков, поперечные сечения которых на входе в кристалл расположены вдоль прямой, параллельной вектору напряжённости внешнего электрического поля (рисунок 1), возможно осуществление энергетического обмена между двумерными пучками без задания входной

разности фаз между ними, при их взаимодействии в фоторефрактивном кристалле SBN, помещенном во внешнее электрическое поле, приложенное вдоль оптической оси кристалла.

Для моделирования были использованы следующие параметры: $n_e = 2,33$, $r_{33} = 235$ пм/В, $\lambda = 0,6314$ мкм, $T = 295$ К [напр., 3], полуширина входных пучков 12,5 мкм, расстояние между центрами пучков 50 мкм. Модуль напряжённости внешнего электрического поля, в которое помещён кристалл, равен $E_0 = 3$ кВ/см.

Показано, что между пучками происходит энергетический обмен, который ответственен за различие относительных интенсивностей световых пучков на выходе из кристалла (рисунок 2, а). Следует отметить, что правильное качественное объяснение асимметрии интенсивности и положения пучков (рисунок 2, а), входящих в кристалл параллельно вектору внешнего электрического поля, может быть дано только при одновременном учёте диффузионного и дрейфового механизма перемещения электронов в фоторефрактивном кристалле, т.к. без учета диффузионного механизма асимметрия не наблюдается (рисунок 2, б).



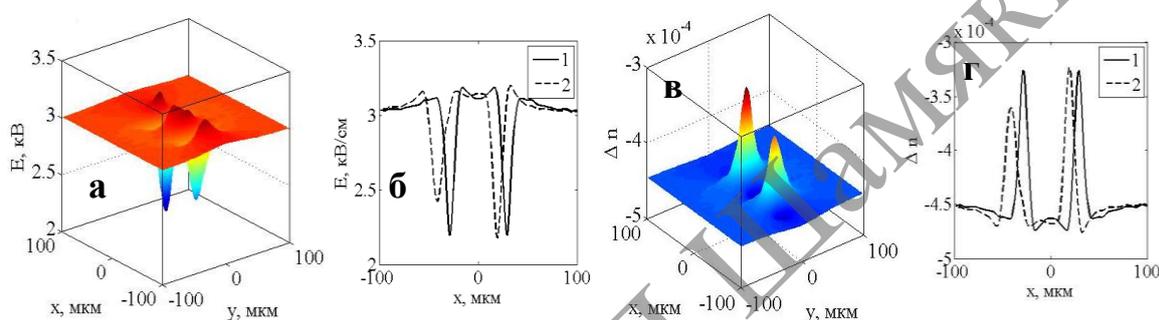
a_1, b_1 – трехмерные модели распределения световых полей по толщине кристалла с учетом диффузионного слагаемого поля пространственного заряда и без его учета соответственно; a_2, b_2 – результаты теоретического моделирования пучков на выходе из кристалла с учетом диффузионного слагаемого поля пространственного заряда и без его учета соответственно; a_3, b_3 – 1 – профили световых пучков на выходе из кристалла, рассчитанные без учёта диффузионного слагаемого поля пространственного заряда и с его учётом соответственно; 2 – профили супергауссовых световых пучков квадратного сечения на входе в кристалл.

Рисунок 2. – Взаимодействие двух прямоугольных двумерных световых пучков в фоторефрактивном кристалле SBN

Без учета диффузионного механизма перемещения зарядов можно видеть, что световые пучки отталкиваются (рисунок 2б). При распространении световых пучков в кристалле, в нем формируется пространственно неоднородное распределение заряда, а следовательно, и электрического поля (рисунок 3а), а т.к. кристаллу SBN свойственен

электрооптический эффект, то действием света в кристалле обуславливается неоднородное распределение показателя преломления (рисунок 3в) [4].

Если рассмотреть сечение распределения показателя преломления рассчитанного без учета диффузии (рисунок 3б, кривая 1), то можно видеть, что в области взаимодействия световых пучков происходит большее изменение показателя преломления, что способствует созданию условий, более близких к полному внутреннему отражению (рисунок 3б, кривая 1). При рассмотрении соответствующих профилей световых пучков можно видеть, что в области взаимодействия, профиль имеет более крутой спад, т. к. в этой области происходит большее внутренне отражение, вследствие чего пучки начинают отталкиваться (рисунок 2бз, кривая 1). При учете диффузии можно видеть, что в пространственном распределении поля (рисунок 3б, кривая 2) и показателя преломления (рисунок 3г, кривая 2) появляется асимметрия, что в дальнейшем приводит к созданию различных условий распространения для верхнего и нижнего световых пучков.



кривые 1 – рассчитанные без учета диффузии сечения электрического поля и показателя преломления, на выходе из кристалла плоскостью, параллельной XOZ и проходящей через максимум; 2 – рассчитанные с учетом диффузии сечения электрического поля и показателя преломления, на выходе из кристалла плоскостью, параллельной XOZ и проходящей через максимум

Рисунок 3. – Пространственное распределение электрического поля (а) и показателя преломления (в) в фоторефрактивном кристалле SBN. (б)-(г)

Диффузионный механизм перемещения зарядов приводит к смещению световых пучков против направления вектора напряженности внешнего электрического поля, приложенного к кристаллу SBN вдоль направления внешнего электрического поля. Однако для верхнего пучка это смещение компенсирует отклонение пучка в направлении внешнего электрического поля за счет отталкивания взаимодействующих световых пучков. Для нижнего пучка эти два смещения суммируются, и нижний пучок отклоняется больше верхнего (рисунок 2а₁).

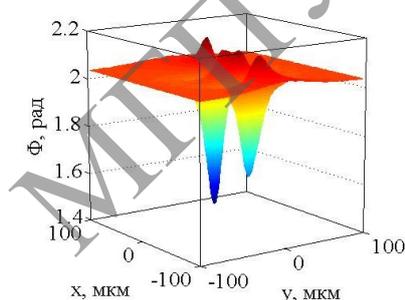


Рисунок 4. – Распределение относительной фазы между взаимодействующими пучками с учетом диффузии на выходе из кристалла

Поэтому пучки проходят в кристалле различный оптический путь, который приводит к появлению разности фаз между взаимодействующими пучками (рисунок 4), и, как следствие, к появлению энергетического обмена между пучками, что проявляется перекачке энергии от нижнего пучка к верхнему (рисунок 2а₃, кривая 1).

ЛИТЕРАТУРА

1. Interaction of spatial photorefractive solitons / W. Królikowski [et al.] // Quantum Semiclass. Opt. – 1998. – Vol. 10. – P. 823 – 837.
2. Chen, Z. Experiments on partially coherent photorefractive solitons / Z. Chen, M. Segev, D.N. Christodoulides // J. Opt. A: Pure. Appl. Opt. – 2003. – Vol. 5. – P. S389 – S397.
3. Ducharme, S. Electro-optic and Piezoelectric Measurements in Photorefractive Barium Titanate and Strontium Barium Niobate / S. Ducharme, J. Feinberg, R.R. Neurgaonkar // J. Quantum Electron. – 1987. – Vol. 23, № 12. – P. 2116 – 2121.
4. Петров, М.П. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике / М.П. Петров, С.И. Степанов, А.В. Хоменко. – СПб.: Наука, 1992. – 320 с.