

УДК 621.391.6

ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ ДЕФЛЕКТОР ГРАДИЕНТНОГО ТИПА ДЛЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СБОРА ИНФОРМАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Бабаев О.Г., Паранин В.Д.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Электрооптические дефлекторы (ЭД) – элементы, обеспечивающие непрерывное или дискретное отклонение светового пучка. Традиционно ЭД выполняют функции оптических модуляторов и коммутаторов, применяются в устройствах лазерной локации, системах фото- и стереолитографии. К настоящему времени разработаны ЭД различных типов: поляризационные, дифракционные, интерференционные, градиентные и др. Основные усилия разработчиков направлены на снижение управляющих электрических напряжений и мощностей, увеличение предельных углов отклонения.

В настоящей работе предлагается конструкция и математическое описание электрооптического дефлектора градиентного типа. Особенностью рассматриваемого дефлектора является использование тонкой протяженной пластины электрооптического кристалла в сочетании с планарными или прижимными электродами, что позволяет существенно снизить управляющие напряжения, особенно, по сравнению с объемными конструкциями, работающими в проходящем свете. Данная конструкция приведена на рисунке 1

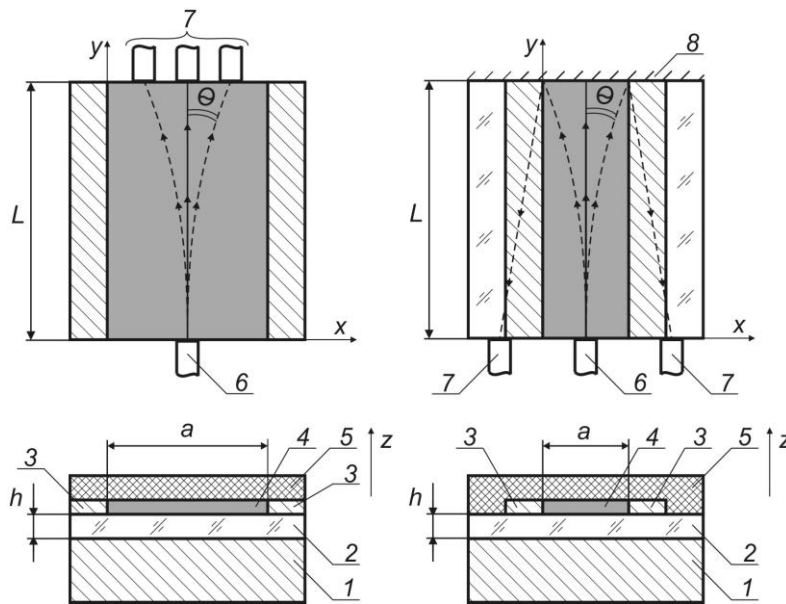


Рисунок 1. Конструкция электрооптического дефлектора: 1 - проводящая подложка; 2 - электрооптический кристалл; 3 - электроды; 4 - резистивное покрытие; 5 - защитное покрытие; 6 - источник излучения; 7 - приемник излучения; 8 - зеркальное покрытие

Устройство работает следующим образом. Параллельный световой пучок источника излучения 6 вводится в электрооптический кристалл 2, торцы которого полированы. На поверхность кристалла 2 нанесены управляющие электроды 3, между которыми сформировано однородное высокоомное покрытие 4. Электроды 3 и покрытие 4 изолированы от окружающей среды защитным покрытием 5. При подаче различных потенциалов U_1 , U_2 , U_3 на управляющие электроды 3 и проводящую подложку 1 в кристалле 2 формируется постоянный градиент напряженности электрического поля E_z вдоль оси

координат x . Величина данного градиента в межэлектродном промежутке «а» является постоянной, поскольку присутствующее резистивное покрытие 4 однородно. Наличие градиента электрического поля обуславливает возникновение постоянного градиента показателя преломления в электрооптическом кристалле, что приводит к искривлению траектории светового пучка в нем. Таким образом, осуществляется отклонение светового пучка и его направление в один из приемников излучения 7. Следует отметить, что конструкция дефлектора может работать в отраженном свете, что повышает координатное смещение светового пучка. Это достигается нанесением зеркального покрытия 8 на один из торцов электрооптического кристалла.

Проведенный анализ свойств электрооптических кристаллов показал, что эффективное отклонение с использованием поля $E_z(x)$ реализуется в орторомбическом классе кристаллов 2mm, тригональном 3, 3m, тетрагональном классе 4, 4mm, гексагональном 6, 6mm. При этом предпочтительнее использовать z-поляризацию световой волны, поскольку ее электрооптический коэффициент γ_{33} превосходит коэффициенты γ_{13} , γ_{23} для волн x- и y-поляризаций. Для проведения моделирования были выбраны следующие конструктивные параметры: электрооптический кристалл – титанат бария $BaTiO_3$ и ниобаты бария-стронция $Ba_{0,5}Sr_{0,5}Nb_2O_6$ и $Ba_{0,25}Sr_{0,75}Nb_2O_6$ толщиной «h» 50 мкм, величины управляющих потенциалов – до 100 В, зазор «а» между верхними электродами – 1 мм.

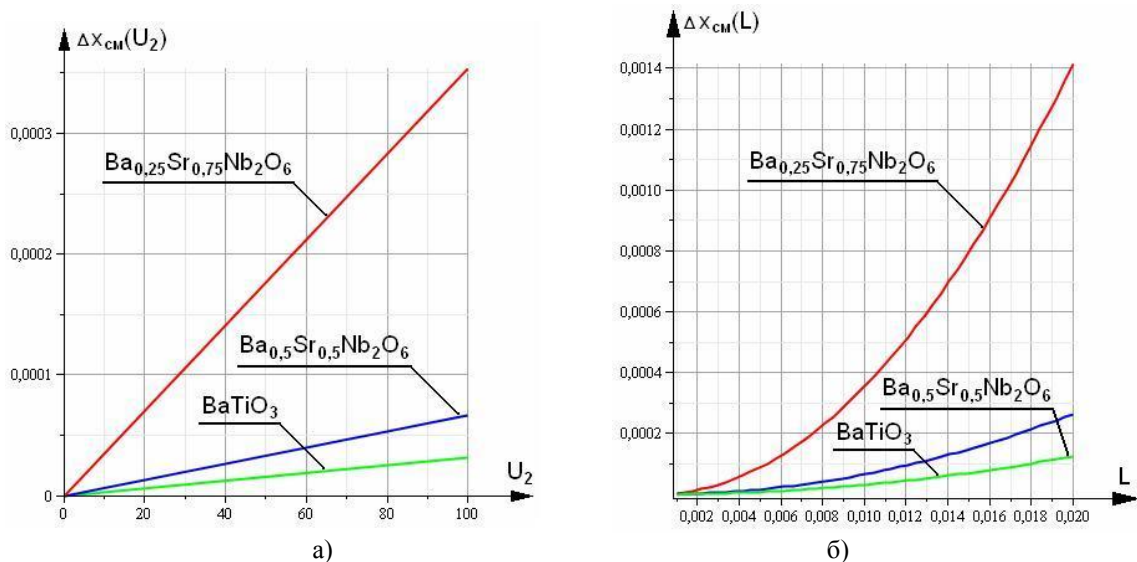


Рисунок 2. Зависимость координатного отклонения светового пучка от управляющего напряжения (а) и длины электрооптического кристалла (б)

Из результатов моделирования следует, что при управляющих напряжениях до 100 В и длине электрооптического кристалла до 2 см координатное смещение составляет десятые доли – единицы миллиметров. Данное смещение является вполне удовлетворительным, поскольку обеспечивает четкое разрешение нескольких позиций для параллельного светового пучка диаметром десятки микрометров. Для дальнейшего увеличения угла отклонения в предложенной конструкции необходимо уменьшать толщину электрооптического материала, увеличивать его длину. В этой связи привлекательны электрооптические полимеры, наносимые жидкостным распылением или центрифугированием в виде слоев толщиной в единицы микрометров, обладающие высокими электрооптическими коэффициентами 500-700 пм/В. Повышение угла отклонения становится возможным и при использовании многоходовых и отражающих конструкций дефлектора. Важным этапом развития конструкции дефлектора является разработка комплексных критериев качества, учитывающих оптическое поглощение и оптическую прочность кристаллов, их стоимость, управляющие мощности и напряжения, достижимые углы отклонения.