

Рис. 1. Структурная схема устройства регистрации ЭКГ

При оценке помехоустойчивости данного прибора основное внимание было уделено блокам модуляции-демодуляции. В связи с этим, была поставлена задача – исследовать характеристики блоков, реализующих АИМ и ШИМ модуляции. В качестве параметров оценки использовалось сравнение уровня шумов, соотношений сигнал/шум, а также динамических диапазонов. В частности, при использовании АИМ - модуляции уровень шумов составил 25 мВ, соотношение сигнал/шум – 32 дБ, динамический диапазон - 26 дБ. Аналогично, для ШИМ – модуляции: уровень шумов - 20 мВ, соотношение сигнал/шум – 28 дБ, динамический диапазон - 24 дБ. Таким образом, при построении устройств регистрации ЭКГ предпочтительным является использование ШИМ - модуляции.

ПЛАНАРНЫЙ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ ДЕФЛЕКТОР ГРАДИЕНТНОГО ТИПА ДЛЯ ВОЛОКОННОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ

В.Д. Паранин, Е. Пантелей, О.Г. Бабаев

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Введение

Электрооптические дефлекторы (ЭД) – элементы, обеспечивающие непрерывное или дискретное отклонение светового пучка. Дополнительно ЭД выполняют функции оптических модуляторов и коммутаторов, применяются в устройствах лазерной локации, системах литографии. К настоящему времени разработаны ЭД различных типов: поляризационные, дифракционные, интерференционные [1], градиентные и др. Основные усилия разработчиков направлены на снижение управляющих электрических напряжений и мощностей, увеличение предельных углов отклонения свето-

вого пучка [2]. 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, нанесенными на верхнюю и нижнюю стороны, формирующими линейное распределение управляющего электрического поля. Использование тонкой протяженной пластины позволяет увеличить оптический путь в области наведенной оптической анизотропии и существенно снизить управляющие напряжения.

Конструкция дефлектора

Устройство работает следующим образом. Параллельный световой пучок источника излучения 6 вводится в электрооптический кристалл 2, торцы которого полированы. Кристалл закреплен на подложке 1, выполненной из проводящего материала. На поверхность кристалла нанесены управляющие электроды 3, между которыми сформировано однородное высокоомное покрытие 4. Электроды и покрытие изолированы от окружающей среды защитным покрытием 5. При подаче различных потенциалов U_1, U_2, U_3 на управляющие электроды и проводящую подложку в кристалле формируется постоянный градиент напряженности поперечного электрического поля E_x вдоль оси координат x . Данное поле обуславливает линейное изменение показателя преломления в направлении, перпендикулярном направлению распространения светового пучка, что вызывает его отклонение. Конструкция предлагаемого дефлектора проходящего и отражающего типов приведена на рис. 1.

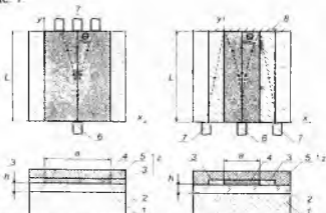


Рис. 1. Конструкция электрооптического дефлектора. 1 - проводящая подложка, 2 - электрооптический кристалл, 3 - электроды, 4 - высокоомное покрытие, 5 - защитное покрытие, 6 - источник излучения, 7 - приемник излучения, 8 - зеркальное покрытие

Направление и величина отклонения луча, поданного на вход дефлектора, зависят от распределения управляющих потенциалов U_1, U_2 на соответствующих электродах. При отсутствии напряжений на электродах луч света распространяется прямолинейно.

Конструкция проходящего дефлектора отличается от отражающего тем, что все приемники излучения 7 расположены на противоположной относительно излучателя стороне дефлектора. В отражающем дефлекторе [3] используется зеркальное покрытие 8, поэтому на противоположной стороне кристалла расположен только один приемник излучения. Конструкция такого типа позволяет увеличить в два раза координатное смещение луча при тех же значениях напряжений, т.е. обладает в два раза большей чувствительностью к управляющему напряжению.

Математическая модель дефлектора

Формула, описывающая распределение электрического напряжения между проводящей подложкой и верхней стороной кристалла, имеет вид:

$$U(x) = (U_1 - U_3) + (U_1 - U_2) \frac{x}{a}, \quad (1)$$

где U_1 – напряжение на левом верхнем электроде; U_2 – напряжение на правом верхнем электроде; U_3 – напряжение на проводящей подложке.

Полагая $U_1 = U_3 = 0$ и совмещая правый край левого верхнего электрода с началом координат ося x , получим выражения для распределения потенциала $U(x)$ и напряженности электрического поля $E_z(x)$:

$$U(x) = \frac{U_2 x}{a}, \quad (2)$$

$$E_z(x) = \frac{U_2 x}{ah}, \quad (3)$$

где a – ширина межэлектродного пространства, м; h – толщина электрооптического кристалла, м.

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 r_{33} превосходит коэффициенты r_{11}, r_{23} для волн x- и y-поляризаций [4]. Показатель преломления z-поляризованной волны для x-срезов указанных кристаллов равен:

$$n_z(x) = \frac{n_e}{\sqrt{1 + r_{33} E_z(x)}} \approx n_e - \frac{1}{2} n_e^3 r_{33} E_z(x)$$

1. к. выполняется условие:

$$r_{33} E_z(x) \ll 1, \quad (4)$$

где n_e – необыкновенный показатель преломления, r_{33} – электрооптический коэффициент.

Тогда угол отклонения в конструкции дефлектора, работающего в проходящем свете, равен:

$$\Theta_{np} = - \frac{L}{n_e} \frac{dn_e(x)}{dx} = \frac{n_e^2 r_{33} U/2 L}{2ah}, \quad (5)$$

где L – длина электрооптического кристалла, м.

Величина текущего линейного смещения луча на выходе дефлектора, м:

$$\Delta x_{см} = \int_0^y \Theta_{np} dy = \frac{r_{33} n_e^2 U/2 L y}{4ah} \quad (6)$$

Максимальное линейное смещение луча $\Delta x_{см}$ не должно превосходить половины расстояния между верхними электродами:

$$\Delta x_{см} \leq \frac{a}{2}, \quad (7)$$

или

$$a \geq L \sqrt{\frac{r_{33} n_e^2 U}{2h}}. \quad (8)$$

Если значение a сделать меньше указанной в (8) величины, то луч выйдет за пределы межэлектродного промежутка и часть длины электродов окажется нерабочей.

Величина данного градиента в межэлектродном промежутке a является постоянной. Наличие градиента электрического поля обуславливает возникновение постоянного градиента показателя преломления в нем. Таким образом, осуществляется отклонение светового пучка и его направления в один из приемников излучения. Следует отметить, что конструкция дефлектора может работать в отраженном свете, что повышает координатное смещение светового пучка. Это достигается нанесением зеркального покрытия на один из полированных торцов электрооптического кристалла.

Результаты моделирования параметров дефлектора

Для проведения моделирования были выбраны следующие конструктивные параметры: электрооптические кристаллы LiNbO_3 , $\text{Ba}_0.5\text{Sr}_{0.5}\text{Nb}_2\text{O}_6$, BaTiO_3 [5, 6] длиной l см, толщиной $h=50$ мкм, величины управляющих потенциалов – до 100 В, зазор a между верхними электродами – 0.3 мм.

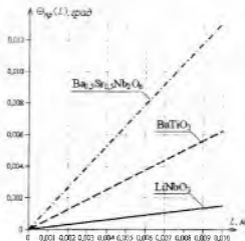


Рис. 2. Зависимость угла отклонения луча от длины кристалла при $U_1=U_3=0\text{В}$, $U_2=100\text{В}$

На рис. 2 приведена зависимость угла отклонения оптического луча от длины кристалла. Зависимость носит линейный характер. Как видно из графика наибольшим угловым отклонением обладает $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{Nb}_2\text{O}_6$. При использовании $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{Nb}_2\text{O}_6$ в качестве электрооптического материала достигим угол в 0,013 град при длине кристалла $L=1$ см. Для BaTiO_3 – 0,006 град, для LiNbO_3 – 0,0015 град при той же длине кристалла. В таблице 1 приведены расчетные значения чувствительности для данных материалов. Таким образом проходящая конструкция представленного дефлектора позволяет обеспечить чувствительность в 0,000015 град/В в случае использования LiNbO_3 в качестве материала электрооптического кристалла.

На рис. 3 приведена зависимость координатного смещения оптического луча от длины кристалла для тех же материалов.

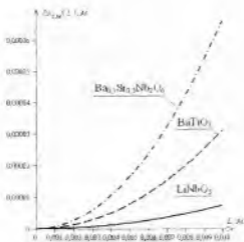


Рис. 3. Зависимость координатного смещения луча от длины кристалла при $U_1-U_3=0В$.
 $U_2=100В$

Таблица 1. Чувствительность электрооптических материалов при $L=1 см$

Электрооптический материал	Чувствительность, град/В
$Ba_{0.5}Sr_{0.5}Nb_2O_6$	0,00012
$BaTiO_3$	0,00006
$LiNbO_3$	0,000015

Данная зависимость носит линейный характер. Наибольшее координатное смещение луча характерно для ниобата бария стронция $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Nb_2O_6$, поскольку его электрооптический коэффициент r_{31} максимален среди выбранных кристаллов. При использовании $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Nb_2O_6$ достижимо координатное смещение в 0,065 мм при длине кристалла 1 см, для $BaTiO_3$ – 0,03 мм; для $LiNbO_3$ – 0,01 мм при той же длине кристалла. Вместе с тем, применение ниобата бария стронция ограничено его высокой стоимостью и низкой температурой Кюри (50-60 °С) [6]. Для титаната бария характерно довольно большое оптическое поглощение, равное $0,11 см^{-1}$ на длине волны 633нм [7], что приводит к значительным потерям оптического сигнала, особенно, в отражающей или многоходовой конструкции.

Заключение

Из результатов моделирования следует, что при управляющих напряжениях до 100 В и длине электрооптического кристалла 1 см координатное смещение в ниобате лития составляет десятки микрометров. Данное смещение весьма невелико для волоконно-оптических систем с диаметром сердцевины волокна 125 мкм. Для его увеличения следует

уменьшать толщину электрооптического материала или применять более эффективные электрооптические среды. Однако это связано с технологическими сложностями, например, явлением выгиба тонких электрооптических пластин, увеличением их хрупкости, необходимостью прецизионного шлифования электрооптических пластин, значительной стоимостью материалов. В этой связи привлекательны, например, электрооптические полимеры, наносимые жидкостным распылением или центрифугированием в виде слоев толщиной в единицы десятки микрометров, обладающие большими электрооптическими коэффициентами (в десятки – сотни пм/В), хорошей пробивной прочностью (в единицы – десятки В/мкм). Важным этапом создания макетного образца дефлектора также является формирование тонких слаборасходящихся световых пучков на входе конструкции.

Список использованных источников

1. Патент 4.930.853 США МПК⁶ G02B 6/10. Electrooptic deflector / Grego G., заявитель и патентообладатель - Centro Studi E Laboratori Telecomunicazioni S.P.A.; заявл. 05.06.1990 г. опублик. 24.07.1989 г.
2. Патент 6,449,084 В1 США МПК⁷ G02F 1/29. Optical deflector /Yanping G.; заявитель и патентообладатель - Yanping G.; заявл. 09.05.2000 г. опублик. 10.09.2002 г.
3. Конойко А.И., Федоринчик М.П. Физические основы построения устройств оптической обработки сигналов. М.: БГУИР, 2007. - С. 72.
4. Ярич А., Юх П. Оптические волны в кристаллах. - М.: Мир, 1987. - С. 616
5. Сонин А.С., Василевская А.С. Электрооптические кристаллы. М.: Атомиздат, 1971. - 327 с.
6. Кузьминов Ю.С. Сегнетоэлектрические кристаллы для управления лазерным излучением, 1982. - 400 с
7. Гурзаян Г.Г. Нелинейно-оптические кристаллы. Свойства и применение в квантовой электронике. М.: Радио и связь, 1991. - 160 с.

АЛГОРИТМ ПРАВИЛЬНОЙ НУМЕРАЦИИ ДВУХПОЛЮСНОГО ОРИЕНТИРОВАННОГО ГРАФА

Д.А. Попова-Коварцева

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Введение

Разработка параллельных программ представляется более сложной процедурой по сравнению с созданием аналогичных последовательных кодов