

АКУСТООПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ЗВУКА

А.М. ПАШАЕВ, А.Р. ГАСАНОВ, Р.А. АЛЛАХВЕРДИЗАДЕ

*Институт Физики НАН Азербайджана
1143, г. Баку, пр. Г. Джавида, 33*

К.Ф. АБДУРАГИМОВ

*Национальная Академия Авиации
1045, г. Баку, Бина, 25-й км, МАА*

Описывается устройство для избирательной передачи звука, которое реализовано на основе особенностей брэгговского акустооптического взаимодействия

The device for selective transfer of a sound which is realized on the basis of features of Bragg acousto-optic interaction is described

Высокая пространственная избирательность является одним из основных достоинств оптических систем передачи информации. В тех случаях, когда интенсивность различных электромагнитных помех высока и требуется избирательная передача звука, применение оптических систем обеспечивает наилучшие результаты. При этом модуляция оптической волны осуществляется средствами, использующими различные эффекты оптоэлектроники. Одним из основных эффектов оптоэлектроники является акустооптический эффект [1].

Основным узлом любого устройства, построенного на основе акустооптического эффекта, является акустооптический модулятор (АОМ), который может работать в двух режимах – режимы дифракций Рамана-Ната и Брэгга. В обоих режимах интенсивность, частота и угол дифракции отклоненного света являются функциями входного воздействия.

Применение АОМ, в которых используется дифракция Брэгга, позволяет повысить некоторые технические характеристики акустооптических устройств, например, среднюю частоту полосы пропускания, мощности отклоненного светового потока.

Цель работы – использование зависимости угла дифракции отклоненного света от частоты входного воздействия для избирательной передачи звука.

Такая проблема возникает, например, на железнодорожных вокзалах при организации централизованного руководства различными службами.

Акустооптическая система передачи звука работает следующим образом. Луч лазера падает в апертуру АОМ под углом Брэгга θ_B (рис.1). Продифрагировавший порядок через экран воздействует на светочувствительную поверхность фотоприемного устройства (ФПУ). Модулирующий процесс воздействует на управитель генератора управляемого напряжением (ГУН) и изменяет частоту его колебаний. Изменение частоты воздействия на входе АОМ приводит к изменению направления распространения продифрагировавшего порядка с диаметром d , что сопровождается изменением мощности светового потока, падающего на светочувствительную поверхность ФПУ, причем изменение углового положения продифрагировавшего порядка происходит только по оси x .

При отсутствии модуляции, т.е. при $U_{\Omega}(t) = 0$ (на электрический вход АОМ поступает только несущее ко-

лебание), угол дифракции равен углу Брэгга: $\theta_{d0} = \theta_B$. В этих условиях экран перекрывает половину пучка, и только половина мощности отклоненного света падает на поверхность фотоприемника (рис.2). Для малых приращений частоты $\pm \Delta f$ упругих колебаний в АОМ, приращение угла дифракции $\pm \Delta \theta_d$ будет определяться соотношением [2]

$$\Delta \theta_d = 0,5 \lambda \Delta f / v, \quad (1)$$

где λ - длина оптической волны, v - скорость распространения упругой волны в АОМ. При этом продифрагировавший луч переместится на расстояние $\pm x$. Пройдя через экран часть продифрагировавшего пучка, падает на фоточувствительную поверхность ФПУ. В соответствии с принятыми обозначениями и с учетом (1) для величины смещения можно написать

$$x = D \cdot \sin(\Delta \theta_d) \approx 0,5 \cdot \Delta f \cdot D \lambda / v, \quad (2)$$

где D – расстояние от АОМ до экрана.

Здесь из-за малости аргумента $\Delta \theta_d$ принято: $\sin(\Delta \theta_d) \approx \Delta \theta_d$.

Средняя мощность ЧМ колебаний неизменна и в любой момент времени равна средней мощности немодулированной несущей [2]. Поэтому мощность светового потока в отклоненном порядке остается неизменной, а в зависимости от девиации частоты упругих волн изменяется лишь угол дифракции, равный:

$$\theta_d = \theta_{d0} + \Delta \theta_d, \quad (3)$$

где θ_{d0} - угол дифракции на несущей частоте.

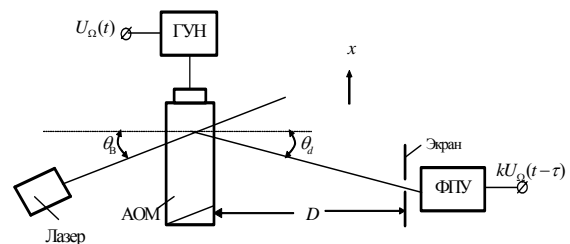


Рис.1. Структурно-электрическая схема акустооптической системы передачи звука

Изменение угла дифракции сопровождается изменением мощности светового потока, падающего на фотоприемник.

Излучения большинства лазеров имеют круглое поперечное сечение. Можно показать, что площадь поперечного сечения падающего на фоточувствительную поверхность ФПУ мощности светового пучка $s(x)$ определяется соотношением:

$$s(x) = \int_x^{d/2} \sqrt{d^2 - 4x^2} dx, \text{ при } x < d/2, \quad (4)$$

где d - диаметр отклоненного светового пучка.

Приняв равномерным распределение энергии света в поперечном сечении пучка лазера, получаем следующую зависимость мощности $p(x)$ падающего на фоточувствительную поверхность ФПУ светового потока от величины смещения светового пятна по оси x :

$$p(x) = \frac{4P}{\pi d^2} s(x), \text{ при } x < d/2, \quad (5)$$

где P - мощность отклоненного светового пучка.

График функции $p(x)$ (рис.3) построен для следующих характерных значений параметров лазерного излучения: $d = 3\text{мм}$, $P = 3\text{Вт}$. Отметим, что при отсутствии модулирующего процесса, т.е. при $U_{\Omega}(t) = 0$, $\Delta f = 0$ и соответственно $x = 0$.

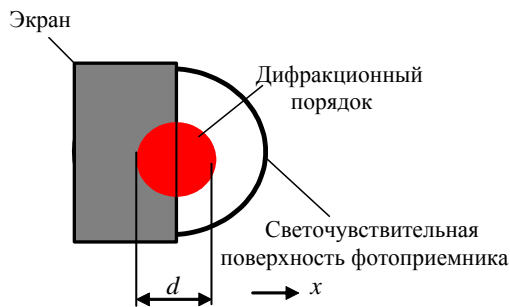


Рис.2. Расположение экрана и дифракционного порядка

Из рис.3 следует, что при смещениях до $\pm 0,75\text{мм}$ от среднего значения (обеспечивается при $\Delta f \approx \pm 17\text{МГц}$) закон изменения мощности падающего на фоточувствительную поверхность ФПУ близок к линейному.

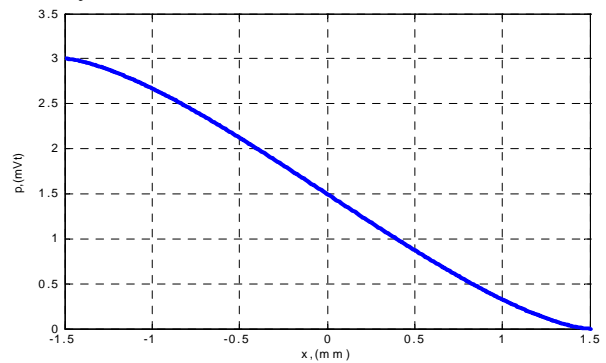


Рис.3. График зависимости мощности $p(x)$ падающего на фоточувствительную поверхность ФПУ светового потока от величины смещения светового пятна по оси x

Авторами экспериментально был проверен принцип построения акустооптической системы передачи звука, выполненной по приведенной на рис.1 схеме. При этом, звукопровод АОМ был изготовлен из тяжелого флинта марки ГФ-7 ($n = 1,728$, $\rho = 4,52\text{г/см}^3$, $v = 3,63\text{км/с}$), а в качестве ЭАП была использована пластина LiNbO_3 , размерами $7 \times 4 \times 3\text{мм}^3$. Центральная частота АОМ составила 80МГц . В качестве источника когерентного света был использован полупроводниковый лазер.

ВЫВОДЫ

Требования к характеристикам лазера невысокие. Удовлетворительные результаты удается получить с помощью полупроводникового лазера. Используя линейку полупроводниковых лазеров можно увеличить число обслуживаемых пунктов. Аналогичный результат можно получить путем расщепления излучения одного лазера. При этом настройка системы не требует специальных измерительных приборов.

[1]. В.И. Балакиев, В.И. Парыгин, Л.Е. Чирков Физические основы акустооптики. -М.: Радио и связь, 1985. - 280с., ил.

[2]. А.Р. Гасанов, Х.И.Абдуллаев, Х.И.Гасанов, Р.М. Байрамов Акустооптические демодуляторы сигналов с угловой модуляцией. Радиотехника, 1999 г., т. 42, № 1. с. 46÷51.

Received:10.02.2007