

Оптические свойства пьезокерамического элемента и его применение

А.Н.Бурьянова, студент каф. ЭП

Научный руководитель В.И. Быков, к.ф.м.н., доц.каф. ЭП
Томск, ТУСУР

Проект ГПО ЭП-1104 «Установка для измерения электрооптического коэффициента в кристаллах КТР и ниобата лития»

Бесконтактные методы измерения различных физических величин получили широкое распространение в разных областях науки. Наиболее важными из них являются интерферометрические. Принцип действия интерферометров основан на интерференции двух когерентных пучков, один из которых является опорным, а другой – измерительным. Фазовая модуляция электрооптического излучения широко используется в различных устройствах, таких как модуляторы, интерферометры и т.д. В основе модуляторов лежит зеркало на движителе. В качестве движителя можно использовать катушки, пьезоэрамику или механические винты. Так же ключевым узлом в лазерных интерферометрах является подвижное управляемое зеркало. Объектом наших исследований является оптический узел, представляющий собой пьезокерамический цилиндр, на торце которого закреплено зеркало. Крепеж пьезокерамики позволяет производить юстировку в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Пьезокерамический элемент предназначен для преобразования электрической энергии в механическую. Его кристаллическая решетка обладает пьезоэлектрическим эффектом - изменение геометрической формы кристалла при приложении к нему электрического поля. Вся работа по исследованию свойств оптического узла на базе пьезокерамики проводилась на базе интерферометра Майкельсона. Интерферометр мы можем использовать для определения смещения поверхности зеркал, относительно друг друга, также для определения коэффициента преломления. Основное требование к нашей установке - это идеальное качество зеркал, так как вибрации зеркал влияют на изменение геометрической разности хода лучей. Здесь ключевой узел - подвижное управляемое зеркало, изменяющее положение по гармоническому закону, представленное на рисунке 1.

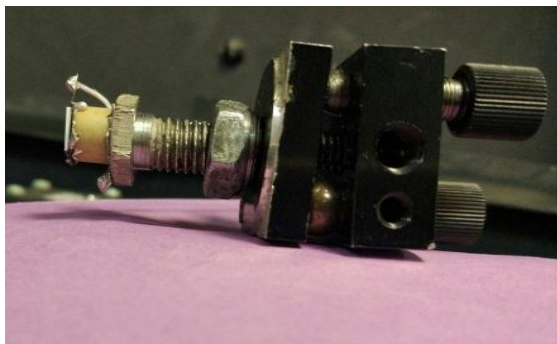


Рис.1 Оптический узел на основе пьезокерамического элемента

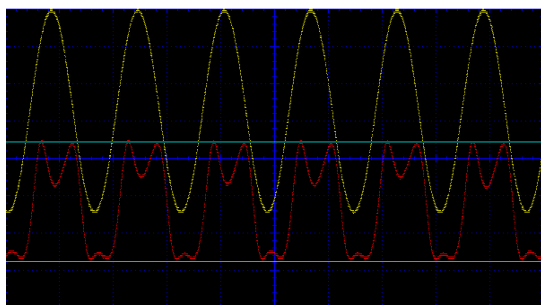
Суть проблемы: настоящая работа посвящена изучению подобного оптического узла и свойств пьезокерамики, позволяющей перемещать зеркало с амплитудой до 0,5 мкм в диапазоне частот 1Гц – 200кГц. Для получения закона соответствия управляющего сигнала и смещения зеркала необходимо знать АЧХ этого устройства. Интенсивность выходного сигнала при двухлучевой интерференции изменяется по закону (1) :

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos\left(4\frac{\pi}{\lambda} \frac{u(t)}{f(\omega)} + \varphi_0\right), \quad (1)$$

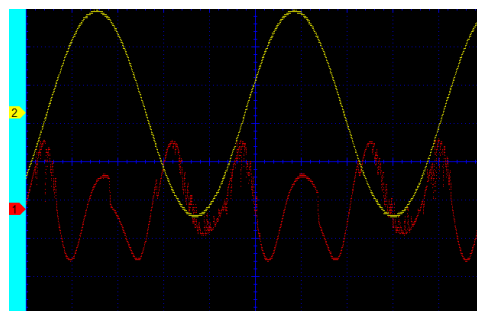
где I_1 – опорный луч, I_2 – сигнальный луч, λ - длина волны лазера, $\frac{u(t)}{f(\omega)}$ смещение пьезокерамического узла под действием сигнального напряжения, φ_0 – фаза сигнального луча задающий начальную разность хода.

Методика данного эксперимента заключается в измерении амплитуды колебаний интенсивности интерференционной картины, в зависимости от величины модуляционного сигнала

подаваемого на пьезокерамику, при различных частотах модуляции. В качестве преобразователя светового сигнала в электрический используется фотодиод ФД-256, работающий в режиме ЭДС с постоянной времени 2 наносекунды, позволяющий нам в широких пределах использовать сопротивление нагрузки. Источником излучения служил полупроводниковый лазер с мощностью в 5 мВ. В результате с фотоприемника получены интерферограммы, представленные на рисунке 2, на частотах а) 95 кГц, б) 140 кГц. Из полученных данных оказалось, что пьезокерамический элемент обладает наибольшим передаточным коэффициентом при частоте подаваемого сигнала 25 кГц. При внимательном анализе осциллограмм, можно заметить, что за счет пьезоэлектрического эффекта образуются дополнительные гармоники, вследствие чего в цилиндре образуются собственные стоячие волны.



а)



б)

Рис.2 Выходной сигнал с фотоприемника по оси абсцисс время в (мкс) по оси ординат напряжение (В/дел): при частотах а) 95 кГц, б) 140 кГц соответственно.

Это вносит дополнительный фактор влияния на отклик, следовательно, сигнал будет зависеть и от механических параметров экспериментальной установки. Напряжение в данной работе было фиксированным, изменяли только частоту, сигнал соответственно изменялся по амплитуде. Уменьшая напряжение сигнал искажался, для того чтобы подсчитать его предварительно мы настроили интерферометр, добились генератором на нужной на частоте сигнала, как на рисунке 2 (а), зафиксировали при какой амплитуде происходят измерения, измерили какое смещение ему соответствует. Так как система механическая, то на таких низких частотах влияют резонансные частоты, как это не странно эта система становится инертной. Таким образом, для конкретного оптического узла были найдены характеристические частоты в диапазоне 1Гц – 200кГц. Так как в процессе работы зеркала расстраиваются, измерения проводились повторно, убедившись не сдвинулись ли зеркала, не изменилось ли в формуле (1) значение интенсивности. Данные подвижные узлы активно используем на кафедре и наша задача для каждого узла получить характеристику и определить закономерность смещения зеркала. В конечном итоге мы можем дать рекомендации о том, как надо крепить, как надо обрабатывать, как надо паять такие оптические узлы. График зависимости амплитудно-частотной характеристики пьезокерамического цилиндра, к которому приклеено зеркало можно использовать, как калибровочную кривую при исследовании поляризационных зависимостей взаимодействия световых волн в кристаллах.

Список литературы:

1. Островский, Ю.И. Голографическая Интерферометрия / Ю.И. Островский, М.М. Бутусов, Г.В. Островская. - М.: Наука, 1977. – 340 с.
2. Резников, Л.И. Физическая оптика / Л.И. Резников. – М.: Наука. – 1975. – 165 с.
3. Иродов, И.Е. Волновые процессы / И.Е. Иродов // Основные законы: Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 1999. - 256 с.