

УДК 658.5.012.1

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА СОЕДИНЕНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ В АКУСТООПТИЧЕСКИХ ЯЧЕЙКАХ

М.А. Максимкин

*ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл.
mma@vniiftri.ru*

Описан процесс создания неразъемного соединения между пьезопреобразователем из ниобата лития и кристаллом из парателлуриита двумя способами — сваркой и склейкой, выявлены достоинства и недостатки данных технологий. Определена зависимость толщины плёнки In от величины навески распыляемого материала.

Ключевые слова: акустооптические ячейки, пьезопреобразователь, диффузионная сварка, холодная сварка.

DEVELOPMENT OF THE CONNECTION PROCESS OF CRYSTAL SAMPLES IN ACOUSTOPTIC CELLS

M.A. Maksimkin

*FSUE “VNIIFTRI”, Mendeleevo, Moscow region
mma@vniiftri.ru*

The process of developing a permanent connection between a piezoelectric transducer made of lithium niobate and a crystal made of paratellurite in two ways — by welding and gluing — is described, and the advantages and disadvantages of these technologies are revealed. The dependence of the thickness of the In film on the sample size of the sprayed material was determined.

Key words: acousto-optical cells, piezoelectric transducer, diffusion welding, cold welding.

Акустооптические устройства активно используются в промышленности при создании различных приборов. Это, в частности, акустооптические фильтры для спектрометров, перестраиваемых лазеров, многоканальные диффлекторы, модуляторы лазерного измерения, оптические процессоры, обладающие возможностью параллельной обработки информации в реальном масштабе времени, высоким быстродействием, малыми габаритными размерами и массой, незначительной потребляемой мощностью и низкой стоимостью [4].

Оптические системы в большинстве случаев представляют собой специализированные процессоры для выполнения одно- и двумерного преобразований Фурье и вычисления корреляционных функций. Такие системы высокоэффективны и обладают большим быстродействием. Акустооптическая ячейка (АОЯ) является ключевым элементом любого акустооптического устройства [5].

Принцип действия АОЯ основан на дифракции света на бегущей ультразвуковой волне в оптически прозрачном материале (кристалле). Бегущую ультразвуковую волну создаёт пьезоэлектрический преобразователь, присоединённый к кристаллу [1]. Благодаря появлению участков сжатия и растяжения, возникающих в кристалле и различающихся показателем преломления, в среде формируется дифракционная решётка. Световой пучок, дифрагируя на решётке, образует несколько выходных пучков (дифракционных порядков), разнесённых в пространстве под равными углами относительно друг друга. При помощи апертурной диафрагмы из всех выходных лучей выделяется первый максимум, который существует только при наличии звуковой волны в АОЯ, и блокируются все остальные [2]. На рисунке 1 представлен принцип работы акустооптической ячейки на основе кристалла TeO_2 (парателлурита).

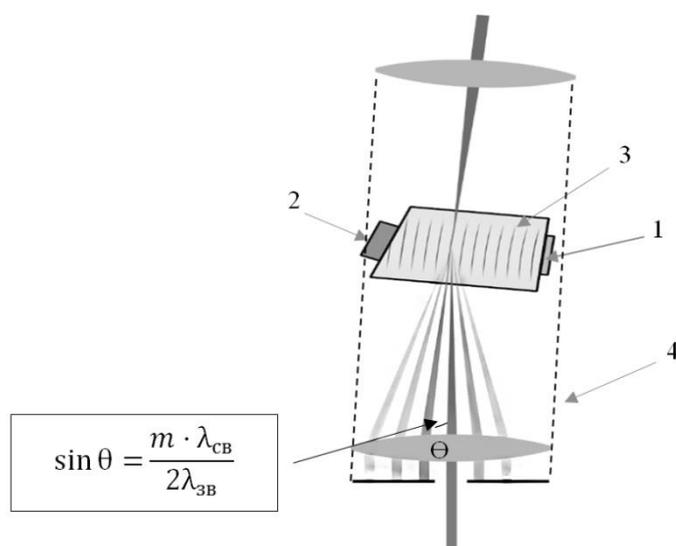


Рис. 1. Принцип работы акустооптической ячейки на основе кристалла TeO_2 (парателлурита)

Конструкция изделия

Акустооптическая ячейка (АОЯ) состоит из следующих компонентов:

- пьезопреобразователь;
- кристалл TeO_2 (светозвукопровод);
- звукопоглотитель;
- корпус.

В данной работе подробно будет описан процесс создания неразъёмного соединения между пьезопреобразователем из ниобата лития и кристаллом, так как в акустооптическом модуляторе создание данного элемента является главной частью при создании АОЯ.

Известны две технологии, при которых можно получить акустический контакт между преобразователем и кристаллом: склейка, сварка.

Создание клеевого соединения между преобразователем и кристаллом является более простым и технологичным процессом, так как для реализации данного метода необходимо нанести тонкий слой клея на кристалл и преобразователь, после этого зажать в прессе и дождаться полной полимеризации. После данной операции необходимо шлифовать преобразователь до нужной толщины (от толщины пластины зависит длина волны...) либо сразу приклеить пластину нужной толщины.

Но данный метод подходит не под все требования ГУ, так как данный вид соединения не является виброустойчивым, может использоваться только при температуре от -20 до 70 °С.

Создание сварного соединения между пьезопреобразователем и кристаллом — процесс более трудоёмкий, так как для создания неразъёмного соединения необходима специальная установка — сварка происходит в вакууме. На свариваемые поверхности кристалла и пластинки наносят тонкие слои золота заданной толщины. Это необходимо для того, чтобы, с одной стороны, обеспечить адгезию сварного слоя CrAu-In-AuCr , с другой стороны, для лучшего согласования акустического преобразователя. Напыление золота производится в вакуумной установке УВН-2-М1 методом термического напыления. Для получения хорошей адгезии напыление золота осуществляется из вольфрамового испарителя с подслоем хрома, который осаждается из вольфрамовой «корзиночки». Напыление на кристалл TeO_2 осуществляется при температуре 150 °С. Нагреватель кристалла выполнен в виде квазизамкнутого объёма, внутри которого в пенале-маске расположен кристалл. Термопара непосредственно через отверстие в крышке пенала контактирует с кристаллом. Вследствие медленного теплоотвода нагрев кристалла осуществляется постепенно для того, чтобы исключить перегрев кристалла и, как следствие, его потемнение.

После разогрева кристалла осуществляется распыление Cr, потом, не выключая Cr, начинается распыление Au из W испарителя. Совместное распыление Cr и Au длится 10–15 с. Затем включается испаритель Cr и до конца выпаривается Au. Навеска золота 100–150 мг позволяет получить золотую плёнку заданной толщины со свежего вольфрамового испарителя. Для получения более толстых слоёв золота на уже полученный адгезионный слой осуществляется допыление Au из Mo испарителя. Толщина получаемых плёнок контролируется по свидетелям или непосредственно на кристалле с помощью интерференционного микроскопа МИИ-4.

В процессе работы была установлена оптимальная толщина сварного шва. При толщине сварного шва менее оптимальной были получены некачественные соединения с непроварами, а при толщине сварного шва более оптимальной происходит поглощение ультразвука.

После напыления золота на соединяемые кристаллы переходим к установке УРМЗ 27311 для осуществления диффузионной (компрессионной) сварки. Для этого устанавливаем кристалл на верхнюю неподвижную часть составного столика и закрепляем его с помощью фиксаторов. После установки и фиксации кристалла столик устанавливаем на неподвижную часть, базирующуюся на плите. Пластина с помощью клея крепится на торце держателя пластины.

Следующий этап подготовки — взвешивание необходимого количества In. Взвешивание осуществляется на лабораторных весах. Для напыления плёнки заданной толщины опытным путём определена величина навески In, которая приводится в таблице 1.

Таблица 1

Зависимость толщины плёнки In
от величины навески распыляемого материала

Толщина слоя (мкм)	0,25	0,5	0,75	0,9	1,00	1,20	1,3	1,5	1,8	2,0
Масса навески индия (мг)	94	187	275	345	374	460	498	560	690	746

Толщина полученной плёнки контролируется по свидетелю, который размещается непосредственно рядом с кристаллом на поверхности подвижного столика. Измерение толщины осуществляется на интерференционном микроскопе МИИ-4.

По завершению всех подготовительных операций производится опускание колпака и откачка подколпачного устройства до значения вакуума не меньше чем $5 \cdot 10^{-5}$ мм рт.ст., затем осуществляется испарение индия до полного, убирается заслонка. Вращая маховик против часовой стрелки, опускаем пластину до контакта с кристаллом.

В ходе работы было выяснено, что сила прижатия пластины и кристалла зависит от площади платины LiNbO_3 . Данную операцию производим с помощью динаметрического ключа *INCH POUNDS INDESTRO SUPER USA*. Выдержка в сжатом состоянии осуществляется от 8 до 10 часов. По окончании указанного срока производится разгерметизация установки. Далее кристалл поступает на операцию шлифовки. Шлифовку осуществляют на плоскошлифовальном станке СД-4. Шлифовкой пластина доводится до заданной толщины. После чего напыляется верхний электрод: хром — золото толщиной 0,4–0,6 мкм. С помощью прибора Р4-11 (измеритель комплексных коэффициентов передачи) контролируется качество сварного соединения на

предмет дефектов сварного шва. Кривая должна быть гладкая, без резонансных пиков. К нижнему и верхнему электроду припаиваются или приклеиваются выводы. Акустооптическая ячейка готова для установки в корпус прибора.

В следствие проведённых экспериментов были оценены преимущества и недостатки технологий склейки и сварки акустооптических ячеек. Полученные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2

Преимущества и недостатки технологических процессов

Технология	Достоинства	Недостатки
Склейка	Разъёмное соединение п/п (пьезопреобразователь) с СЗП (светозвукопровод) позволяет разъединить элементы и повторно склеить в случае брака. Не требует дополнительного вакуумного оборудования. Возможность приклейки п/п нужной толщины, без последующей шлифовки	Соединение не является виброустойчивым. Узкий температурный диапазон от -20 до 70 °С. Невозможно секционировать п/п
Сварка	Является виброустойчивым соединением. Имеет широкий диапазон температур от -40 до 120 °С. Возможность секционирования п/п	Требует большего количества оборудования (вакуумная установка для сварки). Соединение неразъёмное, поэтому в случае брака требует перешлифовки СЗП. П/п требует шлифовки после сварки до нужной толщины

Таким образом, в данной работе были определены:

- оптимальное давление для холодной сварки пьезопреобразователя со светозвукопроводом;
- установлена зависимость толщины плёнки индия от навески;
- определена оптимальная толщина сварного шва.

Выбор технологии сварки и склейки имеет свои плюсы и свои минусы, которые учитываются в зависимости от требований заказчика на изготовление готового изделия.

Литература

1. Bardos A.M. Wideband holographic Recorder // Appl. Opt. 1974. V. 13. P. 832–840.
2. Вовк Ю.К., Сапожников В.К., Щелопут Д.В. и др. Голографическая запись двоичной информации с помощью многоканальных акустооптических модуляторов света // Автометрия. 1979. С. 53–60.
3. Васильева Л.М., Гусев О.Б., Клуздин В.В. и др. Многоканальный акустооптический модулятор // Оптико-механическая пром-сть. 1981. № 5. С. 24–27.
4. Магдич Л.Н., Молчанов В.Я. Акустооптические устройства и их применение. М.: Сов. радио, 1978. 112 с.
5. Гусев О.Б., Кулаков С.В., Мельников В.А. и др. Многоканальные акустооптические модуляторы для устройств ввода и оптической обработки информации в реальном масштабе времени // ЖТФ. 1978. Т. 48. №° 1. С. 169–179.
6. Есепкина Н.А., Петрунькин В.Ю., Аксенов Е.Г. и др. Многоканальные акустические устройства // ЖТФ. 1975. Т. 45. №° 11. С. 2353–2360.