

Определение влияния качества кварцевого стекла на изготовление пластины маятника акселерометра

И. Ю. Цельмина

Раменский приборостроительный завод АО «РПЗ»

В настоящей работе приведены сравнительные результаты измерений пластин акселерометров из различных партий материала с применением таких средств измерений, как лазерный конфокальный сканирующий микроскоп с функцией профилометра и поляризационный микроскоп.

Ключевые слова: Оптика, Кварцевые акселерометры, Сканирующие микроскопы, Кварцевое стекло.

Цитирование: **Цельмина, И. Ю.** Определение влияния качества кварцевого стекла на изготовление пластины маятника акселерометра / И. Ю. Цельмина // HOLOEXPO 2022: XIX Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. —Барнаул: ИП Колмогоров И. А., 2022. — С. 246–250.

Введение

Прецизионные маятниковые кварцевые акселерометры [1] предназначены для измерения линейных ускорений. Основным конструкционным элементом маятника является кварцевая пластина, от точности изготовления которой зависит чувствительность датчика. Предъявляются высокие требования как к геометрии пластин, так и однородности материала, из которого они изготавливаются. Основными контролируемыми параметрами являются — геометрия маятника и точность формирования перемычек методом травления, обеспечивающих подвижность маятника.

Оптимальный материал для изготовления пластины маятника - синтетическое кварцевое стекло типа КУ-1. Критичными параметрами для кварцевого материала в таких изделиях являются его оптическая однородность, отсутствие пузырей и включений, высокая добротность, отсутствие внутренних напряжений.

Для получения заданных параметров, а также для отработки технологических процессов изготовления изделий необходимо применять интерференционные и микроскопические методы и соответствующие средства измерений.

1. Эксперимент

На этапе отжига заготовок пластин акселерометра иногда может произойти видимое невооруженным глазом изменение внешнего вида поверхности некоторых пластин. После исследования поверхности пластин на микроскопе с применением 100× объектива обнаружилось микрорасслоение поверхностного слоя, представленного на рисунке 1.

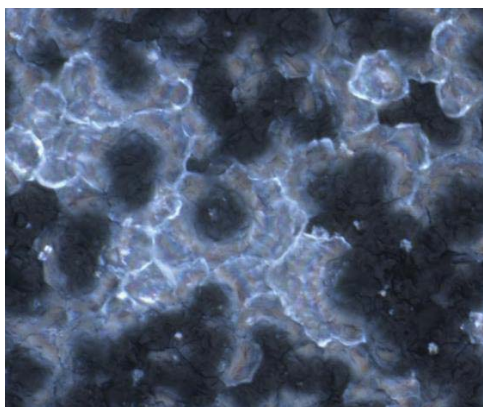
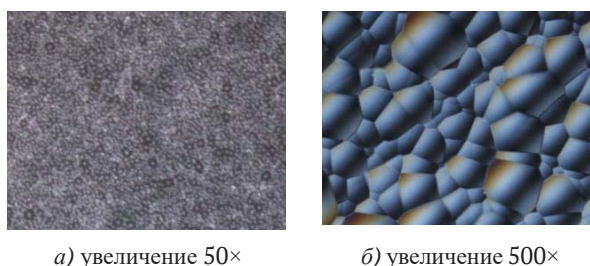


Рис. 1. Поверхностное микрорасслоение материала заготовок пластин

Для исследования этого микрорасслоения пластины в дальнейшем прошли этапы шлифования и химического травления в смеси фтористоводородной и серной кислот (см. рисунок 2), затем полирование методом свободного абразива. Работы проводились параллельно с партией, не имеющей дефекта микрорасслоений поверхности на этапе отжига.



а) увеличение 50×

б) увеличение 500×

Рис. 2. Внешний вид поверхности пластины после шлифования и химической полировки на лазерном конфокальном микроскопе

После этапов полной механической обработки и дополнительного химического травления пластины с микрорасслоением стали прозрачными, без оптических дефектов поверхности. Но, на партии текущего производства проявился эффект «мерцания» поверхностей, видимый под микроскопом стереоскопическим панкратическим МСП, при увеличении 25×. При более глубоком исследовании материала пластины на конфокальном лазерном сканирующем микроскопе с использованием 100× объектива было видно хаотичное распределение тетраэдров, которые представлены на рисунке 3.



Рис. 3. Хаотичное распределение тетраэдров

Далее обе партии деталей прошли путь до полного изготовления пластин акселерометра: лазерную резку, формирование «пластиков», перемишек и нанесение покрытия.

Размеры перемишек измеряли лазерным методом определения толщины нанопленок, при помощи лазерного конфокального микроскопа. Этим же методом определено расположение пузырей в толщине перемишек. Предварительные измерения выполняли на металлографическом микроскопе в темном и светлом поле.

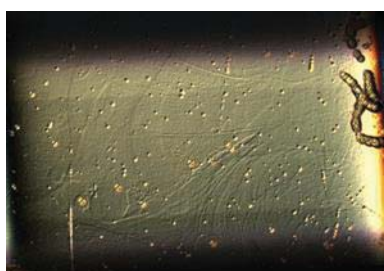
Затем, партию деталей с обнаруженным микрорасслоением на этапе отжига запустили в сборку акселерометра для испытательных работ.

2. Результат

При формировании перемишек на пластинах с микрорасслоением поверхности крупные пузыри большей частью образовались в области галтелей и, частично, в зоне перемишки (см. рисунок 4а), причем мелкие пузыри расположены по всей области перемишки. Сама поверхность также имеет неровности (см. рисунок 4б). На «пластиках» и основном теле детали такого эффекта нет. На рисунке 4в показано образование в виде мелкоячеистой субструктуры материала [2].

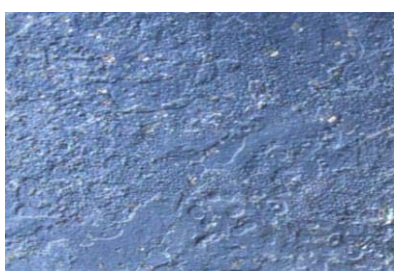
В пластинах с обнаруженными тетраэдрами пузыри образовались по всему приповерхностному слою перемишек и детали в целом (см. рисунок 5а, б), хотя поверхность перемишек ровная и соответствует требуемым размерам (см. рисунок 5в). Измерение методом тонких пленок на конфокальном лазерном микроскопе позволило увидеть расположение пузырей в области перемишек пластины. Хотя невооруженным глазом и при помощи микроскопов типа МСП, поверхность смотрится как в раковинах.

Детали из обеих партий по геометрическим параметрам соответствовали требованиям. После прохождения сборки, регулировки и испытаний акселерометры соответствовали требуемым характеристикам.



а) перемишка с покрытием.

Просматриваются крупные пузыри в области галтели и мелкие, рассеянные по всей поверхности

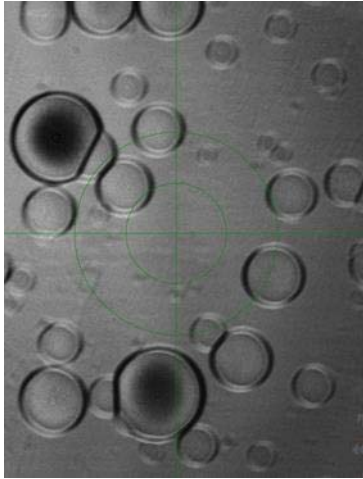


б) неровность поверхности перемишки без покрытия

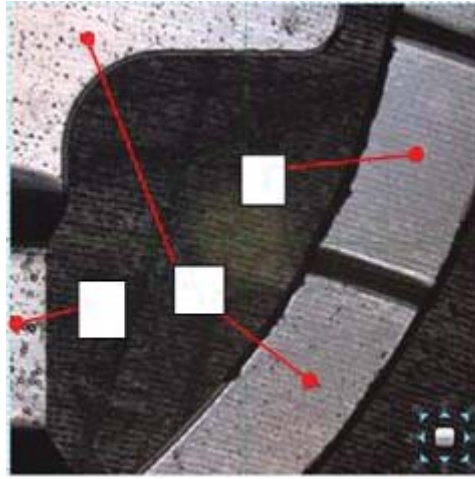


в) мелкоячеистая субструктура материала [2]

Рис. 4. Изображение фрагментов пластины акселерометра с микрорасслоением на этапе отжига



а) прохождение тела перемычки в приповерхностной области. Лазерное излучение, метод тонких пленок. Лазерный сканирующий микроскоп



б) фрагмент пластины акселерометра после формирования перемычек, до покрытия, где 1 – перемычка, 2- основное тело детали, 3 – «платик». Лазерный сканирующий микроскоп



в) изображение отраженных поверхностей перемычки пластины на металлографическом микроскопе

Рис. 5. Изображение фрагментов пластины акселерометра без покрытия с обнаруженными тетраэдрами в материале

Заключение

На работоспособность акселерометров описанный дефект материала не оказал влияния, собрано более 30 акселерометров с пластинами из такого материала. Однако, данный дефект материала усложняет работу при изготовлении пластины акселерометра и значительно увеличивает отход деталей на этапе их производства.

Четко проявляются субструктура и дефекты кварцевого стекла в виде газовых пузырей, образующихся в период расплава материала при химическом травлении [2]. Чем больше величина съема материала, тем больше газовых пузырей.

Во время химического травления проявленные субструктуры и дефекты кварцевого стекла невозможно выявить на этапе входного контроля заготовок материала.

Данная структура образовалась в приповерхностном слое материала. Сама поверхность перемычек ровная и основная толщина материала в перемычках однородная. Это подтверждается исследованием перемычек методом тонких пленок.

Благодарность

Особую благодарность выражаю своему непосредственному руководителю, заместителю главного инженера и руководителю по направлению лазерной техники, Федорову Андрею Евгеньевичу, позволившему выполнить данную работу и оказавшему поддержку на всем этапе ее выполнения.

Список источников

- [1] **Ветрова, Е. В.** Особенности создания чувствительных элементов кремниевых и кварцевых маятниковых акселерометров / И. П. Смирнов, Д. В. Козлов, В. М. Запетляев // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. – 2017. – том 4 – выпуск 2, с. 95-102.
- [2] **Волков, П. В.** Исследование микроструктуры поверхностей кварцевого стекла, подвергнутых химическому и гидротермальному травлению / Брызгалов А.Н. // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4.

Determination of the influence of quartz glass quality on the manufacture of the accelerometer pendulum plate

I. Y. Tselmina

Ramenskoe instrument-making Plant of JSC "RPZ"

The report presents comparative results of measurements of accelerometer plates from different batches of material using such measuring instruments as a laser confocal scanning microscope with a profilometer function and a polarizing microscope. The results of assessing the quality of accelerometers are also presented.

Keywords: Optics, Quartz accelerometers, Quartz glass, Laser confocal scanning microscope.