

ВЛИЯНИЕ АБРАЗИВНОГО И ХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ НА СОСТОЯНИЕ РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ КВАРЦЕВОЙ ПЛАСТИНЫ

Чернов С.П.¹, Митина Л.Н.², Носенко В.А.²

¹ ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Россия (400005, Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, 28), e-mail: rector@vstu.ru

² Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Волгоградского государственного технического университета», Волжский, Россия (404121, Волжский, ул. Энгельса, 42а), e-mail: vpi@volpi.ru.

Проведен анализ состояния поверхности кварцевых пластин после различных видов обработки. Кристаллические кварцевые элементы предварительно были обработаны механическим полированием с применением абразивной суспензии и химическим травлением. Основой абразивной суспензии служит микропорошок диоксида церия, химическое травление производится с применением фтороводородной кислоты. Исследование обработанных поверхностей пластин произведено с применением электронного микроскопа Versa 3D с увеличением от 100 до 100000 крат в условиях низкого вакуума. В ходе анализа поверхностного слоя были определены преимущества химического полирования над механическим: после химического травления качество поверхностного слоя значительно выше, отсутствуют глубокие царапины и сколы, что в дальнейшем благоприятно скажется на добротности кварцевого резонатора как элемента электротехнической цепи.

Ключевые слова: кварцевая пластина, абразивное и химическое полирование, морфология поверхности, электронный микроскоп

INFLUENCE ABRASIVE AND CHEMICAL POLISHING ON THE SURFACE RELIEF QUARTZ PLATES

Chernov S.P.¹, Mitina L.N.², Nosenko V.A.²

¹ VPO "Volgograd State Technical University", Volgograd, Russia (400005, Volgograd Avenue them. Lenin, 28), e-mail: rector@vstu.ru

² Volgsky Polytechnic Institute (branch) of VPO "Volgograd State Technical University", Volgsky, Russia (404121, Volgsky, Engels st., 42a), e-mail: vpi@volpi.ru.

The analysis of the surface of the quartz plates after various treatments. Quartz crystal elements have been previously processed by mechanical polishing using abrasive slurry and chemical etching. Suspension of abrasive ceria serves micropowder, chemical etching is performed using hydrofluoric acid. Investigation of the machined surfaces of plates made using Versa 3D electron microscope with a magnification of 100 to 100,000-fold in the low-vacuum conditions. During the analysis of the surface layer were determined advantages over mechanical chemical polishing: after chemical etching of the surface layer quality is much higher, there are no deep scratches and chips that further positive impact on the quality factor of the quartz crystal as an element of the electrical circuit.

Keywords: quartz plate, abrasive and chemical polishing, surface morphology, electron microscope.

Кварцевая пластина является одним из основных элементов кварцевых резонаторов, используемых во многих отраслях промышленности благодаря своим уникальным электротехническим свойствам. Поэтому ключевое внимание в повышении качества изготовления кварцевых резонаторов уделяется совершенствованию технологии изготовления главного рабочего элемента – кварцевой пластины.

Цель исследования — анализ поверхности кварцевых пластин, обработанных различными способами.

Материалы, объекты и методы исследования. Исследования проводились с использованием электронного микроскопа Versa 3D на предмет состояния поверхностного

слоя пластин, визуального определения дефектов и сравнения различных методов обработки с применением механического абразивного полирования и химического травления. Объектом исследования служат пластины из искусственно выращенного кварца. Природный кварц необходимого качества встречается крайне редко, поэтому производственный цикл начинается с выращивания искусственного кристалла кварца. Для изготовления кварцевой пластины в кристалле выявляют бездефектную область, не содержащую «двойников», трещин и включений инородных тел. Затем на алмазно-отрезных станках выделенную область распиливают на групповые и индивидуальные заготовки.

Перед последующей операцией механической обработки производится ориентировка срезов кристалла с помощью рентгенгонометра. Применение данной операции обусловлено особенностями явления пьезоэффекта, параметры которого зависят от позиционирования кристаллической решетки относительно рабочих срезов пластины. Ориентировка определяет угол, на который следует откорректировать поверхности заготовки. Ориентированную заготовку закрепляют в приспособлении и методом шлифования получают требуемую ориентацию плоскости пластины. Затем на станках планетарного типа производится снятие клина с противоположной поверхности пластины для получения двух параллельных плоскостей. После шлифования заготовки возвращаются на операцию ориентировки. При соответствии требованиям заготовка поступает на последующие операции обработки контура пластины.

Пластины круглого профиля обрабатывают на круглошлифовальных станках, прямоугольного – на плоскошлифовальных. При обработке контура особое внимание уделяют образованию фасок. Характеристики резонатора в значительной мере зависят от геометрии пластины. Шлифование фасок по периметру рабочих плоскостей позволяет улучшить показатели работы пластины.

На операции шлифования основных срезов обеспечивают заданную толщину пластины. Обработку осуществляют на двусторонних доводочно-полировальных станках абразивными суспензиями на основе электрокорунда и синтетического алмаза. Рекомендуемая зернистость шлифовальных микропорошков М7-М5 (ГОСТ 3647). Толщина нарушенного слоя для зернистости М5 оставляет 2,2–3,0 мкм, шероховатость обработанной поверхности Ra — около 0,1 мкм. Снижение шероховатости рабочих поверхностей пластины ведет к повышению добротности резонатора [1]. Добротность определяется как отношение реактивной энергии в колебательной системе (колебательном контуре) к энергии активных потерь в нем за период колебаний, что в свою очередь определяет КПД системы. Основная задача операции полирования заключается в снижении шероховатости обработанной поверхности и снижении толщины нарушенного слоя.

В ходе исследования [2] была найдена зависимость, характеризующая отношение условий полирования и получаемого качества поверхности. В реальном действующем производстве используется технология с применением двустороннего доводочно-полировального станка и абразивной полировальной суспензии на основе двуокиси церия. Абразивная суспензия включает в себя воду, двуокись церия и натрий углекислый. Получаемая шероховатость Ra 0,025–0,032 мкм [3].

Полирование не снимает припуск, а только сглаживает неровности поверхности, тем самым снижая шероховатость. Когда пластины обрабатывают большими партиями по 100–500 единиц, перед операцией полирования все пластины проходят процедуру измерения резонансной частоты с последующей сортировкой. Это позволяет более производительно и точно обработать партии пластин, поскольку все пластины разделены на группы по величине отклонения частоты от нормы. Обработка производится на станках эксцентрикового типа двустороннего действия. Партия пластин закладывается в концентрически расположенные гнезда кассеты, кассета помещается между верхним и нижним полировальником, и подается полировальная суспензия.

При полировании используют магнитореологические жидкости [4]. Метод позволяет воздействовать на положение абразивных частиц в жидкости, тем самым повышая производительность и качество продукции.

Все большую популярность приобретает полирование кварца с использованием различных абразивных суспензий (к примеру, на основе наноалмазов или корунда) [5, 6].

К числу наиболее эффективных способов снижения шероховатости обработанной поверхности кварца относится химическое полирование [7]. Отсутствует механическое воздействие на заготовку, что позволяет обрабатывать заготовки крайне малых размеров.

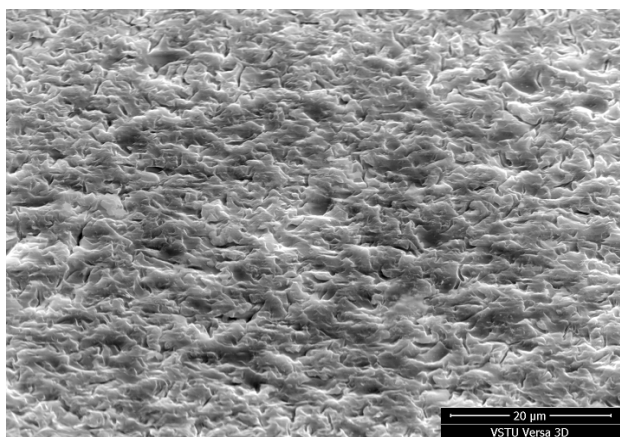
Для исследования состояния поверхности выбраны кварцевые пластины, поверхность которых обрабатывали абразивной суспензией и методом химического полирования. Образцы закрепляли на предметном столике микроскопа Versa 3D. Предметный столик прибора можно наклонять в диапазоне от -10 до $+60^\circ$ и вращать на 360° , что обеспечивает всестороннее исследование объекта [8, 9]. Электронный микроскоп Versa 3D представляет собой универсальную двулучевую систему для трехмерной визуализации, определения характеристик материала и прототипирования. Исследования могут производиться в трех режимах: низкого вакуума, высокого вакуума и в естественных условиях в зависимости от изучаемого материала. Состояние поверхности кварцевых пластин исследовали в условиях низкого вакуума и при кратности увеличения от 100 до 100 000 крат.

На рисунках *a* и *б* показаны электронные фотографии поверхности кварца после абразивной обработки. Рельеф поверхности достаточно развитый, видны хаотично

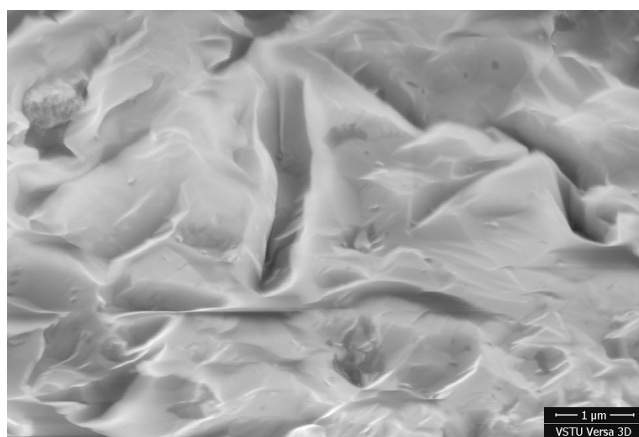
расположенные следы микрорезания кварца вершинами абразивных зерен. При увеличении 50 000 крат (см. рис. б) выделена относительно глубокая царапина шириной около 0,5 мкм. Бессистемность расположения царапин обусловлена отсутствием направленности обработки. Кварц имеет блочную структуру, и механическое воздействие разрушает наиболее слабые элементы блоков.

После химического травления в растворе фтороводородной кислоты формируется более сглаженная поверхность (рис. в и г). Отсутствие механических повреждений снижает внутренние напряжения и повышает добротность резонатора.

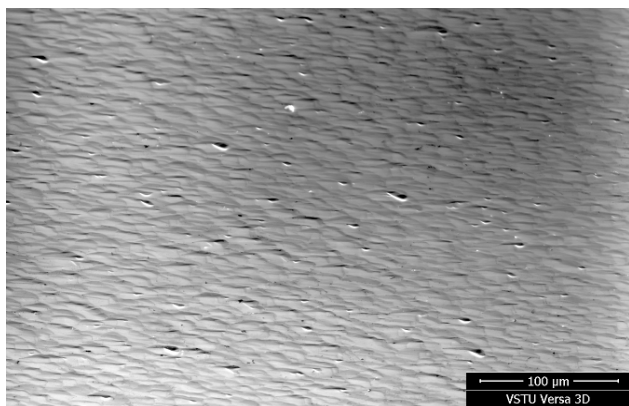
Обработка производится в два этапа. На первом этапе травление осуществляют в растворе плавиковой кислоты и диметилформамида. Перед обработкой всей партии выполняют пробное травление двух-трех платин в течение 1 ч и рассчитывают скорость снятия материала. Затем проводят химическое полирование партии пластин исходя из полученного времени. Перед вторым этапом партию пластин ранжируют по резонансной частоте и проводят травление каждой группы пластин отдельно для доведения характеристик до нормированных значений.



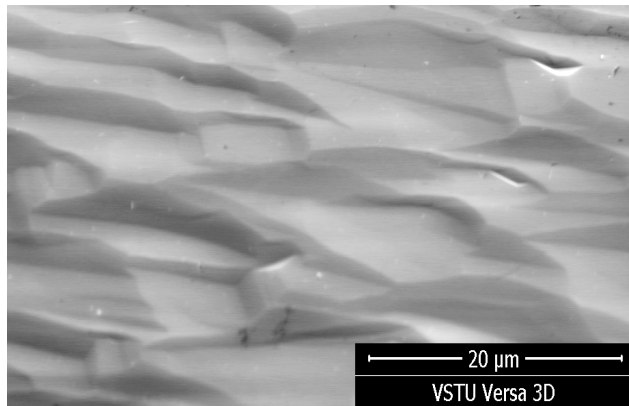
a



б



в



г

Рис. Электронные фотографии поверхности кварца после полирования с применением абразивной суспензии на основе оксида церия (в, г) и химического травления в растворе фтороводородной кислоты (а, б): а – 500×, α=50°; б – 50000×, α=50°; в – 800×, α=40°; г – 5000×, α=50°;

На поверхности (см. рис. в) видны отдельные углубления, оставшиеся после травления наиболее глубоких царапин, полученных на предыдущих операциях абразивной обработки.

Вывод. Установлено, что химическое травление сглаживает границы и ребра рельефа, что в свою очередь позволяет получить более качественную поверхность с более низкими напряжениями. Наиболее темные точки на рисунке в – результат выкрашивания кварца между границами блоков. Количество и глубина подобных дефектов после химического полирования значительно меньше – остаются лишь наиболее глубокие и грубые нарушения поверхностного слоя.

Список литературы

1. Глюкман Л.И. Пьезоэлектрические кварцевые резонаторы. Изд. 3-е, испр, перераб. и доп. М., 1981. – 133 с.
2. Козлова М.А., Шконда П.А. Структура поверхности кварцевого стекла, подвергнутой длительному травлению HF // Физ. и хим. стекла. — 1987. — Т. 13. — № 2. — С. 247–251.
3. Коровайцева Е.А. Оценка влияния кинетики повреждений поверхности кварцевой пластины на добротность кварцевого резонатора // Наука и образование [электронное издание]– 2012. – Вып. 4.
4. Морфология поверхности корунда после микроцарапания титанового сплава [Электронный ресурс] / В.А. Носенко, С.В. Носенко, А.В. Авилов, В.И. Бахмат // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. — 2014. — Т. 2. № 3. — С. 66–71. — Режим доступа: <http://www.indust-engineering.ru/issues/2014/2014-3.pdf>.
5. Носенко С.В. Влияние правки абразивного инструмента на состояние рельефа обработанной поверхности титанового сплава при встречном глубинном шлифовании / С.В. Носенко, В.А. Носенко, Л.Л. Кременецкий // Вестник машиностроения. — 2014. — № 7. — С. 64–68.
6. Элементы кварцевые. Методы получения шероховатости поверхности. РД 11712.804-83.

7. D.W. Kim, J.W. Lee, M.W. Cho, S.B. Choi. An experimental study on the ultra-precision polishing of quartz crystal using MR fluids and micro abrasives // Journal of Physics: Conference Series, 2009. Т. 149., vol. 7. – Pp. 12–61
8. V. Orjan, D. Rolf, L. Ulf, T. Greger IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control. // Journal of Physics: Conference Series, 2007., vol. 54. Pp.1454–1462.
9. Y. Zhu, Z. Feng, B. Wang, X. Xu Dispersion of nanodiamond and ultra-fine polishing of quartz wafer // China Particuology, 2004. – Т. 2. – vol. 4. – С. 153–156.

Рецензенты:

Санинский В.А., д.т.н., профессор кафедры «Технология и оборудование машиностроительных производств» Волжского политехнического института (филиал) ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волжский;
Полянчиков Ю.Н., д.т.н., профессор кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград.