

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Соколова С.И. на тему:
«Двухлучевая лазерная обработка кварца для резонаторов и фотошаблонов субмикронных интегральных микросхем», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники»

Лазерная технология получила широкое распространение в производстве различных оптических и электронных приборов. Уникальные свойства лазерного излучения позволяют эффективно использовать его для высокоточной размерной резки, маркировки, сварки и других технологических процессов.

Традиционные методы обработки кварцевого стекла основываются на применении для сварки газовой горелки, для резки на применении алмазного инструмента, гидроабразивной струи или применении лазерного излучения в режиме испарения материала. К основным недостаткам таких технологий относятся:

- сложность изготовления высокоточных изделий из кварцевого стекла;
- трудность получения высокой точности изделий сложной формы;
- необходимость проведения дополнительных операций обработки изготовленного изделия с целью снятия остаточных напряжений или доводки формы.

Применение высокоинтенсивного лазерного излучения для обработки изделий из кварцевого стекла сопровождается теплофизическими эффектами, трудноосуществимыми другими методами нагрева, примером такого использования является обработка кварцевого стекла излучением CO_2 -лазера (длина волны излучения 10,6 мкм). Это позволяет для кварцевых стекол осуществлять различные технологические операции: очистку, полировку, прецизионную резку, перфорацию, сварку, высокоточное термораскалывание и т.д. Именно этим вопросам посвящена диссертация Соколова С.И., что и определяет ее актуальность.

В работе проведен анализ процессов управляемого термораскалывания, полировки и очистки кварцевого стекла с использованием лазерного излучения.

Предложен механизм удаления примесей из кварцевого сырья двухлучевой обработкой CO_2 -лазером и YAG-лазером при плотности мощности в зоне обработки $(8,0 - 10,0) \times 10^7$ Вт/м² и скорости перемещения сырья в пределах $(5 - 10) \times 10^{-3}$ м/с с нагревом кварцевого сырья CO_2 -лазером до температуры 2273 К и одновременном расплавлении частиц кварца с примесями, что позволило снизить содержание примесей с $(3 - 3,5) \times 10^{-4}$ % до $(1 - 1,5) \times 10^{-4}$ %.

Определены режимы лазерной полировки кварцевого стекла CO_2 -лазером: при скорости обработки 5×10^{-3} м/с, радиусе лазерного пучка $1,2 \times 10^{-3}$ м и мощности лазерного излучения 22 Вт, при которых на поверхности стекла достигается температура плавления 2004 К, при этом температура остальной части стекла не превышает температуру размягчения, а внутренние напряжения составляют 45×10^6 Па, что меньше прочности на разрыв (300×10^6 Па).

Определены режимы лазерного термораскалывания кварца с учетом линейной механики разрушения. Показано, что условием роста термоиндуцированной трещины являются напряжения в вершине трещины, которые должны быть растягивающими. Введение второго луча в процесс термораскалывания позволяет

увеличить максимальные растягивающие напряжения при небольшом увеличении максимальной температуры, что позволяет исключить растрескивание кромки кварцевого фотошаблона за счет уменьшения остаточных напряжений.

К числу заслуг соискателя следует отнести исследование режимов двухлучевой суперпозиционной лазерной сварки кварцевого стекла, в которой использовалось два луча с различной дифракционной расходимостью, которое по сравнению с однолучевой сваркой при одинаковой мощности позволило увеличить глубину проплавления на 25 %.

Практическая значимость. Результаты диссертационной работы использованы на предприятии ОАО «Коралл» в процессе удаления примесей из кварцевого сырья при производстве кварцевых труб, штабиков и фотошаблонов. Кварцевые резонаторы в корпусном исполнении, изготовленные с использованием лазерного термораскалывания кварцевых кристаллов, поставлялись на ОАО «Горизонт», ОАО «Витязь» и другие телевизионные заводы. Опытные партии заготовок кварцевых фотошаблонов поставлялись на ОАО «Элма», г.Зеленоград, РФ и ОАО «ИНТЕГРАЛ».

Вместе с тем, в тексте автореферата имеются некоторые неточности:

- стр.3, последний абзац – написано: «... при определении величины напряжений растяжения в зоне обработки изменение напряжения составляет 34,2% ...» а на стр.9: «...при определении величины напряжений растяжения в зоне обработки для анализируемых режимов изменение температуры достигает 34,2% ...»;
- стр.10 – не приведено уравнение математической модели для глубины проплавления и не указано (как и в п.3 Заключения на стр. 15) численное значение глубины проплавления;
- стр. 11 и стр. 7, абзац 3 – не указано, какие примеси могут быть удалены из кварцевого стекла при использовании лазерной обработки;
- в п.2 Заключения на стр. 15 присутствует фраза «.., что является больше критического значения ...». Более корректным представляется «.., что больше критического значения ...».

Впрочем, указанные недостатки не снижают общего впечатления о работе.

В целом, как представляется из автореферата, диссертационное исследование выполнено на достаточно высоком научном уровне, соответствует требованиям ВАК. Автор диссертации, Соколов С.И., достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06.

Директор Государственного центра
«Белмикроанализ» ОАО "ИНТЕГРАЛ"-
управляющая компания холдинга "ИНТЕГРАЛ",
кандидат физико-математических наук

А.Н.Петлицкий

Заместитель главного технолога,
ОАО "ИНТЕГРАЛ"-управляющая
компания холдинга "ИНТЕГРАЛ",
кандидат технических наук



О.Ю.Наливайко

Подписи А.Н.Петлицкого и О.Ю.Наливайко заверено.
Н.О.Кочальникова УП

Н.М.Колесар