

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |           |
|---|-----------|
| Предисловие . . . . .   | 5         |
| Введение . . . . .  | 6         |
| Обзор литературы . . . . .  | 10        |
| <b>Глава 1. Теоретическое обоснование возможности лазерной резки силикатного стекла с образованием профильной формы торца . . . . .</b> | <b>14</b> |
| 1.1. Постановка задачи . . . . .  | 15        |
| 1.2. Результаты расчетов и обсуждение результатов . . . . .   | 16        |
| 1.2.1. Облучение стекла одним лазерным пучком . . . . .   | 16        |
| 1.2.2. Облучение стекла двумя лазерными пучками . . . . .   | 22        |
| 1.3. Резюме теоретических исследований . . . . .  | 25        |
| <b>Глава 2. Экспериментальные результаты . . . . .</b>  | <b>26</b> |
| 2.1. Стекло или оргстекло? . . . . .  | 26        |
| 2.2. Авиационные органические стекла . . . . .  | 28        |
| 2.3. Физико-химические свойства силикатного стекла . . . . .  | 30        |
| 2.4. Требования, предъявляемые к лазерам для резки стекол . . . . .   | 33        |
| 2.5. Два основных подхода к лазерному термическому разделению неметаллических полупрозрачных хрупких материалов . . . . .               | 36        |
| 2.6. Скрайбирование (абляция) и управляемое термораскалывание . . . . .   | 40        |
| 2.7. Анализ процесса управляемого лазерного термораскалывания при поверхностном поглощении лазерного излучения . . . . .                | 41        |
| 2.8. Методика создания микродефекта . . . . .   | 42        |
| 2.9. Создание микродефекта импульсным лазерным излучением . . . . .   | 43        |
| 2.10. Влияние качества торцов на прочность стеклоизделий . . . . .  | 46        |

|   |            |
|---|------------|
| 2.11. Форма торца стекла при лазерной резке . . . . .   | 52         |
| 2.12. Снятие кромок торца плоского стекла . . . . .   | 58         |
| 2.13. Снятие кромок торцов гнутых стеклоизделий. . . . .  | 61         |
| 2.14. Технологии лазерной резки и обработки крупногабаритных 3D-конструкций из силикатного стекла . . . . . | 64         |
| 2.15. Фиксирующее заготовки устройство на основе вакуумных присосок . . . . .                               | 73         |
| 2.16. Базирование стеклозаготовок с помощью лазерного нивелира . . . . .                                    | 76         |
| 2.17. Разработка объектива с овальным пятном, имеющим управляемые геометрические размеры . . . . .          | 76         |
| 2.18. Использование зеркала в качестве подложки . . . . .   | 79         |
| 2.19. Использование зеркала для многократного прохождения луча через стекло. . . . .                        | 80         |
| 2.20. Приспособление для отрезания отделенного методом ЛУТР технологического припуска. . . . .              | 84         |
| 2.21. Управляемое гибридное светолазерное термораскалывание стекол . . . . .                                | 86         |
| 2.22. Влияние механических напряжений на ЛУТР . . . . .   | 87         |
| 2.23. Газолазерная резка стекла. . . . .  | 93         |
| 2.24. Резка стекол лазерным пучком методом внутреннего отражения волн. . . . .                              | 94         |
| 2.25. Метод термораскалывания лазером с поверхностным поглощением. . . . .                                  | 97         |
| 2.26. Метод лазерной резки неорганических стекол скрайбированием (абляцией). . . . .                        | 102        |
| 2.27. Лазерная резка силикатных стекол пикосекундными лазерами методом оптического пробоя . . . . .         | 109        |
| 2.28. Практика лазерной резки крупногабаритных силикатных стекол сложной 3D-формы . . . . .                 | 111        |
| 2.29. Повышение эффективности и качества лазерной резки . . . . .   | 115        |
| <b>Глава 3. Расчеты и эксперименты по увеличению скорости резки стекла . . . . .</b>                        | <b>117</b> |
| <b>Глава 4. Лазерное удаление тонких покрытий со стекла. . .</b>  | <b>121</b> |
| Список литературы . . . . .   | 126        |
| Обозначения и сокращения . . . . .  | 133        |
| Воспоминание соавтора о М.А. Казаряне . . . . .   | 134        |