



## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ УСТАНОВКАМИ ЛАЗЕРНОГО УПРАВЛЯЕМОГО ТЕРМОРАСКАЛЫВАНИЯ

П.Д. Гиндин (МГУПИ), А.В. Сорокин (ОАО «МЗ «Сапфир»),  
В.А. Хлызов (ООО «ЭксДиБиАй»)

Описаны архитектурные особенности и функциональные возможности автоматизированной системы управления промышленными установками лазерного управляемого термораскалывания. Представлен программный продукт LaserCut v.7.0, предназначенный для управления работой установки лазерной резки хрупких неметаллических материалов PT-350, PT 500.

Ключевые слова: лазерное управляемое термораскалывание, лазер, кремний, система управления, интерфейс, лазерная резка хрупких неметаллических материалов и приборных пластин.

Технология лазерного управляемого термораскалывания (ЛУТ) [1] лежит в основе прецизионных установок ЛУТ серии PT-500 [2] (рис.1), PT-350 [3] (рис.2), спроектированных и выпущенных ОАО «Московский завод «Сапфир». Установки с технологией ЛУТ выполняют принципиально новый ТП прецизионной лазерной резки широкого класса анизотропных материалов и в первую очередь решают такие задачи, как резка приборных пластин на кристаллы на подложках из сапфира, кварца, кремния и других полупроводниковых материалов [4], а также раскрой стекла для плоских дисплейных панелей.

Основные преимущества метода лазерного управляемого термораскалывания:

- безотходность процесса - ни одна молекула материала не удаляется в процессе резки, как следствие - высокая чистота и отсутствие загрязнения поверхности в процессе резки;
- близкая к нулю ширина реза;
- высокая энергоэкономичность процесса лазерного управляемого термораскалывания;
- повышение механической прочности изделий до пяти раз за счет отсутствия остаточных напряжений и микротрещин вдоль линии реза;
- высокие скорость резки - до 2 м/с и точность раскройки материалов.

Специально для установок лазерной резки PT-350 (резка кремниевых пластин полупроводниковым лазером) и PT-500 (резка стекла CO<sub>2</sub> лазером) была разработана система управления LaserCut v.7.0.

До использования этой системы на установках предыдущих поколений использовались простые программы без графического управления, а также терминальный режим управления установками, что в значительной степени замедляло и усложняло ТП лазерной резки, а также ограничивало воз-

можности оператора установки и препятствовало развитию самой технологии [5]. Появление новых технологических задач, таких как лазерная резка приборной пластины на чипы, резка кремневых дисков стимулировало развитие технологии и системы управления установками, при назрела необходимость в частичной и полной автоматизации всего процесса в рамках производства [6].

Требования к гибкости и автоматизации производственных процессов диктуют необходимость комплексной и детальной проработки технологии, тщательного анализа объектов производства, проработки маршрутной и операционной технологии, обеспечения надежности и гибкости процесса обработки изделий с заданным качеством. Степень подробности технологических решений должна быть доведена до уровня подготовки управляющих программ для оборудования [7]. В связи с этим при разработке ПО были поставлены и реализованы следующие задачи:

- выравнивание программно-аппаратной системы координат;
- распознавание реперных меток заготовок;
- автоматическая система контроля лазерной резки.

В целом требовалось автоматизировать ТП лазерной резки кремневых чипов и резки серии заготовок в межоперационной таре.



Рис. 1. Установка лазерной резки дисплейных панелей PT-500



Рис. 2. Установка лазерной резки полупроводниковых материалов PT-350

Система управления LaserCut v.7.0 охватывает весь ТП резки приборных пластин на чипы. Технологический маршрут процесса лазерного управляемого термораскалывания приборных пластин на чипы состоит из следующих операций:

- 1) получение приборных пластин в межоперационной таре;
- 2) компьютерный контроль параметров чипов;
- 3) наклейка пластины на пленку-носитель;
- 4) фиксация пленки с пластиной в рамке-держателе;
- 5) фиксация рамки-держателя с пластиной на предметном столике установки;
- 6) выход столика в зону ориентации;
- 7) распознавание реперных знаков и ориентация пластины по линии реза;
- 8) выход столика в зону резки;
- 9) резка пластины в первом направлении в автоматическом режиме;
- 10) поворот предметного столика на 90°;
- 11) ориентация пластины;
- 12) автоматическая резка пластины в перпендикулярном направлении;
- 13) выход столика в исходное (нулевое) положение;
- 14) снятие пластины;
- 15) разделение порезанной пластины на чипы, растягивая пленку с пластиной с помощью специального устройства;
- 16) установка пленки с чипами в автомат сортировки;
- 17) разборка и установка чипов в тару;
- 18) передача чипов на установку корпусирования.

ПО реализует автоматическое выполнение операций номер 6 – 13 на установке резки приборных пластин.

На основе технологического маршрута был составлен алгоритм (рис. 3) для ПО установок РТ-350, РТ-500. Принципиальных отличий в алгоритмах нет в виду схожести данных ТП. Если приборная пластина имеет нанесенные реперные метки, то процесс выравнивания заготовки производится автоматически. Отметим, что в момент, когда заготовка перемещается в зону резки, программой рассчитываются параметры данного реза, если резов более одного. В процессе лазерного термораскалывания в зону обработки подается лазерный пучок эллиптической формы и хладагент

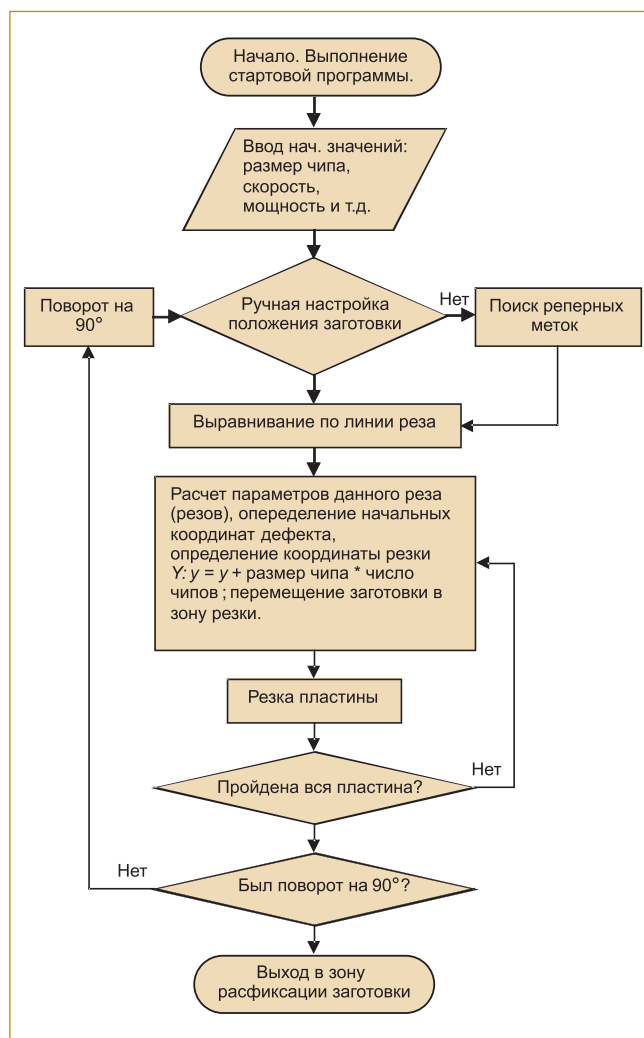


Рис.3. Блок-схема алгоритма программы управления

в виде водяной струи. При нагреве лазерным пучком в материале возникает напряжение - растяжение, при охлаждении водой возникает напряжение - сжатие, что приводит к разделению кремниевой или стеклянной заготовки вдоль линии обработки.

Система управления LaserCut v.7.0 состоит из основной программы и главной программы контроллера управления (рис. 4), которая принимает значения от основной программы и управляет лазерной резкой на установках. Данная система разработана для серии установок ЛУТ, выполняющих типовые задачи и оснащенных контроллером управления серии LSMC-5 производства ООО «Рухсервмотор».

Система управления установками ЛУТ реализована по модульному принципу и представляет собой набор следующих программ (рис. 4.):

- основная программа, располагаемая на управляющем ЭВМ, имеющая графическую оболочку, рассчитывающая параметры лазерной резки, отвечающие за получения изображения с камер и обеспечивающие управление лазером и его блоками питания и охлаждения,

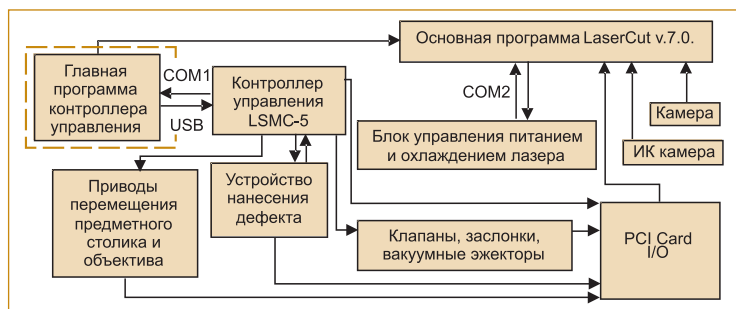


Рис.4. Блок-схема управления ЛУТ

а также запускающая главную программу резки, записанную в контроллере управления;

- главная программа контроллера, управляющая лазерной резкой (записывается в память контроллера);
- подпрограммы контроллера, записанные в памяти контроллера, отвечающие за независимое включение/выключение лазера, открытие/закрытие клапанов и лазерных затворов, использование устройства нанесения дефекта, управление приводами, перемещающими объектив и предметный столик, а также включение/отключение вакуумного эжектора.

На установках РТ-350, РТ-500 оператором используется основная программа управления LaserCut v.7.0, которая обеспечивает доступ к функциям главной программы контроллера и его подпрограмм и обладает всем необходимым функционалом для проведения технологической лазерной резки.

Особенности системы управления определяются:

- особенностью ТП ЛУТ приборных пластин на чипы, стекла для плоских дисплейных панелей, заключающейся в одновременном нагревании и охлаждении в зоне резки, подборе скоростей и технологических режимов резки;
- выбором специализированного оборудования, позволяющего осуществить ТП ЛУТ на следующих установках: сервоконтроллер LSMC-5, прецизионные сервоприводы, прецизионное устройство нанесения первоначального дефекта для процесса ЛУТ;
- необходимостью в автоматизации операций: выравнивания системы координат по двум точкам в интерфейсном окне управления перемещениями, распознавания реперных меток заготовки, контроля ЛУТ.

В ходе разработки системы управления были выявлены некоторые технологические ограничения и

проблемы, для устранения которых были предложены специальные программно-технические решения.

Для своевременного и оперативного получения значений положения приводов и их верификации в систему введена дополнительная плата обратной связи PCI Card I/O (рис. 4), что позволило в значительной мере увеличить скорость резки заготовки.

Для оптимальной и высокопроизводительной работы автоматизируемых установок в основной программе управления использованы компоненты многопоточности Threads, позволяющие обрабатывать одновременно несколько операций, например, изменение положения, контроль приводов перемещения и расчет данных для текущего реза, что значительно ускоряет ТП лазерной резки на установках.

В системе были использованы динамические библиотеки DLL и объекты MImage, что позволило управлять перемещением приводов в горизонтальной плоскости в окне изображения с камер (рис. 5). В программе имеется также возможность сохранения изображения и система выравнивания заготовки по двум точкам.

Основная программа реализована на языке программирования Borland Delphi 7 и включает три основных интерфейсных окна: ввода параметров резки; терминальное и ввода дополнительных параметров; ввода переменных контроллера управления.

Таким образом, в результате использования технологии ЛУТ и системы управления LaserCut v.7.0 на установках РТ-350, РТ-500 можно проводить раскрой чипов и стекла для плоских дисплейных панелей.

Внедрение системы управления LaserCut v.7.0 увеличили показатели производительности установки РТ-350 ТП лазерного раскроя кремниевых пластин

на чипы с 2 до 20 пластин в час за счет автоматизации и усовершенствования элементов управления, а также за счет уменьшения времени, затрачиваемого на процесс составления задания для ПО.

Разработанное авторами статьи ПО позволяет производить большой спектр работ по лазерной резке хрупких неметаллических материалов на установках ЛУТ РТ-350 и РТ-500 (задавать режимы резки, скорость, мощность, распознавать реперные метки, автоматически выравнивать пластину по реперным меткам). ПО LaserCut v.7.0 прошло апробацию в ОАО «МЗ «Сапфир» и успешно используется на установке лазерной резки стекла для плоских дисплейных панелей РТ-500 в ОАО «Сатурн»

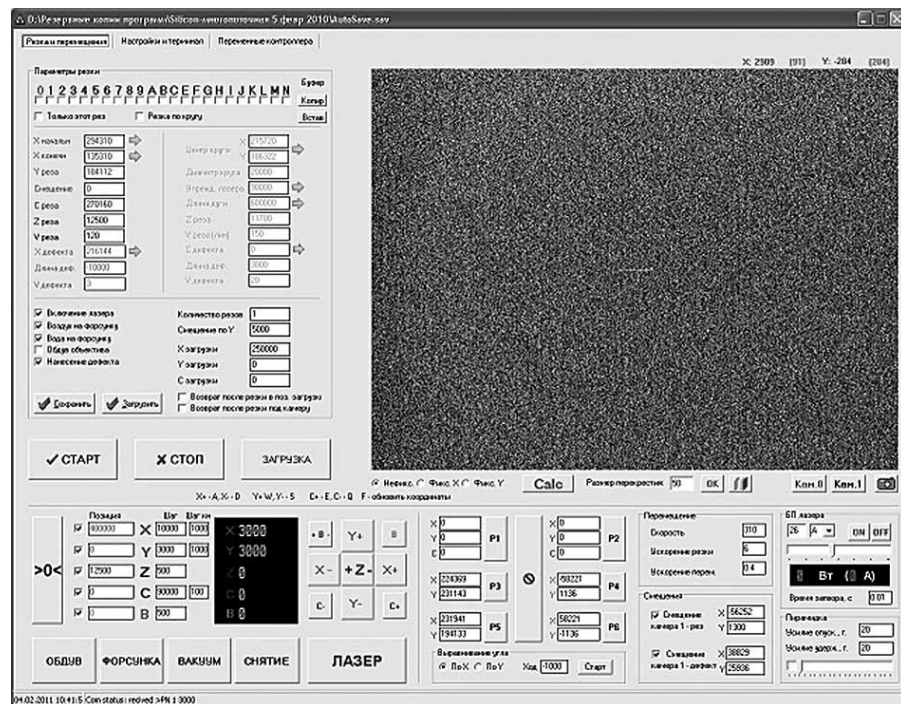


Рис.5. Интерфейсное окно «резка и перемещения»



(г. Раменское) и на установке лазерной резки приборных пластин на чипы РТ-350 ОАО «МЗ «Сапфир». Программный продукт может использоваться также и на других установках ЛУТ с учетом их конструкторских и технологических особенностей.

#### Список литературы

1. Гиндин П.Д., Кондратенко В.С., Наумов А.С. Лабораторный практикум по курсу «Лазерное управляемое термораскалывание приборных пластин на кристаллы». Учеб.-метод. пособие. М.: Изд. МГУПИ, 2006.
2. Сорокин А.В., Кондратенко В.С., Гиндин П.Д., Колесник В.Д. Установка для лазерной резки полупроводниковых пластин РТ-350 // Инновационные технологии в науке, технике и образовании: Тр. Междун. научно-технич. конф. М.: МГУПИ. 2009.
3. Сорокин А.В., Кондратенко В.С., Гиндин П.Д., Наумов А.С., Колесник В.Д., Установка для лазерной резки стекла РТ-500 // Там же.
4. Кондратенко В.С., Гиндин П.Д., Наумов А.С., Черных С.П. Разделение приборных пластин на кристаллы методом лазерного управляемого термораскалывания // Современные технологии в задачах управления, автоматики и обработки информации: Тр. XIII Междун. научн.-техн. семинара. Алушта. 2004.
5. Гиндин П.Д. Компьютерное управление установками лазерной резки. Лабораторный практикум. М.: Изд. МГУПИ, 2008.
6. Гусев Н.В., Ляпушкин С.В., Коваленко М.В. Автоматизация технологических комплексов и систем в промышленности. Томск. 2011.
7. Шишмарев В.Ю. Автоматизация технологических процессов. Москва 2005.

*Гиндин Павел Дмитриевич — д-р. техн. наук, доцент кафедры ПР-6 Московского государственного университета приборостроения и информатики,*

*Сорокин Антон Владимирович — к-т. техн. наук, инженер ОАО «МЗ «Сапфир»,*

*Хлызов Владимир Александрович — старший инженер ООО «ЭксДиБиАй».*

*Контактный телефон (499) 269-46-66.*

*E-mail: vlkhlyzov@gmail.com*

## Защищенная ОС РВ нового поколения: особенности архитектуры и средства защиты информации

**А.Н. Докучаев (ООО «СВД Встраиваемые Системы»)**

Представлены архитектурные особенности современной защищенной ОС РВ «Нейтрино» (изделие ЗОСРВ КПА.10964-01 компании ООО «СВД Встраиваемые Системы»). Производится сравнительный анализ изделия по отношению к предшественнику – ЗОСРВ КПА.00002-01. Отдельно рассматриваются технологии и средства, обеспечивающие защиту информации для автоматизированных систем класса защищенности до 1Б включительно.

*Ключевые слова:* защищенная операционная система реального времени, жесткое РВ, автоматизированные системы, проектирование, средства защиты информации, встраиваемые системы.

На сегодняшний день уже ни у кого не вызывает сомнений тот факт, что ОС QNX прочно заняла лидирующее место в мире передовых информационных технологий РВ. Под управлением ОС РВ QNX успешно функционирует огромное число встраиваемых систем и систем РВ, относящихся к совершенно разным областям человеческой деятельности, будь то телекоммуникации, оборонная промышленность, авиация, медицина, энергетика, металлургия и др. Среди компаний активно применяющих ОС отметим VISA, Atomic Energy of Canada, General Motors, Cisco, Chrysler, Toyota, Ford, General Electric, Mitsubishi и др.

На протяжении более чем 20-летней эволюции ОС QNX степень ее популярности определяется в первую очередь следующими факторами: микроядерной архитектурой и сравнительно небольшими размерами программных компонент, высокой скоростью работы и реакции на события, высоким уровнем модульности и отказоустойчивости, а также поддержкой подавляющего большинства современных аппаратных платформ. Последние версии

QNX способны выполняться на архитектурах x86, MIPS, ARM, PowerPC, SuperH, реализуют симметричное, асимметричное и ограниченное (bound multiprocessing) мультипроцессирование [1], поддерживают международный стандарт переносимых интерфейсов POSIX и имеют совместимость с GNU/Linux посредством GNU Compiler Collection. Среди наиболее востребованных технологий, поддержка которых имеется в ОС, отметим OpenGL ES, Qt, Adobe AIR/Flash и OpenVG. Тем не менее, при учете всего вышесказанного, использование коммерческой ОС РВ с закрытым исходным кодом в отечественном оборонно-промышленном комплексе (ОПК) недопустимо, ввиду жестких требований к информационной безопасности.

В 2004 г. компания ООО «СВД Встраиваемые Системы» успешно завершила разработку и сертификационные испытания программного комплекса «Защищенная операционная система реального времени QNX» (изделие КПА.00002-01) [2]. Начиная с этого момента, ЗОСРВ имеет возможность применяться в автоматизированных системах (АС)