

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РОБОТА-ПЕРЕГРУЗЧИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛАСТИН

В последние годы в производстве сверхбольших интегральных микросхем размер минимального элемента достиг нормы 0,18 мкм. количество слоев возросло до восемнадцати, а размер полупроводниковых пластин – до 300 мм. В связи с этим значительно повысились требования к чистоте производственных помещений и оборудования, так как пылевая частица размером 0,1 мкм уже приводит к браку.

Недопустимо также и загрязнение нерабочей стороны пластин, так как степень очистки полупроводниковых материалов очень высока и при высокотемпературной обработке ионы нежелательных материалов проникают в рабочие слои и искажают характеристики микросхем. Помещения непрерывно продуваются сверху ламинарным потоком воздуха, который затем всасывается через пол. Кроме того, поскольку человек, как источник загрязнений, является еще одним фактором риска, то стараются исключить его контакт с полупроводниковыми пластинами на протяжении всего технологического процесса. Тем не менее полностью устранить загрязнения, а как следствие, и производственный брак не удается.

Настоящий робот предназначен для решения этой проблемы на операциях размещения пластин по базовому срезу, распознавания их по идентификационному коду (ID) и сортировки. Этой проблемой занимаются многие фирмы во всем мире, и конструктивные решения их изделий принципиально одинаковы. Как правило, пластины в кассетах располагаются горизонтально, рабочей поверхностью вверх, в результате чего на ней могут осаждаться мельчайшие частицы. Кроме того, сортировка осуществляется манипуляторами, которые захватывают пластины в вакууме за нерабочую зону и тем самым могут загрязнить ее.

В отличие от общепринятых конструктивных решений, в описываемой разработке – роботе VMT\_ALU фирмы "Recif" – пластины в кассетах расположены вертикально и имеют возможность очищаться ламинарным воздушным потоком. Кроме того, транспортировка пластин осуществляется также в вертикальном положении гребенчатыми держателями, в которых контакт происходит только по кромке пла-

стиг и принципиально исключено всякое соприкосновение как с рабочей, так и с нерабочими сторонами

Третьим преимуществом, по сравнению со многими аналогичными установками, является возможность одновременной перегрузки всех пластин из кассеты в кассету, что принципиально увеличивает производительность рабочей установки. Это и другие преимущества позволили фирме "Recif" выиграть тендер, объявленный фирмой "Intel" на поставку такого оборудования.

Перед нами ставилась задача реализации программного обеспечения наладки, которая, помимо выполнения непосредственных требований по функционированию, являлась бы базовой программой, которую с минимальными доработками можно было бы использовать для других роботов, даже принадлежащих другой серии роботов фирмы "Recif". Также осуществлялся переход на новый для этой области пакет "Microsoft Visual C++".

Код, до сих пор реализовавшийся в этой области известными нам фирмами, не отвечал основным принципам объектно-ориентированного анализа, в частности, принципу инкапсуляции, предложенному впервые Гради Бутчем, а впоследствии доработанному OMG, вследствие чего не обладал высокой степенью надежности. В случае даже небольшого конструктивного изменения робота в переделке нуждался весь проект, по причине этого объем кода возрастал, что в конце концов приводило программное обеспечение в нерабочее состояние.

Кроме того, если программный проект осуществляется в течение длительного промежутка времени, то требования заказчика зачастую успевают измениться, а при выполнении работы по общепринятой схеме водолоада это приводит либо к неполному соответствию требованиям, либо к отклонению проекта в целом.

Для избежания этих и других проблем в данной разработке был применен UML — одно из последних средств современной объектно-ориентированной разработки. В настоящее время UML включают в себя: 1) компонентную технологию разработки моделей ИС (информационных систем); 2) визуальное программирование (RAD-средства); 3) использование образцов (patterns) при проектировании ИС; 4) визуальное представление различных аспектов проекта (визуальное моделирование, CASE-средства).

Визуальные модели широко используются в технологиях управления проектированием систем, сложность, масштабы и функцио-

нальность которых постоянно возрастают. В практике эксплуатации ИС постоянно приходится решать такие задачи, как физическое перераспределение вычислений в данных, обеспечение параллелизма вычислений, репликация БД, обеспечение безопасности доступа к ИС, оптимизация балансировки нагрузки ИС, устойчивость к сбоям и т. п.

Унифицированный язык моделирования (UML) представляет собой объединение лучшего в индустрии объектно-ориентированного программирования и моделирования систем в целом. Его главное предназначение – устранить недостатки, обнаруженные в трех уже известных методах. Одним из основных преимуществ UML является подвижка в индустрии путем внедрения визуальной объектной возможности взаимодействия. Принятый консорциумом Object Management Group в 1997 г. в качестве стандарта UML быстро получил распространение в сфере производства программного обеспечения как язык для специфицирования, создания, визуализации и документирования систем, в которых большая роль принадлежит программному обеспечению.

В данной работе перед нами, помимо вышеназванных, ставились следующие цели:

1. С учетом использования SEMI-протоколов SECS-II и HSMS построить модель программы отладки.
2. Написать код, реализующий данную модель.
3. Протестировать программный продукт.

Для того чтобы создать рабочую модель и реализовать ее в коде, конечно, необходимо учесть, где конкретно используются роботы, на которых устанавливается программное обеспечение, а тем более понять полный цикл функционирования машины.

Робот VMT\_ALU предназначен для ориентации и размещения пластин в заданном порядке (возможна перегрузка в другую кассету) и функционирует следующим образом.

Вначале оператор помещает кассету на загрузочную платформу. После обнаружения роботом новой кассеты платформа перемещает ее в одну из двух возможных позиций. Затем заслонка закрывает рабочую зону робота. Если в кассете нет пластин, стоящих неправильно (перекос либо две пластины в одном пазу), то проводится операция ориентации. Для этого ориентатор поднимается в рабочее положение, и с его помощью пластины в кассете вращаются до того момента, пока

базовые срезы или базовые вырезы всех пластин займут за данное положение (обычно достаточно повернуть пластины на 180°)

Далее производится считывание ID и определяется расположение пластин в кассете. Для этого камера проходит под кассетой и передает в управляющий компьютер массив чисел, отображающий положение пластин в носителе. Камера производит процесс сканирования. Она представляет собой оптический датчик, активизирующийся в случае нахождения пластины. Для каждой пластины отображается информация о местоположении и толщине.

После этого можно приступать к операции упорядочения пластин. Для этого используются два устройства: Mono и Batch. При их помощи пластины поднимаются из кассеты в перегрузчик, который транспортирует содержащиеся в нем пластины к другой кассете, где можно при помощи Batch или Mono снять пластины и установить их в выбранные позиции второй кассеты.

Batch используется для групповых операций (одновременно над всеми пластинами, содержащимися в носителе). Mono позволяет оперировать одной пластиной. Оба устройства (Batch и Mono) могут выполнять операцию Back-to-Back.

После проведения операций упорядочения открывается заслонка и загрузочная платформа выводит кассету из рабочей области в позицию, откуда оператор может снять ее с робота.

Программное обеспечение, реализованное нами для этого робота, позволяет выполнять не только любую из операций рабочего цикла в целом, но и каждое действие в отдельности. С точки зрения программного обеспечения данный продукт отличается прежде всего возможностью повторного использования компонентов кода и высокой степенью устойчивости программы. Так, если в составе робота произойдут некоторые изменения (добавление или замена модулей, добавление, трансформация или удаление операций, переход на другой командный протокол и т. п.), то программисту-разработчику не придется переделывать весь проект, он трансформирует лишь одну его часть, что не отразится на функциональности остальных.

К настоящему времени программа протестирована и использована в процессе отладки. Первая партия роботов уже отправлена заказчику.