

УДК 621.382.002:004.738.5

**СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРОИЗВОДСТВА
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ
КАК ЧАСТЬ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ**

К.А. Нечаев, О.В. Стукач

Томский политехнический университет

E-mail: tomsk@ieee.org

Нечаев Кирилл Алексеевич,
аспирант кафедры компьютерных измерительных систем и метрологии Института кибернетики ТПУ.

E-mail: tomsk@ieee.org

Область научных интересов:
системы поддержки производства, производственные системы.

Стукач Олег Владимирович, д-р техн. наук, профессор кафедры компьютерных измерительных систем и метрологии Института кибернетики ТПУ.

E-mail: tomsk@ieee.org

Область научных интересов:
теория управления, методы измерения.

Рассматривается применение идеологии Интернета вещей в перспективных системах поддержки производственных процессов в электронной промышленности. Приводится пример реализации подсистемы.

Ключевые слова:

Интернет вещей, поддержка жизненного цикла, производство, полупроводник.

Введение

В настоящее время необходимым условием повышения эффективности производства является поддержка жизненного цикла всех производственных процессов и дальнейшей эксплуатации изделий до их утилизации. Особенностью производства полупроводниковых

приборов является относительно низкий процент выхода годных изделий, что обусловлено несовершенством технологических процессов. Отстройка техпроцессов и их совершенствование принципиально невозможны без системы записи и оценки параметров технологического маршрута.

Как правило, технологические операции выполняются последовательно, их довольно много, и ошибка на каждой из них критична для работоспособности всего изделия, так как практически все операции выполняются на одной подложке, и заменить неправильно изготовленный элемент нельзя. Поэтому сбор и систематический анализ данных о всех этапах производства необходим для повышения качества и увеличению процента выхода годных изделий [1].

По сравнению с традиционным производством количество факторов, негативно влияющих на процесс, велико, и принимать оперативные решения по корректировке процессов, полагаясь на оператора, зачастую невозможно. В этом смысле удачным решением на сегодняшний день является идеология проектирования систем поддержки жизненного цикла на основе Интернета вещей (Internet of things, IoT).

Интернет вещей (IoT) – это мир сетевых устройств, оборудованных датчиками и радиочастотной идентификацией и нацеленный на соединение всех вещей, в том числе электронных, чтобы сделать их более интеллектуальными и программируемыми. Примерно 50 млрд машин и устройств могут быть связанными к 2020 году, как утверждает Cisco Systems, лидер движения IoT. Такие умные устройства уже используются, например, для управления выбросами углекислоты на фабриках, предупреждают водителей о пробках, следят за кровяным давлением пациентов и т. д. без человеческого вмешательства [2].

Производственная система и IoT

IoT дает много возможностей для современной организации систем поддержки жизненного цикла изделий на этапе производства. Представляется, что IoT будет перемещать

объекты из физического мира в виртуальный. Особенности IoT создают своего рода виртуальный континуум среди физических объектов, их окружающей среды и их представления в Интернете. Побочными продуктами этого виртуального континуума станут новые услуги и функциональные возможности.

Но сделать это можно только с помощью больших и сложных программных систем. Это не реализуемо традиционными способами. Сложность – важный фактор изучения и управления каждой отдельной технологической операцией, что определяет ее потенциальное воздействие на объемлющую систему. В процессе производства генерируется неисчислимо множество данных, которые в реальном времени необходимо интегрировать и анализировать, преобразовывать в информацию, затем распределять среди пользователей и принимать на этой основе решения не только управленческого, но и технологического уровня значимости.

Для успешного проведения реального технологического маршрута в производственном процессе необходимо собирать большое количество данных. И если с хранением данных особых проблем сегодня нет, то их остается еще много при анализе разнородных данных. На каждую операцию могут воздействовать связанные друг с другом факторы. При этом отклонение параметров от технических условий или паспортных данных может обнаружиться только в конечном изделии, когда исправлять что-либо уже поздно. Для локализации участка процесса, на котором происходит это отклонение, необходимо проанализировать большой объем информации. Например, после выявления бракованной микросхемы можно:

- выявить, на каких подложках она создавалась;
- получить список изделий, которые были получены с использованием этих подложек;
- проверить, есть ли отклонения в соответствующих параметрах этих изделий и сравнить их с другими партиями;
- если отклонения в бракованном изделии соответствуют отклонениям в параметрах найденных изделий, сделать вывод, что процесс был нарушен на участках, где данные изделия обрабатывались совместно;
- применять простые и более сложные инструменты управления качеством для выяснения причины и разработки корректирующих мероприятий.

Для проведения подобного рода анализа необходимо иметь базу данных с накопленными технологическими параметрами. На многих предприятиях сбор информации ведется с помощью контрольно-сопроводительных листов. Эти документы составляются от входного контроля до выпуска изделий. Поскольку предприятие, на котором изготавливаются микросхемы, закупают готовые подложки, необходимо иметь не только их технические характеристики, но и технологическую информацию об их изготовлении. Этого как раз нет.

Подобную проблему легко решить в рамках IoT, так как технологическая информация будет накапливаться и передаваться автоматически, без участия человека. Важно то, что при этом полностью исключается влияние человеческого фактора, который зачастую мешает производству из-за недобросовестности исполнителей и ограничений по времени сбора информации.

Для проведения анализа данных и выработки управленческих решений в современном производстве недостаточно конечной информации о каждом изделии. С помощью сопроводительной документации можно собрать общую информацию по каждой операции для всех изделий в партии, но в ней будет отсутствовать специфичная информация, которая может оказаться критичной для принятия решений. Что касается статистического анализа, для него финальных данных недостаточно. Полный набор параметров с датчиков и параметров процесса может обеспечить только подсистема, так или иначе работающая на принципах IoT. Ситуация существенно изменяется при разработке новых алгоритмов анализа разнородных (качественных и количественных) данных, когда разработчики не желают разглашать алгоритмы обработки данных, но могут предоставить услуги по обработке и анализу. Для основных технологий еще нет стандартов, которые должны будут интегрированы со средой открытых коммуникаций.

Подсистема управления сбором данных

На одном из томских предприятий электронной промышленности разрабатывается информационная система, работающая на принципах IoT и позволяющая управлять, контролировать и регистрировать любое число параметров технологических маршрутов без ограничений на объем данных и алгоритмы обработки. Первичные данные могут передаваться в другие подсистемы, в том числе и частное облако, без участия оператора в соответствии с политикой безопасности и правами доступа. Целью такой системы будет являться централизованный сбор истории выполнения производственных операций путем предоставления соответствующих интерфейсов операторам на производстве в пригодном для дальнейшего анализа виде.

На рис. 1 изображен пример экранной формы интерфейса оператора для регистрации этапов прохождения партий изделий по технологическому маршруту. В соответствии с производственным расписанием у каждого оператора отображается информация о проводимой операции. Для каждой операции определяется набор обязательных к заполнению полей. Система не позволит завершить операцию, если хотя бы одно из обязательных полей не будет заполнено. В случае отклонений в процессе изготовления отдельного изделия в лоте существует возможность отметить такие отклонения отдельно, а при наличии значительных отклонений или брака лот может быть раздроблен кнопкой «Брак». При дроблении лота изделия, в которых отсутствуют существенные отклонения в параметрах, проследуют своим технологическим маршрутом, а информация об остальных сохранится в системе и будет передана для дальнейшего анализа.

Рабочий центр: РЦ-ФЛ-1																			
Оператор: Минин А.И.																			
Следующая	Текущая операция: Фотолитография ФШ-20. Лот: 11-11			Предыдущая															
Лот: 11-12 Изделий: 5 (просмотр) Операция: Осаждение Pd/Ni/Au Рабочий центр: РЦ-ОС-2 Исполнитель: Антипин И.В. Технологический маршрут: Соболь-3.1 Статус операции: В процессе 80% Взять на обработку	Параметры для выполнения операции <table border="1"> <thead> <tr> <th>Параметр</th> <th>Значение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Рецепт</td> <td>S1803 spray 20</td> </tr> <tr> <td>Температура</td> <td>100 градусов</td> </tr> <tr> <td>Время выполнения</td> <td>5 секунд</td> </tr> </tbody> </table> Изделие лота <table border="1"> <thead> <tr> <th>Параметр</th> <th>Значение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Комментарий</td> <td>Без отклонений</td> </tr> <tr> <td>Напряжение, В</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Ток, мА</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table>	Параметр	Значение	Рецепт	S1803 spray 20	Температура	100 градусов	Время выполнения	5 секунд	Параметр	Значение	Комментарий	Без отклонений	Напряжение, В	14	Ток, мА	—	Статус операции: в процессе Маршрутная карта: Спутник 1.1 Переход к документации Авария Брак Запрос с приостановкой Готово	Лот: 11-10 Изделий: 4 (просмотр) Операция: Фотолитография ФШ-20 Рабочий центр: РЦ-ФЛ-1 Технологический маршрут: Соболь-3.1 Исполнитель: Минин А.И. Статус операции: Завершена
Параметр	Значение																		
Рецепт	S1803 spray 20																		
Температура	100 градусов																		
Время выполнения	5 секунд																		
Параметр	Значение																		
Комментарий	Без отклонений																		
Напряжение, В	14																		
Ток, мА	—																		

Заполните все обязательные поля

Рис. 1. Экранная форма

Система не позволяет завершить операцию без полного сбора данных. Технологию могут быть определены дополнительные поля для заполнения, при этом количество вносимой информации не имеет никаких ограничений. В случае отклонения в параметрах при выполнении даже одного изделия из лота такая информация сохраняется для каждого изделия, а не в общей сопроводительной документации.

Заключение

IoT дает много возможностей для бизнеса, но в то же время бросает вызов инженерам, которые должны строить более сложные системы в условиях нехватки стандартов и способов проанализировать поток данных. Эти и другие проблемы стали причиной организации комитетом по технологиям будущего IEEE специализированного совета по IoT. Эта

новая область открывает широкие возможности по совершенствованию производства и повышению его качества, так как при минимуме затрат будет способна анализировать потоки данных и принимать технологические решения без участия человека. Прорывный потенциал IoT пока не оценен, но уже ясно, что многие отрасли промышленности, в том числе производство полупроводниковых приборов, станут совсем другими.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационные системы и технологии: моногр. / О.И. Бабина, Н.Ю. Дюмин, Л.Ю. Исмаилова, О.В. Стукач и др. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2011. – 156 с.
2. Kathy Pretz. Exploring the Impact of the Internet of Things. A new IEEE group is taking on the quest to connect everything // The Institute. – URL: <http://theinstitute.ieee.org/technology-focus/technology-topic/exploring-the-impact-of-the-internet-of-things>.

Поступила 12.11.2013 г.