

УДК 65.011.46

Д.Д. Зыков, В.В. Матвеев, К.А. Нечаев, В.М. Карабан

Повышение качества продукции посредством использования причинно-следственной диаграммы в комплексе с информационной системой управления полупроводниковым производством

Предложен способ повышения результативности производства путем повышения качества выпускаемой продукции, который основан на уменьшении влияния человеческого фактора путем внедрения статистических инструментов качества. Рассматриваются причинно-следственная диаграмма (диаграмма Исикавы) и необходимость ее использования в комплексе с информационной системой управления полупроводниковым производством.

Ключевые слова: качество продукции, система управления, полупроводниковое производство, диаграмма Исикавы.

Наиболее важным способом повышения результативности высокотехнологичного производства можно назвать повышение качества продукции на всех стадиях ее производства. Снижение количества бракованной продукции не только на выходе, но и в течение технологического процесса, своевременная реакция на отклонения в показателях качества на всех этапах производства ведут как к снижению производственных затрат, так и к повышению выхода годной продукции, что, в свою очередь, увеличивает общую эффективность компании.

Полупроводниковое производство характеризуется тем, что большая часть операций получения продукции выполняется на одном элементе – кристалле с полупроводниковой структурой. Очевидно, что невозможно заменить неправильно изготовленный элемент в процессе выполнения, поэтому ошибка при выполнении одной операции всего технологического маршрута приводит к браку конечного изделия, при этом главной проблемой является именно локализация того фактора, который привел к нежелательным отклонениям.

В производстве можно достичь значительного повышения качества, если внедрить несколько простых статистических инструментов качества [1, 2].

Рассмотрим один из инструментов – диаграмму Исикавы или причинно-следственную диаграмму. На рис. 1 приведен пример такой диаграммы для операции напыления.

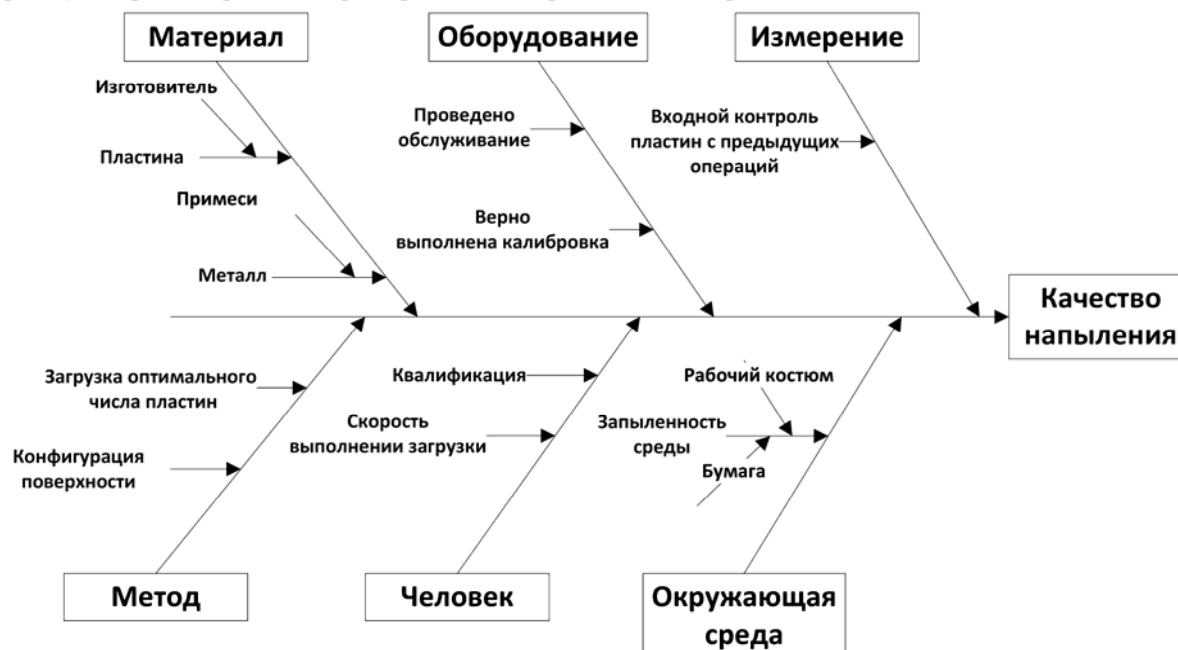


Рис. 1. Пример диаграммы Исикавы

Данный инструмент позволяет наглядно установить наиболее существенные причинно-следственные связи между результатом и влияющими на него факторами и таким образом определить источник проблемы. Тем не менее на реальном производстве использование причинно-следственной диаграммы осложняется рядом факторов. В данной работе приводится анализ данных факторов и предлагается способ уменьшения их влияния.

Негативные факторы и уменьшение их влияния. Для анализа возникшей проблемы, в первую очередь о ней нужно своевременно узнать, при этом стоимость решения и локализации данной проблемы растет пропорционально времени, на протяжении которого эта проблема влияет на выходную продукцию.

Если информация о возникающих в ходе технологического процесса проблемах поступает только от оператора, могут возникнуть трудности, связанные с человеческим фактором [6, 7]:

– оператор может просто не заметить, что какое-либо отклонение требует внимания и принятия срочных мер;

– оператор может умолчать о проблеме в силу того, что посчитал ее незначительной в силу своей низкой квалификации либо халатности;

– оператор может сообщить о проблеме вышестоящему сотруднику «между делом», но сообщение в устной форме может остаться незамеченным.

Все это приводит к тому, что нерешенные проблемы продолжают снижать качество продукции, причем на последующих этапах технологического маршрута они могут создать дополнительные, новые трудности, которые, в свою очередь, тоже могут остаться незамеченными. В результате, когда отклонения от нормы становятся критическими и требуют срочного решения, распутать весь этот «клубок» представляется довольно нетривиальной задачей, причем она потребует гораздо больше времени, чем решение исходной проблемы. А потеря времени всегда ведет к прямым убыткам для производства.

Для непосредственного решения исходной проблемы с помощью диаграммы Исикавы необходимо исключить негативное влияние человеческого фактора из процесса локализации отклонений в ходе технологического процесса.

Важнейшая роль при этом отводится информационной системе, основные функции которой для причинно-следственного анализа следующие:

1. Сбор статистики о результатах прохождения пластины по маршруту. Результаты всегда видны на главном экране сотрудника, ответственного за качество продукции, в виде таблиц или диаграмм. Там он может увидеть, когда начался спад процента выхода годных пластин, после чего последует детальный разбор процессов, проводившихся в это время.

2. Мгновенное оповещение о результатах постоперационного контроля заинтересованных лиц. Это гарантирует, что любое отклонение результата не останется незамеченным, а также поможет точнее и быстрее локализовать проблему.

3. Предоставление доступа к соответствующей информации только уполномоченным лицам [8].

При обнаружении проблемы все последующие производственные процессы приостанавливаются. Затем проводится мозговой штурм с использованием диаграммы Исикавы с использованием возможности информационной системы для централизованного хранения информации о предшествующих прохождениях пластин по маршруту, параметрах проведения различных технологических процессов и влиянии данных параметров на выход годных пластин.

После мозгового штурма применяются выработанные корректирующие и предупреждающие действия, выполнение производственных процессов возобновляется с соответствующими корректировками.

Практическое применение диаграммы Исикавы. Для успешной локализации проблемы необходимо иметь информационную базу с накопленными производственными данными. На данный момент в Научно-образовательном центре (НОЦ) «Нанотехнологии» ТУСУРа сбор подобной информации ведется с помощью обработки сопроводительных листов, зачастую общих для нескольких изделий. Общий вид такого листа представлен на рис. 2.

В настоящее время с помощью сопроводительных листов можно собрать общую информацию (дата выполнения, некоторые примечания) по каждой операции для всех изделий в партии, которая используется для анализа времени производства, но в ней отсутствует детальная информация, которая определяет качество каждого изделия. Для статистического анализа такая информация требует дополнительной обработки и ввода в программы статистических расчетов.

СОПРОВОДИТЕЛЬНЫЙ ЛИСТ №324

«...» 2013г.

(Заполнение всех граф обязательно)

Название прибора	Производитель структуры	Эпиэл
	Номер структуры	1)
	GXG-37-2347	2)
		3)
		4)
		5)
	Диаметр пластины	4"

№ п/п	Наименование Операции	Материалы	Режимы	Дата, время начала и окончания	Подпись	Примечания (Указывать если были переделки операций)
1	2	3	4	8	9	10
1.	Обработка перед фотолитографией	ДМФ ИПС	30°C/-24' с ультразвуком 8' с ультразвуком 2' 1'	21.07	Кост	Обрабатывать при необходимости очистки 045, 30
2.	Фотолитография	нанесение	K1105-2000_4"	22.07	Кост	073, 3/25 078, 038
3.		экспонирование	4 сек			
4.		проявление	K1805_4"			
5.	Контроль вн. вида	микроскоп	x100, x500			
6.	Д. проявление	O ₂	рецепт №6			
7.	Удаление окисла	НСI:H ₂ O=1:11 ДИ вода	1' 2'			
8.	Травление мезы	H ₂ PO ₄ :H ₂ O= 4:70 ДИ вода сушка	100+130nm (одностороннее) 140+160nm (двухстороннее) 2' 1'	26.07	Взв	
9.	Удаление фоторезиста	ДМФ ИПС ДИ вода сушка	30°C/-20' с ультразвуком 5' с ультразвуком 2' 1'	29.07 1.69	Кост Кост	10-13:30 073078

Рис. 2. Пример сопроводительного листа

Поэтому следующим шагом, который позволит сделать использование диаграммы более эффективным, является внедрение ее в комплексе с информационной системой управления производственными процессами, что позволит получать необходимую информацию в более короткие сроки.

Заключение. Несмотря на то, что действие закона Мура в его привычном виде заканчивается, в полупроводниковом производстве по сей день наблюдается закономерный рост количества технологических операций, по которым проходит пластина, рост их сложности, уменьшение топологических размеров, что, в свою очередь, приводит к ужесточению требований качества для этих операций. Так как на качество изделия влияет все большее и большее количество факторов, со временем становится все сложнее их учитывать [9, 10]. Анализ практического применения в НОЦ «Нанотехнологии» показал, что использование диаграммы Исикавы для повышения качества продукции затрудняется рядом факторов. Поэтому использование причинно-следственной диаграммы в комплексе с информационной системой управления позволит повысить эффективность применения этого статистического инструмента и, следовательно, добиться большего повышения качества продукции на современном полупроводниковом производстве.

Работа выполнена в рамках реализации гранта Президента РФ № МК-2474.2013.8.

Литература

1. Ishikawa K. Introduction to Quality Control: 3rd ed. / K. Ishikawa, J.H. Loftus. – Tokyo: 3A Corp., 1990. – 435 p.
2. Стукач О.В. Программный комплекс Statistica в решении задач управления качеством: учеб. пособие для высш. учеб. завед. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 163 с.
3. Кумэ Х. Статистические методы повышения качества: пер. с англ. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 304 с.
4. Матвеев В.В. Подход к разработке архитектуры информационной системы управления производственными процессами / В.В. Матвеев, К.А. Нечаев, Д.Д. Зыков // Приволжский научный вестник. – 2012. – № 10(14). – С. 12–16.

5. Савчук М.В. Подходы к внедрению ERP-систем на крупных предприятиях / М.В. Савчук, Р.В. Мещеряков // Бизнес-информатика. – 2011. – № 2(16). – С.63–67.
6. Зыков Д.Д. Проблема информационной безопасности производства нанoeлектроники / Д.Д. Зыков, Р.В. Мещеряков, С.С. Бондарчук // Доклады ТУСУРа. – 2010. – № 1(21), ч. 1. – С. 93–94.
7. Мельников М.И. Модуль взаимодействия с мобильным персоналом / М.И. Мельников, М.О. Некрылова, Д.Д. Зыков // Доклады ТУСУРа. – 2010. – № 1(21), ч. 1. – С. 168–169.
8. Миронова В.Г. Анализ этапов предпроектного обследования информационной системы персональных данных / В.Г. Миронова, А.А. Шелупанов // Вестник СибГАУ им. М.Ф. Решетнева. – 2011. – № 2(35). – С. 45–48.
9. Мицель А.А. Автоматизированная система поиска, анализа и обработки защищенной информации / А.А. Мицель, Е.М. Давыдова, А.Ю. Исхаков // Информатика и системы управления. – 2012. – № 1 (31). – С. 35–48.
10. Сунцов С.Б. Исследование влияния угла изгиба и сглаживания печатного проводника электронного модуля на его надежность (долговечность) / С.Б. Сунцов, В.М. Карaban, М.П. Сухоруков, Е.А. Морозов // Изв. вузов. Физика. – 2012. – Т. 55, № 7/2. – С.124–129.

Зыков Дмитрий Дмитриевич

Канд. техн. наук, заместитель директора Научно-образовательного центра «Нанотехнологии»,
доцент каф. комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем ТУСУРа,
доцент Томского политехнического университета (ТПУ)
Тел.: (382-2) 41-34-26
Эл. почта: zdd@keva.tusur.ru

Матвеев Валерий Валерьевич

Магистрант ТУСУРа
Тел.: 8-961-890-40-10
Эл. почта: akai.no.ishi@gmail.com

Нечаев Кирилл Алексеевич

Аспирант ТПУ
Тел.: 8-909-540-55-40
Эл. почта: akadelphe@gmail.com

Карaban Вадим Михайлович

Канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотрудник, зав. лаб. теплового и механического анализа и синтеза
НИИ космических технологий ТУСУРа
Тел.: +7-913-872-45-21
Эл. почта: karaban_vm@mail.ru

Zykov D.D., Matveev V.V., Nechaev K.A., Karaban V.M.

Product quality improvement by using the cause-and-effect diagram in complex with information system of semiconductor production control

We propose a method of increasing the efficiency of production by improving the quality of the products, which is based on reducing the impact of human factors by implementing statistical quality tools. Ishikawa diagram is considered and the need for its use in complex with the information system of semiconductor production control
Keywords: production quality, control system, semiconductor manufacturing, Ishikawa diagram.