

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИАГРАММЫ ПАРЕТО ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

А. В. АВЕРЬЯНОВ, Т. И. БЕЛАЯ, О. Е. МОЛЧАНОВ

Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского, 197198, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: Aver957@mail.ru

Рассматривается подход к решению задачи обеспечения качества функционирования (повышения надежности) полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Сущность подхода заключается в использовании диаграммы Парето, наглядно показывающей зависимость отказов интегральных микросхем от вида дефекта. Определены основные виды дефектов, приводящих к большинству отказов полупроводниковых приборов.

Ключевые слова: анализ Парето, диаграмма Парето, качество функционирования, отказ, надежность, интегральная микросхема

Известно, что проблемы качества оборачиваются потерями в производстве продукции (дефектные изделия и затраты, связанные с их производством). Для преодоления этих проблем чрезвычайно важно выяснить картину распределения потерь. Большинство из них N будет обусловлено незначительным числом n видов дефектов, вызванных небольшим количеством причин. Таким образом, выяснив причины появления немногочисленных существенно важных дефектов n , можно устранить почти все потери, сосредоточив усилия на ликвидации именно этих причин и отложив на некоторое время рассмотрение причин, приводящих к остальным многочисленным несущественным дефектам m , вызывающим меньшую часть потерь (дефектных изделий) M (рис. 1).

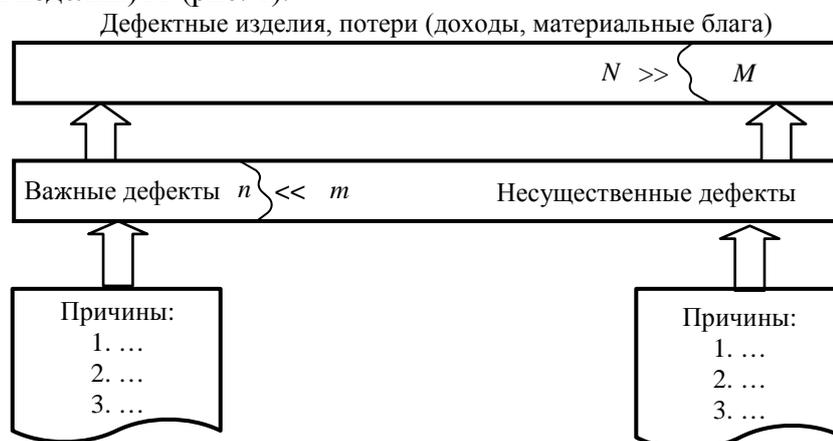


Рис. 1

Такого рода задачи успешно решаются с помощью диаграммы Парето. В 1897 г. итальянский экономист и социолог Вильфредо Парето выявил эмпирическое правило, показывающее, что материальные блага между людьми распределяются неравномерно. В наиболее общем виде оно формулируется так: „20 % усилий дают 80 % результата, а остальные 80 % усилий — лишь 20 % результата“. По сути, принцип Парето отражает неравномерность распределения причин и следствий в природе.

Идею этого принципа доктор Дж. М. Джуран (Juran J. M.) изложил в первом издании своего справочника по качеству в 1951 г. и применил этот подход в сфере контроля качества для классификации проблем качества на немногочисленные существенно важные и много-

численные несущественные [1]. Впоследствии он назвал этот метод анализом Парето. Джураном было отмечено, что в большинстве случаев подавляющее число дефектов и связанных с ними потерь возникают из-за относительно небольшого числа причин. Анализ Парето относится к статистическим методам повышения качества. Основу анализа составляет построение диаграммы — метод определения немногочисленных, но существенно важных факторов, который применим практически в любых областях деятельности. Японский союз ученых и инженеров в 1979 г. включил диаграмму Парето в состав методов контроля качества.

Диаграмма Парето позволяет выявлять проблемы, подлежащие первоочередному решению, устанавливать основные факторы, с которых нужно начинать действовать, и распределять усилия с целью эффективного преодоления этих проблем.

При построении диаграммы (кривой Парето) выполняются следующие основные действия (этапы) [2]:

- 1) определяется проблема, которую необходимо решить;
- 2) учитываются все факторы (признаки), относящиеся к решаемой проблеме;
- 3) выявляются первопричины, которые создают наибольшие трудности, собираются по ним данные и ранжируются;

4) строится диаграмма Парето, которая в понятной и наглядной форме объективно представляет фактическое положение дел (рис. 2, цифры — исследуемые факторы (номера изделий): 1—5 — факторы, представляющие интерес; 6 — прочие факторы; Q — количественная мера фактора (затраты на изготовление); R — относительная (процентная) мера фактора (затраты на изготовление));

- 5) проводится анализ диаграммы Парето.

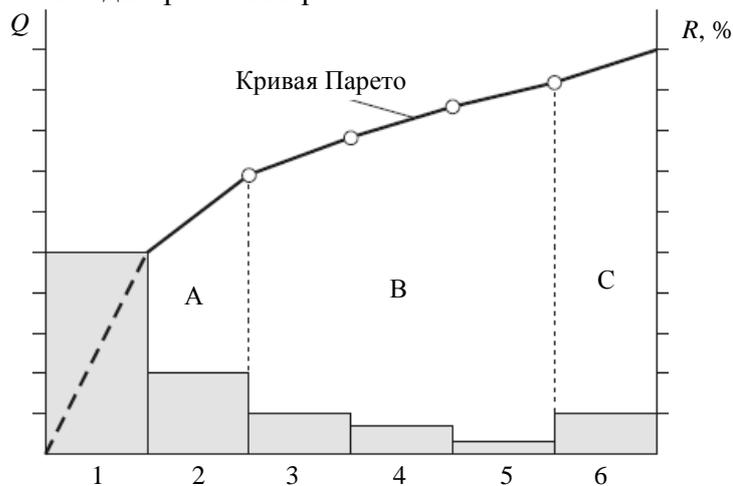


Рис. 2

На рис. 2 все исследуемые факторы разбиты на три группы: А, В и С. Группу А составляют факторы, требующие около 70 % общих затрат на изготовление, группу В — требующие 20 % затрат. Факторы 6 определяют около 10 % затрат на изготовление, эту группу составляет совокупность факторов, числовой результат по каждому из которых меньше самого малого значения, полученного для фактора из группы В.

Использование полупроводниковых приборов и интегральных микросхем (ИМС) в радиоэлектронной аппаратуре связано с преодолением существенных трудностей. Одной из основных является обеспечение высокой надежности их функционирования в аппаратуре. Для успешного решения такой задачи необходимы исследования в области физико-химических процессов, обуславливающих изменение физических и электрических параметров полупроводниковых материалов и ИМС.

Построим диаграмму Парето, отражающую зависимость отказов ИМС от видов дефектов. В качестве исходных статистических данных воспользуемся столбиковой диаграммой

[3], показывающей распределение отказов ИМС по причинам (факторам), их вызывающим (рис. 3). Эта диаграмма является реализацией этапов 1—3, определяющих методику построения диаграммы Парето; столбцы расположены в порядке убывания (уменьшения зависимости фактора) в распределении отказов ИМС.

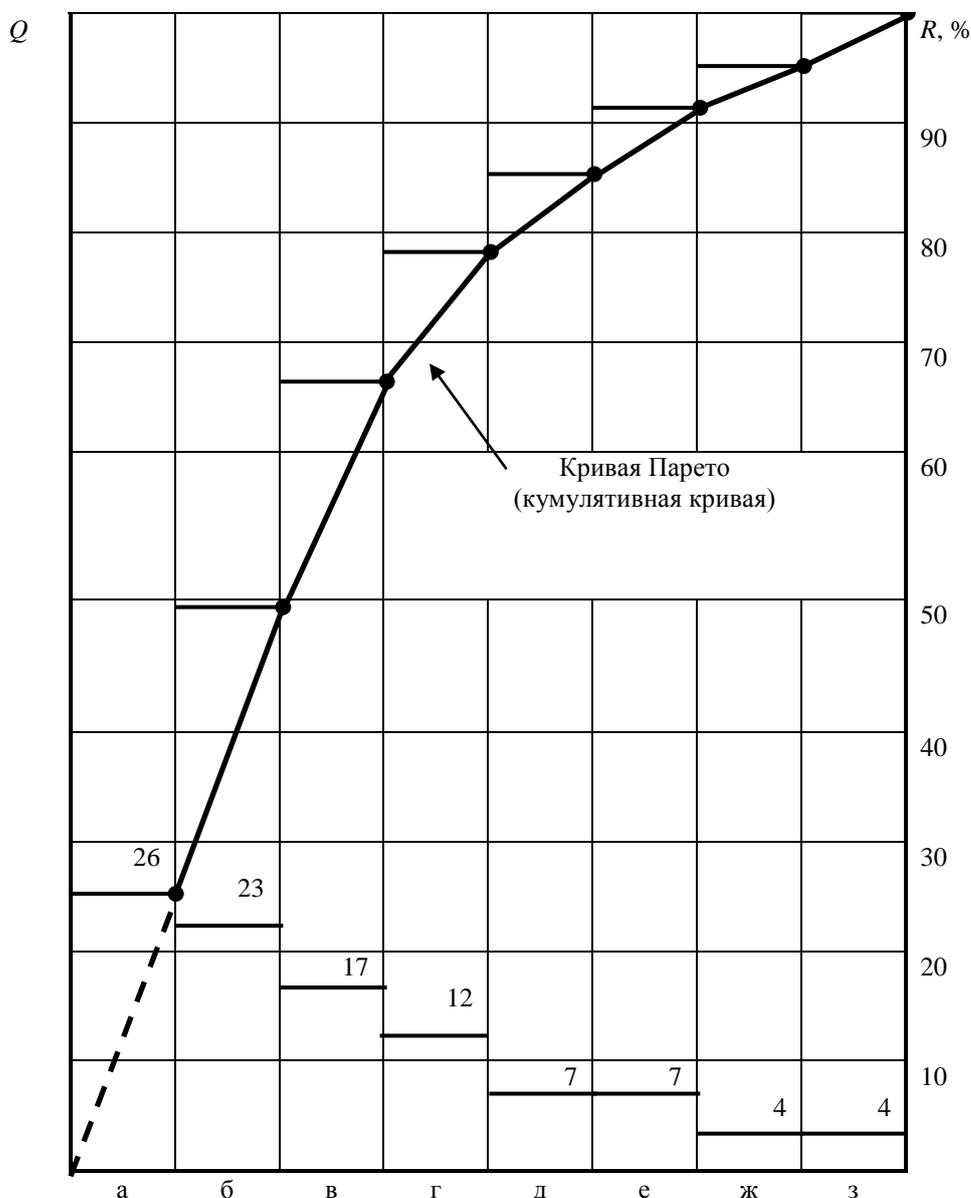


Рис. 3

На рис. 3 представлена кумулятивная кривая (кривая Парето) — ломаная, соединяющая точки накопленных сумм (процентов). Точки ставятся над соответствующими столбцами столбиковой диаграммы (а — металлизация; б — внутренние выводы; в — дефекты сборки в корпусе; г — электрические дефекты; д — поверхностные нарушения; е — несовмещение; ж — дефекты окисла; з — негерметичность).

Построенная диаграмма Парето позволяет провести анализ (5-й этап) основных причин, вызывающих отказы ИМС. Видно, что подавляющее число отказов происходит из-за дефектов металлизации и внутренних выводов контактов, а также из-за дефектов сборки полупроводникового прибора в корпусе, связанных с погрешностями посадки кристаллов и разварки внутренних выводов, а также из-за изменения электрических характеристик полупроводниковой структуры. Следует отметить, что в настоящее время в среднем площадь металлизации достигает 50 % площади поверхности кристалла микросхемы и по мере увеличения степени

интеграции увеличивается. Указанные факторы являются причиной выхода из строя 78 % всех отказавших ИМС. Данное обстоятельство указывает на необходимость подробного исследования причин, вызывающих перечисленные четыре вида отказов, приводящих к подавляющему количеству потерь ИМС.

Вышеизложенное позволяет сделать следующие выводы.

1. Устранение в процессе проектирования, производства и эксплуатации ИМС факторов, приводящих к дефектам металлизации и к дефектам внутренних межэлементных соединений и контактов, приведет к двукратному сокращению количества отказов ИМС.

2. Представленные статистические данные по распределению отказов полупроводниковых приборов и ИМС не подтверждают справедливость принципа Парето. Для рассмотренной диаграммы справедливо соотношение 25/50, т.е. „25 % причин дают 50 % отказов“.

3. Следующим шагом в решении задачи обеспечения качества функционирования ИМС является построение причинно-следственных диаграмм (диаграмм Исикавы) [4], позволяющих найти отношение между дефектами металлизации и дефектами внутренних выводов и контактов и вызывающими их причинами. Это позволит, в конечном итоге, выявить истинные причины появления около половины отказов ИМС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Juran J. M.* Product quality-a prescription for West // Management Review. 1981. June. P. 9—10.
2. *Аверьянов А. В., Белозёров В. А., Горичев Ю. В., Осипов Н. А.* Надежность систем космических комплексов: Руководство к практическим и лабораторным занятиям. СПб: ВКА им. А. Ф. Можайского, 2006. С. 58—76.
3. *Чернышев А. А.* Основы надежности полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. М.: Радио и связь, 1988. 256 с.
4. Статистические методы повышения качества / Пер. с англ.; под ред. *Х. Кумэ*. М.: Финансы и статистика, 1990. 304 с.

Сведения об авторах

- Алексей Васильевич Аверьянов** — канд. техн. наук, доцент; ВКА им. А. Ф. Можайского, кафедра информационно-вычислительных систем и сетей; E-mail: Aver957@mail.ru
- Татьяна Иоанновна Белая** — канд. техн. наук; ВКА им. А. Ф. Можайского, кафедра информационно-вычислительных систем и сетей; E-mail: studentszip@yandex.ru
- Олег Евграфович Молчанов** — канд. техн. наук, доцент; ВКА им. А. Ф. Можайского, кафедра информационно-вычислительных систем и сетей; E-mail: moevik5001@yandex.ru

Рекомендована кафедрой
информационно-вычислительных
систем и сетей

Поступила в редакцию
18.03.16 г.

Ссылка для цитирования: *Аверьянов А. В., Белая Т. И., Молчанов О. Е.* Использование диаграммы Парето для обеспечения качества функционирования интегральных микросхем // Изв. вузов. Приборостроение. 2016. Т. 59, № 7. С. 558—562.

USE OF PARETO DIAGRAM FOR ENSURING QUALITY OF INTEGRATED CIRCUIT FUNCTIONING

A. V. Averyanov, T. I. Belaya, O. E. Molchanov

*A. F. Mozhaysky Military Space Academy, 197198, St. Petersburg, Russia
E-mail: Aver957@mail.ru*

An approach to the problem of ensuring quality of semiconductor devices and integrated circuits (IMS) functioning is proposed. The approach is based on application of Pareto chart demonstrating dependence of an IMS failure on the type of its defect. The main types of defects causing the major part of IMS failures are defined.

Keywords: Pareto analysis, Pareto diagram, operation quality, failure, reliability, integrated circuit

Data on authors

- Aleksey A. Averyanov** — PhD, Associate Professor; A. F. Mozhaysky Military Space Academy, Department of Information Computational Systems and Networks;
E-mail: Aver957@mail.ru
- Tatiana I. Belaya** — PhD; A. F. Mozhaysky Military Space Academy, Department of Information Computational Systems and Networks;
E-mail: studentszip@yandex.ru
- Oleg E. Molchanov** — PhD, Associate Professor; A. F. Mozhaysky Military Space Academy, Department of Information Computational Systems and Networks;
E-mail: moevik5001@yandex.ru

For citation: *Averyanov A. V., Belaya T. I., Molchanov O. E.* Use of Pareto diagram for ensuring quality of integrated circuit functioning // *Izv. vuzov. Priborostroenie*. 2016. Vol. 59, N 7. P. 558—562 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2016-59-7-558-562