

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИХ ПРОИЗВОДСТВА

© 2016 г. Г.А. МУСТАФАЕВ, Д.Г. МУСТАФАЕВА, М.Г. МУСТАФАЕВ

Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет), г. Владикавказ

Анализ технологических процессов изготовления интегральных элементов (ИЭ) показывает, что они проводятся при широком диапазоне температур, а также при различных давлениях. Это обусловлено необходимостью проведения с исходными материалами различных физических и химических процессов, обеспечения требуемых технических характеристик ИЭ [1-3]. Повышенные требования к надежности современной радиоэлектронной аппаратуры вызывают необходимость решения задач по обеспечению надежности ИЭ с начала разработки – выбора исходных материалов, структуры, конструкции, принципов построения технологического процесса. Работы по обеспечению надежности проводятся на всех стадиях изготовления, финишного контроля, испытаний и статистического анализа результатов эксплуатации. Конструкция ИЭ и использование групповых методов обработки определяют необходимость особого подхода к проектированию процессов их изготовления. Основные особенности такого подхода следующие:

- неразрывность конструкции изделия и технологического процесса их изготовления;
- взаимная корреляция параметров интегральной электроники;
- учет взаимосвязи технологических потерь с отказами при эксплуатации, определяющих качество и надежность изделий.

Для учета конструктивно-технологических особенностей изделий решают задачи:

- определение допусков на параметры физической структуры изделий, на геометрические размеры элементов;
- оптимизация размеров элементов и изделия по показателям эффективности производственного процесса;
- оптимизация параметров режимов технологических операций и технологического процесса в целом;
- определение влияния на параметры изделия эксплуатационных факторов;
- возможность управления технологическими операциями.

Надежность ИЭ обеспечивается правильным выбором отработанной конструкции и организацией технологического процесса. Организация производства ИЭ – последовательность технологических и контрольных операций над исходной входной структурой, приводящая к созданию требуемой выходной структуры ИЭ, обладающей эксплуатационными характеристиками, лежащими в заданных диапазонах. В процессе обработки структуры на параметры каждой технологической операции, а также на входные, выходные и параметры структуры накладываются технологические ограничения или допуски, определяющие вероятность попадания рабочих характеристик ИЭ в заданные диапазоны. Допуски на входные и выходные параметры структуры до и после каждой технологической операции определяются на контрольных операциях. Для реализации принципа соответствия фактических параметров требуемым допуски должны быть установлены на основные параметры используемых в процессе изготов-

ления кристаллов материалов, реагентов, энергоносителей, производственных сред и помещений. Отсутствие технологических допусков на определенную группу параметров делает технологический процесс производства ИЭ неконтролируемым и зависимым от субъективных причин – опыта и добросовестности технологов и операторов, и случайных причин – источников сырья и других факторов. Основные операции технологических процессов производства ИЭ осуществляются на основе групповой технологии, когда одновременно обрабатываются элементы на пластине, на нескольких пластинах, объединенных в партию, или на пластинах нескольких партий. Для групповых операций обобщающим показателем качества их проведения является распределение значений электрических параметров или оценки по внешнему виду у всех одновременно обрабатываемых элементов на пластинах в партии. Изменения в состоянии операции будут отражаться на свойствах этого распределения, в частности, на значениях его числовых характеристик, таких как математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение или рассеяние. Этими же параметрами можно охарактеризовать и прохождение партий после отдельных операций. Пространство приемлемого качества, представляет собой диапазон распределения, лежащий в рамках выборки, используемой для оценки надежности. Ширина и положение кривой распределения оценивается величинами: положение средней величины распределения, математическое ожидание, характеристика отклонения распределения от математического ожидания. Связь характеристик распределения с характеристиками процессов устанавливается при помощи коэффициентов возможностей производства. Величина индекса воспроизводимости процесса характеризует отношение величины допуска или величины рассеяния, допускаемого в производственном процессе к диапазону, в который при нормальном распределении укладывается все величины. На стадии производства стремятся достичь оптимального уровня выхода годных ИЭ. Определение этого уровня позволяет наметить пути дальнейшего совершенствования производства. Наряду с этим определяют достижимый уровень при существующих технологических методах, который указывает на возможный резерв повышения выхода годных ИЭ без разработки новых технологических решений. Забракованное на технологической операции изделие классифицируется как отказ по параметрам, который характеризует надежность технологического процесса. По функциональным признакам отказ технологического процесса изготовления ИЭ можно классифицировать:

по оборудованию:

– поломки деталей и узлов, разладки механизмов и устройств, нестабильность параметров оборудования;

– появление дефектов и повреждений в оснастке, износ инструмента;

– неисправности контрольно-измерительной аппаратуры и др.;

по организационным:

– недостаточный опыт и квалификация обслуживающего персонала;

– низкий уровень организации технического контроля качества изделий;

– отсутствие необходимых материалов, оснастки, заготовок, запасных частей;

– неритмичность работы и др.;

по техническим причинам:

– низкое качество исходных материалов, их неоднородность;

– недостаточная надежность методов входного, операционного и приемочного контроля изделий и материалов;

– низкая надежность технологического оборудования;

– неправильно выбранные режимы выполнения технологических операций;

– несоответствие помещений.

Оценка надежности технологического процесса по параметрам качества изготавливаемой продукции [4, 5] содержит:

– выбор номенклатуры показателей надежности;

– определение фактических значений показателей;

– сравнение фактических значений с требуемыми или базовыми значениями.

Оценку надежности ИЭ осуществляют в процессе:

- разработки технологических процессов на этапе технологической подготовки производства;
- управлении технологическими процессами;
- определении периодичности профилактики технологического оборудования;
- выборе методов и планов статистического регулирования технологических процессов;
- уточнении требований к качеству материалов и комплектующих изделий;
- выборе и корректировке планов испытаний и технического контроля готовой продукции;
- совершенствовании технологии.

Определение показателей надежности технологического процесса выполняется в период, когда процесс отработан, т.е. обеспечивается воспроизводимость процесса. Надежность технологического процесса производства ИЭ характеризуется такими параметрами, как управляемость технологического процесса, характеризующаяся процентом выхода годных изделий, и стабильность этого процесса. Управляемость и стабильность технологического процесса характеризуют его надежность за данный промежуток времени. Управляемость технологического процесса зависит от точности и воспроизводимости отдельных технологических операций. Для обеспечения воспроизводимости и надежности процесса производства ИЭ разрабатываются документы и положение устанавливающие порядок: а) обучения и аттестации производственного персонала, участвующего в изготовлении и контроле качества ИЭ по всему технологическому процессу; б) проверки производственного оборудования, периодичность проверки; в) проверки выполнения требований, предъявляемых к технологическому процессу, производственным помещениям и рабочим местам (запыленность, влажность, температура, агрессивные среды); г) учета, хранения, обращения конструкторской и технологической документации; д) входного контроля поступающих материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий; е) проведения анализа дефектных ИЭ и осуществления мероприятий по устранению причин их появления; ж) организации анализа и учета технологических потерь в производстве; з) анализа отказов и согласования мероприятий, внедряемых в производство по результатам анализа. Конструкторская и технологическая документация, по которой изготавливают ИЭ, а также все изменения этой документации должны оформляться в соответствии с действующими системами конструкторской и технологической документации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курносое А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. – М.: Высшая школа, 1986, 368с.
2. Мустафаев Г.А., Мустафаев М.Г. Обеспечение качества и надежности пленочных приборных структур // Приборы, 2010, № 10, С.49-53.
3. Мустафаев Г.А., Мустафаев М.Г. Методологические подходы повышения надежности и качества изделий радиоэлектроники // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения, 2013, Т.13, вып.6, С.42-44.
4. ГОСТ 27.003-90 Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности.
5. ГОСТ Р 27.002-2009 Надежность в технике. Термины и определения.