

ДЕФЕКТЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ, ВЫЗВАННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭМИ

А.А. Лисовский, А.А. Константинов, Н.А. Панасюк
 Научные руководители – В.Ф. Алексеев – канд.техн.наук, доцент, Г.А. Пискун – канд.техн.наук, доцент

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Выявление причин неработоспособности полупроводниковых приборов (ППП) связано с необходимостью поиска и устранения дефектов, возникших в процессе производства или эксплуатации. Дефекты ППП при воздействии разрядных импульсов, причины их появления и взаимосвязи представлены на рисунке 1 [1, 2].

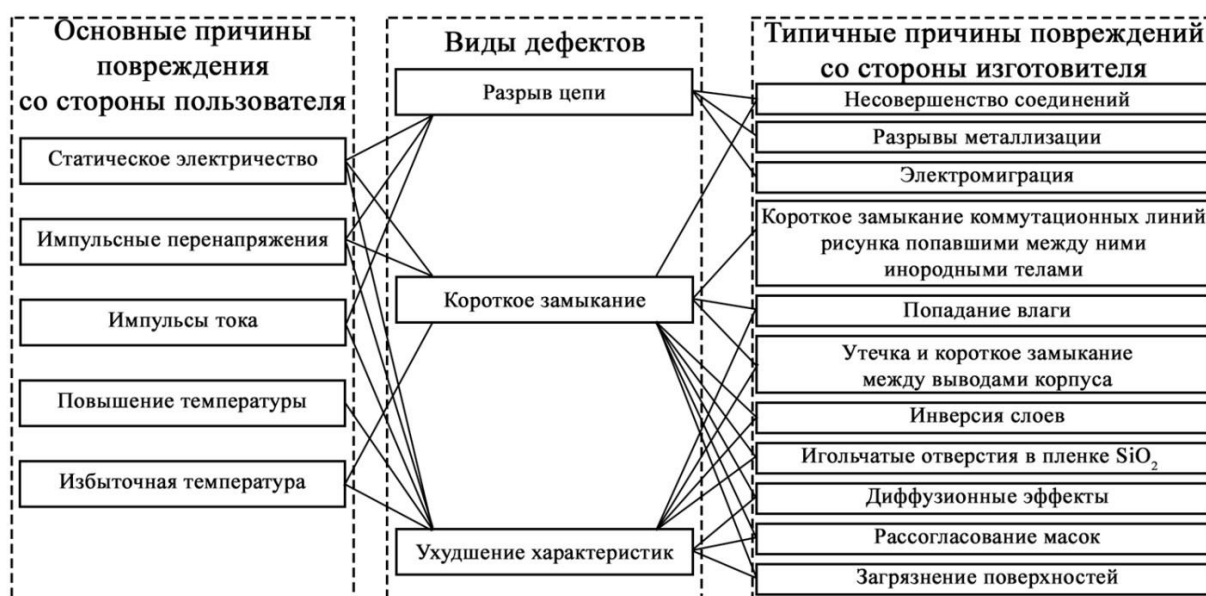


Рисунок 1 – Дефекты полупроводниковых приборов и причины их появления

Большая часть времени, которую затрачивает персонал на определение дефекта, расходуется непосредственно на поиск дефекта. В связи с этим, достаточно важной задачей является систематизация видов и механизмов отказов, которые свойственны изделиям полупроводниковой промышленности при воздействии ЭСР. Данная классификация позволит оптимизировать и с высокой вероятностью выявить потенциально ненадежные сегменты в структуре изделий.

Можно выделить следующие наиболее часто встречаемые виды повреждений ППП, обусловленные воздействием импульсного разряда статического электричества (таблица 1) [2].

Анализ механизмов повреждения необходим, поскольку важно знать причины образования электростатических зарядов в процессе изготовления и применения устройства, а также виды отказов под действием разрядов статического электричества для принятия соответствующих мер защиты. Стоит отметить, что наличие и накопление электростатического заряда на любом изделии не ведет, как правило, к его повреждению или изменению характеристик до тех пор, пока не произойдет электростатический разряд.

Таким образом, актуальным является предупреждение возникновения самого пробоя.

Виды повреждений элементов ППП

Элементы изделия	Виды повреждений импульсами разрядного тока
Внутренний вывод	Разогрев вывода протекающим током
	Искровой разряд между выводом и корпусом
	Электродинамическое взаимодействие токов внутреннего и внешнего вывода
Токоведущие дорожки	Расплавление металлизированных дорожек протекающим разрядным током
Переходы биполярного транзистора	Полный пробой перехода
	Локальный пробой
Затвор МДП структуры	Пробой диэлектрика
Пассивные элементы МК	Перегорание металлизации
	Поверхностный пробой элементов

Если предотвратить повреждение не удалось, то имеет место наличие двух типов повреждений [1–8]:

– катастрофические повреждения, которые обнаруживаются наиболее легко, потому что поврежденное изделие не выполняет своих функций. Данный тип повреждений можно разделить на: отказы под действием мощности или тока, и отказы под действием напряжения, когда им пробивается насквозь диэлектрик или разрушается поверхность кристалла;

– скрытые (параметрические) повреждения затрагивают один и более параметров или вызывают некоторые изменения начальных характеристик, которые могут, тем не менее, не выходить за рамки допустимых отклонений. Обнаружить данные повреждения весьма трудно, так как они проявляются лишь в результате повторяющихся разрядов или в процессе эксплуатации.

По физическому принципу скрытые дефекты, вызванные воздействием ЭСР, можно разделить на три большие группы: дефекты оксида; дефекты металлизации и дефекты, связанные с расплавлением объемных участков кремния, не влияющие на выходные параметры ППП.

В результате анализа работ [1–8] выявлено существование пяти наиболее распространенных и связанных с ЭСР механизмов отказов: тепловой вторичный пробой, расплавление металлизации, явления перегрева и пробоя, а также разрыв окисного слоя.

Библиографический список

1. Кечиев, Л.Н. Защита электронных средств от воздействия статического электричества / Л.Н. Кечиев, Е.Д. Пожидаев. – М.: «Технологии», 2005. – 352 с.
2. The Impact of ESD on Microcontrollers / G. A. Piskun [et al.] ; edited by PhD, Associate professor V. F. Alexeev. – Minsk : Kolorgrad, 2018. – 184 p.
3. Горлов, М.И. Технологические отбраковочные и диагностические испытания полупроводниковых изделий / М.И. Горлов, В.А. Емельянов, Д.Л. Ануфриев. – Минск: Бел.наука, 2006. – 367 с.

4. Алексеев, В. Ф. Численное моделирование тепловых процессов электронных модулей на базе моделей, созданных в Altium Designer и SolidWorks / В.Ф. Алексеев, А.А. Константинов // Danish Scientific Journal. – 2018. – Vol.1, No 19. – Pp. 16–30.
5. Пискун, Г. А. Распределение температуры в токоведущих элементах интегральных схем при воздействии электромагнитного импульса длительностью до 2-х наносекунд / Г. А. Пискун, В. Ф. Алексеев, А. А. Денисов // Электронный депозитарий научных изданий БелИСА. – 2018 . – №Д201805 от 05.01.2018.
6. Моделирование джоулева нагрева в среде COMSOL Multiphysics / В. Ф. Алексеев и др. // Доклады БГУИР. - 2018. - № 7 (117). - С. 90 - 91.
7. Алексеев, В. Ф. Воздействие разрядов статического электричества на полупроводниковые структуры и интегральные схемы / В.Ф. Алексеев, Г.А. Пискун, А.А. Лисовский // Danish Scientific Journal. – 2018. – Vol.1, No 19. – Pp. 31–41.
8. Пискун, Г. А. Способы защиты радиоэлектронных устройств от воздействия электростатических разрядов: обзор современного состояния и перспективы развития в приборостроении / Г. А. Пискун, В. Ф. Алексеев, А. Л. Житников // Стандартизация. – 2017. – № 5. – С. 54 – 59.