

## **МЕХАНИЗМЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР, ВЫЗВАННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭМИ**

А.А. Константинов, Н.А. Панасюк, Н.В. Яненко

Научные руководители – В.Ф. Алексеев – канд.техн.наук, доцент,

Г.А. Пискун – канд.техн.наук, доцент

**Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники**

В результате анализа работ [1–10] выявлено существование пяти наиболее распространенных и связанных с электростатическим разрядом (ЭСР) механизмов отказов: тепловой вторичной пробой, расплавление металлизации, явления перегрева и пробоя, а также разрыв окисного слоя.

Можно предложить следующую классификацию механизмов повреждения изделий полупроводниковой промышленности после воздействия ЭСР (рисунок 1).

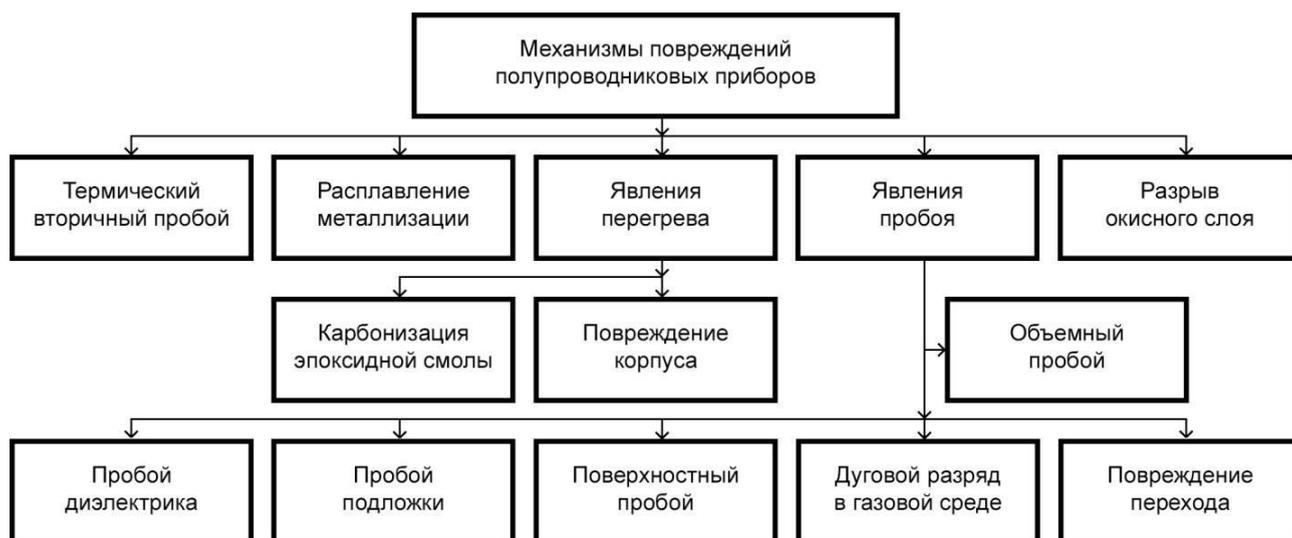


Рисунок 1 – Классификация механизмов повреждений полупроводниковых приборов после воздействия разрядов статического электричества

Такие механизмы повреждений как тепловой вторичный пробой, расплавление металлизации и явления пробоя, в частности пробоя диэлектрика, определяются током (мощностью) разряда, все остальные – напряжением разряда.

На основании проведенного анализа рассмотрим наиболее часто встречаемые механизмы повреждений микросхем с описанием характерных особенностей [1-10].

Тепловой вторичный пробой известен как выгорание (выжигание) перехода. При данном механизме отказа температура на переходе приближается к точке плавления кремния.

Расплавление металлизации происходит, когда ЭСР обладает достаточной мощностью для расплавления металла соединительных дорожек. Это обусловлено тем, что их толщина и ширина настолько малы, поэтому металл расплавляется как у плавких предохранителей под действием повышенного значения тока.

Явления перегрева, а именно карбонизация эпоксидной смолы проявляется в виде темной бесформенной затвердевшей массы материала около или вдоль проводников и переходов. Этому повреждению предшествует повреждение переходов с выделением теплоты. Повреждение корпуса в свою очередь возможно при значительном нагреве. Проявляется в виде трещин, расплавлений, изменения цвета или отсутствия компаунда на корпусе полупроводникового прибора. При этом не обязательно подразумевается отказ компонента.

Объемный пробой, как одна из разновидностей явлений пробоя, возникает в результате изменения параметров перехода, вследствие воздействия высоких температур под влиянием тока разряда, что приводит к быстрой диффузии примесей и замыканию переходов в объеме.

Пробой диэлектрика возникает при превышении значением электрического поля значения поля, связывающего электроны с ядрами атомов. При этом процессе освобожденные электроны формируют внутренний ток, который дает лавинный эффект, разрушающий диэлектрик.

Пробой подложки инициируется высокими температурами и изменениями параметров переходов.

Поверхностный пробой представляет собой механизм отказа, связанный с напряжением разряда, и зависит от целого ряда параметров кристалла изделия, таких, как уровни легирования, нарушения непрерывности (разрыва) и геометрии (структура, размеры). Явление в большинстве случаев закономерно приводит к утечке на переходе.

Газовый дуговой разряд, зависящий от напряжения механизм отказа, вызывает в конечном счете испарение металлических частей кристалла. Дуговой разряд проявляется в устройствах, содержащих близко расположенные электроды, на которое подается напряжение ЭСР.

Повреждение перехода проявляется как дефект окисла. Данное повреждение может быть невидимо. Для обнаружения необходимо исследовать поврежденный кристалл.

Разрыв окисного слоя не может быть обнаружен до тех пор, пока компонент не будет исследован послойным шлифованием.

Наиболее часто встречаются, три механизма отказов: расплавление металлизации на кристалле, разрушение защитного слоя, расплавление объемных участков кремния.

Чаще всего отказ при воздействии ЭСР возникает из-за совместного действия нескольких механизмов повреждения, перечисленных выше.

#### *Библиографический список*

1. The Impact of ESD on Microcontrollers / G. A. Piskun [et al.] ; edited by PhD, Associate professor V. F. Alexeev. – Minsk : Kolorgrad, 2018. – 184 p.
2. Кечиев, Л.Н. Защита электронных средств от воздействия статического электричества / Л.Н. Кечиев, Е.Д. Пожидаев. – М.: «Технологии», 2005. – 352 с.
3. The Impact of ESD on Microcontrollers / G. A. Piskun [et al.] ; edited by PhD, Associate professor V. F. Alexeev. – Minsk : Kolorgrad, 2018. – 184 p.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Моделирование джоулевого нагрева в среде COMSOL Multiphysics / В. Ф. Алексеев и др. // Доклады БГУИР. - 2018. - № 7 (117). - С. 90 - 91.
8. 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.

9. 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.

10. Пискун, Г. А. Распределение температуры в токоведущих элементах диода Шоттки при воздействии электромагнитного импульса длительностью до 2-х наносекунд / Г. А. Пискун, В. Ф. Алексеев, А. А. Денисов // Электронный депозитарий научных изданий БелИСА. – 2018 . – №Д201804 от 05.01.2018.