

## **ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОАКТИВАЦИОННОГО ПРОБОЯ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ**

Б.С. КОЛОСНИЦЫН, И.А. МАНКЕВИЧ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь  
kafme.bsuir.by*

В работе рассматривается новое направление связанное с механизмами пробоя полупроводниковых приборов. Применение ESD устройств позволяет моделировать физические процессы термоактивационного пробоя биполярных и МОП структур. При этом, благодаря размещению ESD устройства на чипе с изучаемым прибором, появляется возможность задавать максимальные величины напряжений испытания без эффектов образования токовых шнуров.

*Ключевые слова:* полупроводниковые приборы, испытание ESD устройств, токовые шнуры.

Различные сценарии проводимости тока при пробое и нестабильных условиях могут быть реализованы в устройстве с импульсом электростатического разряда (ESD) в зависимости от конструкции устройства и влияний параметров схемы [1,2].

Физический уровень понимания работы полупроводниковой структуры при ESD разряде имеет решающее значение для успешного проектирования. Таким образом, несмотря на различные устройства защиты от ESD разрядов и устройства подключения, возможен единый подход к физическим эффектам во время ESD тактов. Цель этой работы заключается в демонстрации того, что операция с высоким током при ESD разрядах не только подчиняется тем же принципам, но и имеет набор одних и тех же базовых изотермических механизмов проводимости, которые участвуют в физическом ограничении электрической области безопасной работы полупроводникового прибора (SOA) в стандартных устройствах.

ESD защита стала очень авторитетной областью знаний в связи с развитием интегральных схем.

Стратегической задачей развития ESD является реализация возможности интегральных схем выдерживать высокие импульсные.

На уровне проектирования схемы, ESD можно считать внедрением импульсной силовой цепи в цепь питания ИМС. В идеальном случае, внедрение ESD не должно мешать нормальной работе схемы.

Типичные ESD устройства по существу являются импульсными устройствами питания с некоторыми настраиваемыми компонентами, для работы во время пробоя.

Проблема проектирования ESD устройства заключена в нескольких задачах: обеспечение надлежащего баланса энергии внутри устройства, правильности выбора баланса тока на уровне устройства подключения, получении надлежащего общего уровня тока, и, наконец, предоставлении величин напряжения и импульса тока срабатывания для защиты контакта.

Граница токовой неустойчивости при использовании устройств ESD обычно соответствует импульсному ограничению SOA для стандартных устройств.

Практически в большинстве случаев новый полупроводниковый прибор должен быть разработан не только с реверсивным импульсом основного SOA, но и с конкрет-

ными импульсными параметрами границы нестабильности. Кроме того, желательно, чтобы данная цель была достигнута путем применения топологических решений архитектуры устройства.

В правильно разработанных ESD устройствах реальные физические ограничения связаны с рассеянием энергии ESD импульса. В большинстве случаев, нереверсивная SOA ESD устройства сходятся в одну точку из-за низкого контроля объемной горизонтальной модуляции проводимости в условиях высокой инжекции на поверхности или высоким сопротивлением базовых электродов. Физическое ограничение для необратимого SOA ESD устройства является довольно сложной задачей. В большинстве случаев эта задача может сводиться к модуляции проводимости контактных областей и достижения гораздо большей инжекции из металлических электродов, превышающей пределы внутренней металлизации, локализованным нагревом и плавлением за счет тока шнурования.

Внутренний контур ESD устройства конструируется в расчете на значительно более высокое напряжение, чем уровень перенапряжения пределов SOA для стандартных компонентов. Такое напряжение достигается путем реализации меньшего эффекта сцепления с управляющими электродами устройства, для того, чтобы внутренние блоки схемы работали при максимально возможном напряжении срабатывания в то время, когда управляющий электрод работает при низком потенциале.

В связи с быстрым временем нарастания, ESD импульс автоматически обеспечивает условия для чистого электрического включения. Электрический ток нестабильности инициируется в квази-изотермических условиях и направлен на модуляцию проводимости высокого тока. В большинстве случаев, изменением температуры кристаллической решетки можно пренебречь до срабатывания за счет равномерного распределения тока и на короткое время до момента отключения.

После включения, наблюдается значительное тепловыделение. Тем не менее, характеристики тепловыделения значительно отличаются от характеристики при постоянном токе. В связи с тем, что импульс достаточно короткий, тепловыделение наблюдается в достаточно небольшой площади (несколько микрометров) в непосредственной близости от активной области устройства. Рассеяние тепла, а так же электромеханическая нагрузка, пробой диэлектрика, блокирование устойчивых связей и внутренних пределов обеспечивают физическое ограничение работы ESD устройства.

В работе предложены ESD устройства для моделирования эффектов пробоя в p-p плоскостных и n-канальных МОП транзисторах.

#### Список литературы

1. Ker MD, Chang H // Solid-State Electron. 2000. № 44. С. 425–445.
2. Vashchenko VA, Hopper P // J. Reliab. 2005. № 3. С. 457–471.