

УДК 621.315.592

DOI: 10.17223/00213411/64/8/131

WEIGUO ZHU, DEXING LIAN, QINGZHAO ZHANG, CHANGSONG HOU

МЕХАНИЗМ ПОВРЕЖДЕНИЯ И СПОСОБ ЗАЩИТЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ УСТРОЙСТВ ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ *

На основе анализа характеристик электромагнитного излучения рассматриваются механизм и метод защиты полупроводниковых устройств от повреждений ионизирующим излучением. На основании исследований изменения емкости в зависимости от напряжения на затворе сегнетоэлектрического полевого транзистора (FEFET) разработана модель поляризации сегнетоэлектрического слоя. Проанализирован механизм повреждения электрических характеристик такого транзистора ионизирующим излучением с учетом двух аспектов – горизонтального напряжения и дрейфа порогового напряжения. Была реализована конструкция сегнетоэлектрического полевого транзистора с использованием антирадиационного эффекта в схеме FPGA (Field Programmable Gate Arrays). Для защиты электронных устройств от ионизирующего излучения в конструкции применен метод проектирования с трехкратным резервированием, основанный на мгновенном воздействии ионизирующего излучения. Результаты показывают, что дрейф порогового напряжения, вызванный зарядом оксидной ловушки, пропорционален дозе облучения. При этом дрейф порогового напряжения, вызванный зарядом ловушки на границе раздела, пропорционален дозе облучения в случае низкой дозы, а при дозе облучения, превышающей 60 крад (SiO_2), зависимость становится экспоненциальной. В спроектированной схеме FPGA FEFET повторная задержка сигнала отсутствует, что доказывает эффективность защиты от ионизирующего излучения.

Ключевые слова: электрические характеристики, ионизирующее излучение, механизм повреждения, методы защиты.

Введение

Радиационное воздействие на материалы изучается в течение длительного времени. Считается, что высокоэнергетическим лучевым воздействием может быть создано в оксидном теле и на границе раздела большое количество зарядовых оксидных и межфазных ловушек. Эти заряды будут модулировать поверхностный потенциал и влиять на режим движения носителей в близлежащей области [1], вызывая тем самым деградацию электрических параметров полупроводниковых приборов. Была предложена модель для объяснения временной задержки заряда радиационно-индуцированной оксидной ловушки и получено, что заряд ловушки находится в пропорции к дозе облучения. До сих пор существуют споры о связи между плотностью заряда межфазной ловушки и дозой облучения.

После ряда исследований радиационных эффектов в материалах внимание постепенно переключается на другие параметры, помимо электрических параметров устройств. В 1990-х годах изучалась взаимосвязь между шумом полевого МОП-транзистора (металл – оксид – подложка или MOS – Metal (M), Oxide (O), and Substrate (S)) до и после радиационного воздействия [2]. Результаты показывают, что низкочастотный шум может чувствительно отражать различные потенциальные дефекты и их деградацию в полупроводниковых устройствах. Существует положительная корреляция между ухудшением характеристик устройства после облучения и образованием дефектов в оксидном слое. Изучение характеристик радиационных эффектов электронных устройств в основном сосредоточено на двух аспектах – методе, применяемом при исследованиях радиационного повреждения материалов, и методе, использующем внешние параметры устройств. Первый метод непосредственно изучает характер повреждения внутренних материалов устройств [3] в соответствии с особенностями повреждения, а второй основан на исследовании внешних параметров устройства, включая электрические параметры. По изменению внешних параметров в сочетании с внутренним повреждением материала характеризуется деградация устройства.

Основными методами, используемыми для характеристики деградации электронных устройств при воздействии ионизирующего излучения, являются измерение их электрических параметров, радиационный отжиг и множественный регрессионный анализ. Метод измерения электрических параметров предназначен для оценки их изменений до и после радиационной нагрузки, а также для оценки антирадиационных характеристик устройств по абсолютным и относительным величинам этих изменений. При этом общими электрическими параметрами являются коэффициент усиления триода и прямое напряжение диода.

* Работа была поддержана Министерством науки и технологии Китайской Народной Республики [2012YQ180118].

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>