

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ВНЕДРЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО АНИОНА ЭЛЕКТРОЛИТА В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПЛЕНКИ

С.М. Сацук

Для формирования диэлектрика на основе анодных оксидных пленок (АОП), содержащих редкоземельные металлы (РЗМ) с улучшенными эксплуатационными характеристиками необходимо представлять процесс внедрения комплексного аниона электролита, содержащего РЗМ в АОП на алюминии..

В процессе приготовления электролита для формирования АОП на алюминии происходит химическое взаимодействие его компонентов, оксида лантанида и пиррофосфорной кислоты. При добавлении водного раствора аммиака происходит нейтрализация раствора с $pH=1,65$ до $pH=4,0$. Таким образом, получается комплексный анион, содержащий РЗМ. Устойчивость таких комплексных анионов достаточно высока. Однако, согласно принципа химического равновесия происходит диссоциация комплексного аниона, в результате которой в растворе электролита образуются катионы лантанида и водорода, а также анион пиррофосфорной кислоты.

Под влиянием электрического поля происходит адсорбция ионов на аноде, их внедрение на некоторую глубину и ускорение распада комплексного аниона более чем в 10^6 раз, так как поле нарушает симметрию аниона и приводит в конечном счете к разрыву связи РЗМ-лиганд. Глубина внедрения комплексного аниона в оксид незначительна, поскольку его ионный радиус достаточно велик. Внедренные в поверхностный слой ионы вступают во взаимодействие с катионом алюминия и между собой. Все продукты взаимодействия являются слаборастворимыми соединениями, что содействует их закреплению в АОП. При воздействии электрического поля катионы лантанида (внедренные на некоторую глубину в составе комплексного аниона) должны выталкиваться электростатически на поверхность АОП, что хорошо согласуется с экспериментальными исследованиями. Таким образом, предложенная модель, позволяет объяснить такие свойства АОП, содержащих РЗМ как пониженную дефектность, кристалличность и достаточно широкую область однородности указанных АОП.

КОМПАКТНЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИМС С НАНОМЕТРОВЫМИ РАЗМЕРАМИ ЭЛЕМЕНТОВ

А.М. Боровик

Наличие точных, надежных и эффективных компактных моделей имеет решающее значение для успешного применения любого инструмента схемотехнического моделирования. В связи с проявлением новых физических эффектов в результате уменьшения геометрических размеров элементов интегральных микросхем, распространением широкого спектра узкоспециализированных приборных технологий необходимость создания новых и адаптации уже существующих физико-математических моделей становится все более острой и актуальной. Существенным различием компактных моделей является выбор основных переменных, в терминах которых описываются физические процессы в транзисторе. Раньше других появились модели, основанные на понятии порогового напряжения (Level 3, MOS Model 9, BSIM3, BSIM4 и др.). Такой подход позволяет избежать необходимости решения нелинейного уравнения Пуассона, однако порождает трудноразрешимые проблемы при моделировании наноразмерных приборов, а также приборов, предназначенных для аналоговых и радиочастотных цепей. Основными переменными, лежащими в основе современных компактных моделей, являются поверхностный потенциал (PSP 103.3, HiSIM 2.8) и заряд инверсионного слоя (BSIM 6.1, EKV 3). Ключевые преимущества этих моделей связаны с детальным описанием физических процессов в приборе, минимальным числом эмпирических коэффициентов, строгой структуризацией модели и процедуры ее синтеза [1]. Ввиду наличия простого унифицированного интерфейса подключения новых моделей и повышенного уровня

абстракции современные компактные модели реализуются с использованием языка описания аппаратуры Verilog-A.

Литература

1. Денисенко, В. В. Компактные модели МОП-транзисторов для SPICE в микро- и нанoeлектронике / В. В. Денисенко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 408 с.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СРЕДЫ НА РАДИОЭКРАНИРУЮЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ВЛАГОСОДЕРЖАЩЕГО КЕРАМЗИТА

С.Э. Саванович, В.Б. Соколов, М.В. Русакович

Для снижения заметности наземных объектов в радиолокационном диапазоне длин волн применяются радиопоглощающие покрытия (РПП), на которые в процессе их эксплуатации воздействуют климатические факторы, поэтому актуальным является проведение испытаний радиопоглощающих покрытий на воздействие таких факторов.

Для проведения испытаний использовалось РПП (толщина 4 мм) на основе влагосодержащего керамзита с размерами фракций 1...2 мм, в поры которого введен 20% водный раствор хлорида натрия с натриевой солью карбоксиметилцеллюлозы.

Испытания радиопоглощающего покрытия проводили на воздействие пониженной температуры среды в диапазоне $-50...-10^{\circ}\text{C}$, при постепенном ее изменении в течение пяти циклов. Первый цикл испытаний проводился при температуре -10°C , время выдержки для каждого цикла составляло 2 ч, после каждого цикла испытаний выполнялись измерения коэффициентов отражения и передачи электромагнитного излучения (ЭМИ) в диапазоне частот 2...17 ГГц. Испытания РПП проводились в камере тепла и холода в соответствии с ГОСТ 30630.2.1-2013 (метод 203-1). Временная нестабильность поддержания заданной температуры в установившемся режиме составляла $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$, погрешность контроля заданной температуры $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

В результате испытаний установлено, что коэффициенты отражения и передачи ЭМИ РПП при воздействии пониженной температуры среды в диапазоне $-50...-10^{\circ}\text{C}$ снижаются на 2...3 дБ.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИМС С НАНОМЕТРОВЫМИ РАЗМЕРАМИ ЭЛЕМЕНТОВ

В. Р. Стемпицкий, А. М. Боровик

Непрерывное уменьшение геометрических размеров элементов ИМС, применение новых конструктивных решений и материалов при их производстве сопровождается появлением новых физических эффектов, механизмов генерации и транспорта носителей заряда в приборах, изготовленных с нанометровыми проектными нормами, что должно быть учтено в процессе моделирования. Точность модели и эффективность вычислений являются двумя противоположными требованиями, приводящими к иерархии моделей. Существует, однако, общая тенденция предъявлять более жесткие требования к физической обоснованности моделей, которые должны корректно описывать новые физические эффекты, в том числе паразитные эффекты, взаимные влияния между соседними элементами ИМС, обладать достаточной предсказательной способностью и в меньшей степени нуждаться в калибровке при переходе к новым проектным нормам. Важное требование, необходимое в области компьютерного моделирования, состоит в интеграции, причем не только отдельных процессов, технологии, приборов, ИМС, топологии, но также и различных уровней описания. В связи с уменьшением размеров элементов ИМС значительным становится учет статистических параметров, разброса технологических параметров и приборных характеристик на локальном и глобальном уровне. Существует необходимость повышения быстродействия компактных моделей и улучшения сходимости итерационных процессов в инструментах моделирования [1]. Таким образом, актуальна задача создания новых и