

Отзыв

об автореферате диссертации Тягинова Станислава Эдуардовича
*«Моделирование процессов деградации, вызываемых горячими носителями, в
современных кремниевых транзисторах»*,
представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по
специальности 1.3.11 – физика полупроводников

Полевой транзистор может рассматриваться в двух аспектах – как удобный инструмент для изучения различных явлений в физике полупроводников (туннельный эффект, приповерхностное квантование, свойства диэлектрических пленок, динамика горячих электронов) и как базовый элемент интегральной электроники. Автору, судя по реферату, удалось объединить оба эти аспекта, причем он выступает здесь гораздо более как физик, чем как инженер, и предлагает физические, никак не подгоночно-эмпирические модели для описания изменений характеристик транзисторов при их перегрузке в различных режимах.

Такие изменения могут приводить и к параметрической, и к полной потере функциональности прибора. Процессы деградации являются следствием генерации новых ловушек или изменения зарядового состояния уже имевшихся. Соответственно, как подчеркнуто диссертантом, отправной точкой расчета изменений транзисторных характеристик в ходе эксплуатации или испытаний стойкости образца при перегрузке по напряжению должно быть понимание процессов генерации/активации ловушек. В работе был разработан и апробирован такой подход к моделированию основного механизма повреждения современного транзистора, а именно ДВГН – деградации, вызываемой горячими носителями.

Подход Тягинова консолидирует моделирование процессов переноса заряда, расчет скоростей генерации ловушек и характеристик приборов после встраивания дефектов. Апробация модели проведена как для случая миниатюрных транзисторов для цифровых логических СБИС, так и для мощных приборов аналоговой электроники. Использование столь различных приборов в сочетании с широтой диапазона условий испытаний надежности образцов обеспечивают достоверность результатов. Новизна заключается в уникальной структуре модели (в рамках вычислительной процедуры объединён ряд важнейших подзадач общей проблемы деградации из-за наличия горячих носителей) и в выводах о необходимости радикального пересмотра принципов, лежащих в основе моделирования деградации. Так, расчетом показано, что прежние представления о роли одно- и много- частичного процессов создания ловушек, равно как и суждения о температурной зависимости механизма разрушения транзистора при ДВГН должны быть скорректированы.

Замечания

1. Автором подчеркивается практическая значимость разработанной модели при проектировании транзисторов новой архитектуры. Однако непонятно, как эта модель может дойти до конечного пользователя, т.е. инженера или исследователя, работающего в промышленности.
2. Упрощенная версия модели (Глава 6) основана на подходе диффузии-дрейфа. Вообще говоря, этот подход доступен в любом коммерческом симуляторе полупроводниковых приборов, хотя бы в семействах Synopsys, SILVACO или GlobalTCADSolutions. Возможно ли использование упрощенной модели автора в «связке» с одним из этих продуктов?
3. Каковы перспективы имплементации полной версии модели в коммерческие симуляторы полупроводниковых приборов? Понятно, что это зависит не лично от автора, но такая имплементация служила бы показателем востребованности модели.

Приведенные замечания не снижают ее научную значимость работы, напротив отражают заинтересованность в доведении ее результатов до широкого круга пользователей.

Автореферат в полной мере отражает полученные автором результаты, которые им были опубликованы в ведущих журналах, включая международные.

Считаю, что диссертация Тягинова Станислава Эдуардовича полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.11 «физика полупроводников», а ее автор заслуживает присуждения искомой степени.

Доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры микро- и наноэлектроники Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина)

В.А. Мошников

197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 5.

Кафедра Микро- и наноэлектроники

Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина)

тел. +7(921)9874891

e-mail: VAMOSHNIKOV@MAIL.RU

Подпись Мошникова В. А.. удостоверяю

Начальник отдела диссертационных советов, к.э.н.

а Т.Л.