

УДК 621.382.2/3

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ТРЕХМЕРНЫХ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЯЧЕЕК МОЩНОГО ИМПУЛЬСНОГО ТИРИСТОРА ТИ183-2000 В SYNOPSIS TCAD

Горячкин Юрий Викторович

ФГБОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», Российская Федерация, г. Саранск, 430005, Россия, Мордовия, г. Саранск, ул. Богдана Хмельницкого, д. 39

Тел. (834-2) 290668. E-mail: yurygor@newmail.ru

Аннотация. Разработаны модели трехмерных элементарных ячеек основного и вспомогательного тиристоров в Synopsys TCAD для тиристора ТИ183-2000. Разработанные модели пригодны для моделирования переходного процесса включения и процесса распространения включенного состояния в тиристоре.

Ключевые слова: тиристор, модель, элементарная ячейка.

Импульсный тиристор ТИ183-2000 изготавливается с так называемым внутренним усилением включающего импульса управления. Это реализуется путем каскадного соединения вспомогательного маломощного тиристора VS1 с основным мощным тиристором VS2, имеющим обширно разветвленный внутренний управляющий электрод, который обеспечивает достаточно большую площадь начального включения и быстрое ее увеличение в процессе протекания анодного тока. На рисунке 1, а представлена эквивалентная схема такого тиристора. Иное название такого полупроводникового прибора — тиристор с регенеративным управляющим электродом. На рисунке 1, б представлено поперечное сечение тиристора.

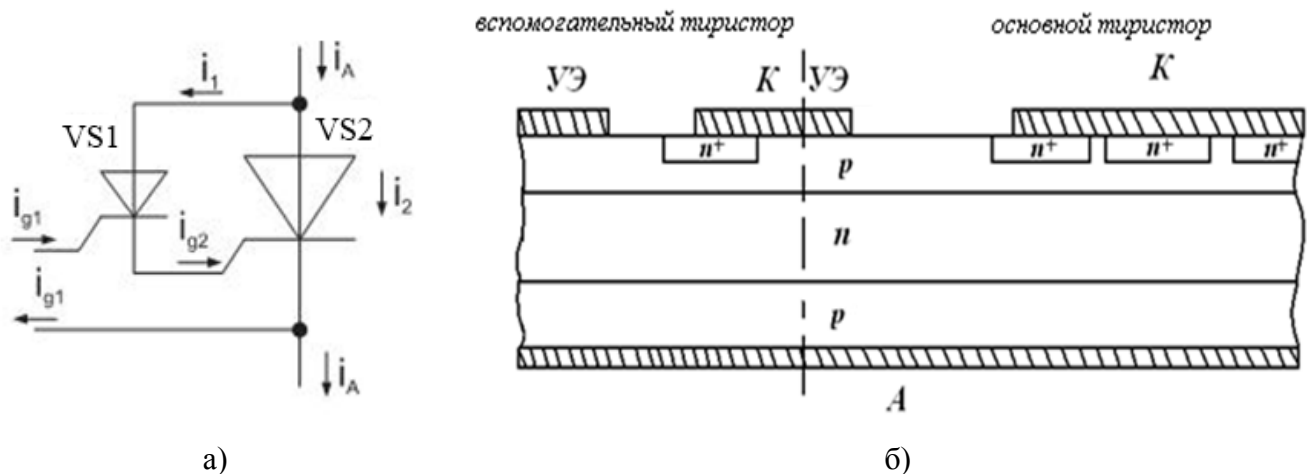
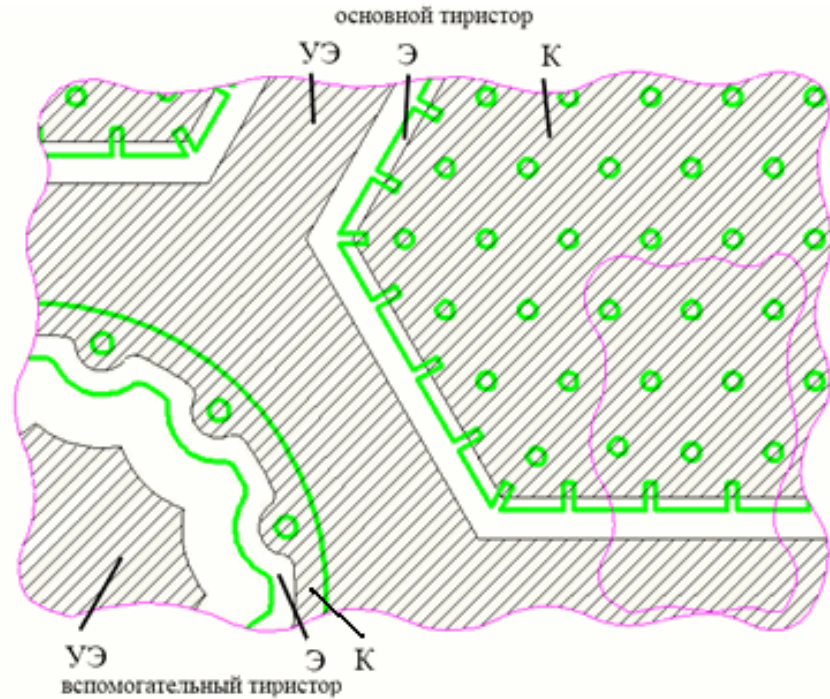


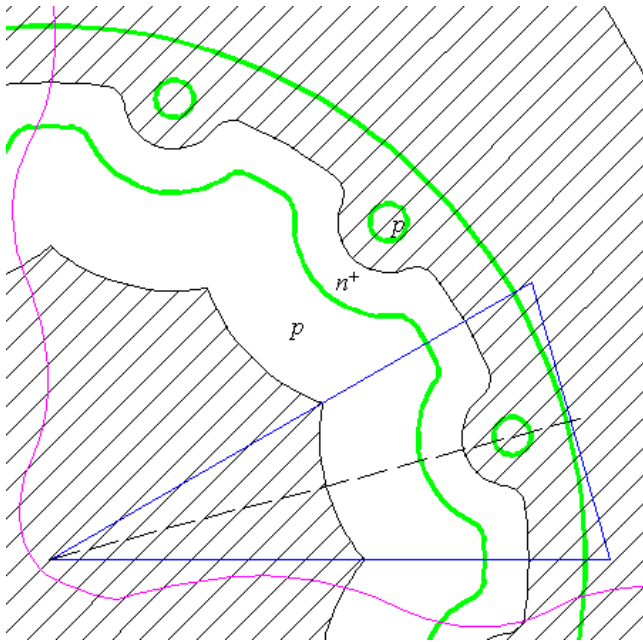
Рисунок 1 — Эквивалентная схема тиристора с регенеративным управляющим электродом и его поперечное сечение

В [1] была разработана двумерная элементарная ячейка основного тиристора цилиндрической формы. Данная ячейка позволяет успешно моделировать ВАХ и переходный процесс выключения тиристора. Однако она непригодна для моделирования переходного процесса включения и тем более процесса распространения включенного состояния в тиристоре, т.к. не содержит управляющего электрода и, соответственно, не учитывает особенности конструкции и периметр управляющего электрода, а также конструкцию и топологию шунтировки катодного эмиттера. Учесть эти особенности позволит только трехмерная модель.

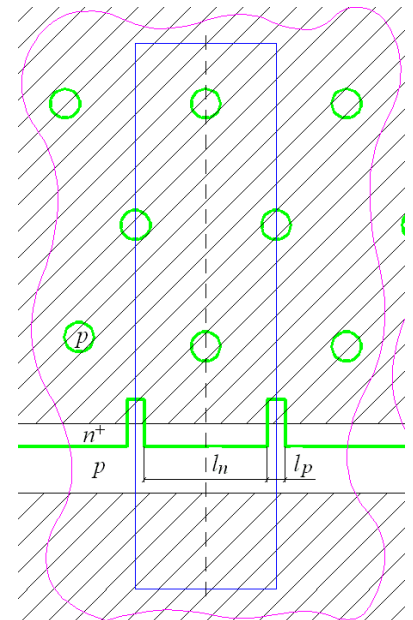
На рисунке 2, а представлен фрагмент топологии тиристора ТИ183-2000. Во вспомогательном тиристоре использованы шунты круглой формы в количестве 12 штук, в основном тиристоре использованы шунты круглой формы в количестве 3000 штук. Конечно, создать модель такого тиристора нереально, а тем более его промоделировать. Однако, как будет показано ниже, в составе основного и вспомогательного тиристоров можно выделить элементарную ячейку, которая будет отражать указанные выше особенности.



а)



б)



в)

Рисунок 2 — Фрагмент топологии тиристора ТИ183-2000 и топология элементарных ячеек вспомогательного и основного тиристора

На рисунке 2, б показан фрагмент топологии вспомогательного тиристора. Поскольку в нем 12 шунтов, в качестве элементарной ячейки этого тиристора можно выделить 1/12 сектора, как показано на рисунке. Данная элементарная ячейка симметрична относительно середины (штриховая линия), поэтому для моделирования можно использовать только её половину.

На рисунке 2, в показан фрагмент топологии основного тиристора. В нем использованы шунты круглой формы, регулярно расположенные по вершинам равносторонних треугольников. Также в тиристоре использованы так называемые «усы». Размер l_n равен 1,05 мм, размер l_p равен 0,15 мм. Поскольку шунты расположены равномерно и их количество 3000 шт, и количество «усов» около 1000 шт, была выбрана элементарная ячейка, включающая 1 «ус» и 3 шунта, ее изображение приведено на рисунке 2, в. Данная элементарная ячейка симметрична относительно середины (штриховая линия), поэтому для моделирования можно использовать только её половину.

Структура элементарных ячеек создавалась с помощью программы MESH CAEP Synopsys TCAD [2]. На рисунке 3, а показана структура элементарной ячейки вспомогательного тиристора, на рисунке 3, б показан фрагмент структуры элементарной ячейки с сеткой. На рисунке 4, а показана структура элементарной ячейки основного тиристора, на рисунке 4, б показан фрагмент структуры элементарной ячейки с сеткой. С целью уменьшения количества элементов сетки круглые шунты были заменены на квадратные с сохранением площади, а также упрощена конструкция катодного эмиттера и металлизации в элементарной ячейке вспомогательного тиристора. Количество элементарных ячеек вспомогательного тиристора составляет 24, – основного 2000.

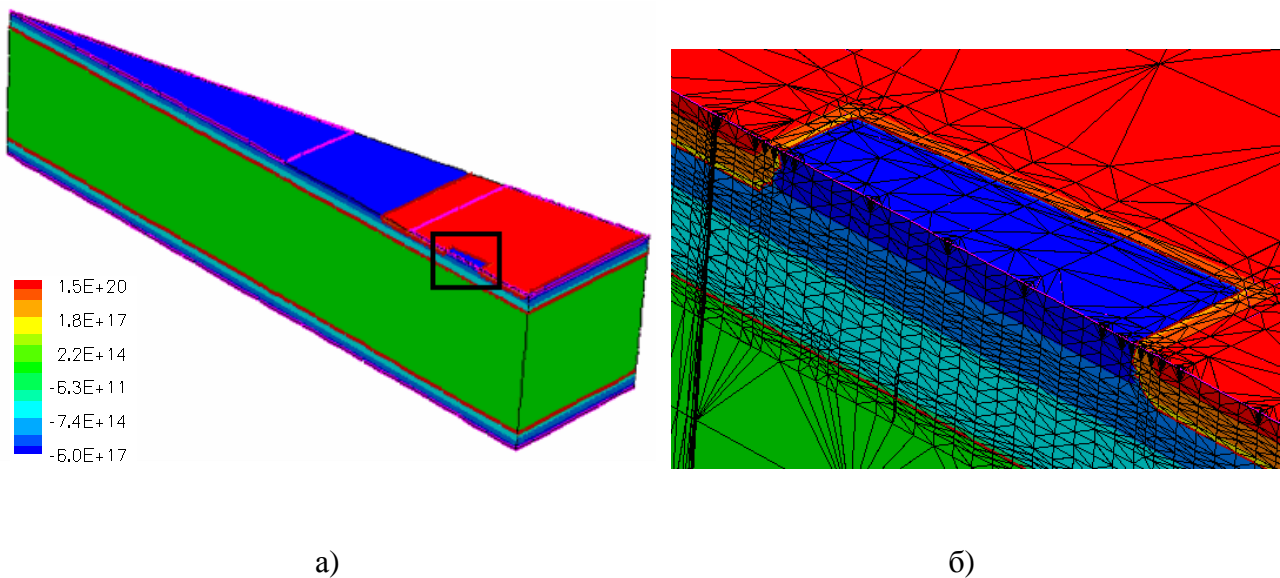


Рисунок 3 — Трехмерная структура элементарной ячейки вспомогательного тиристора

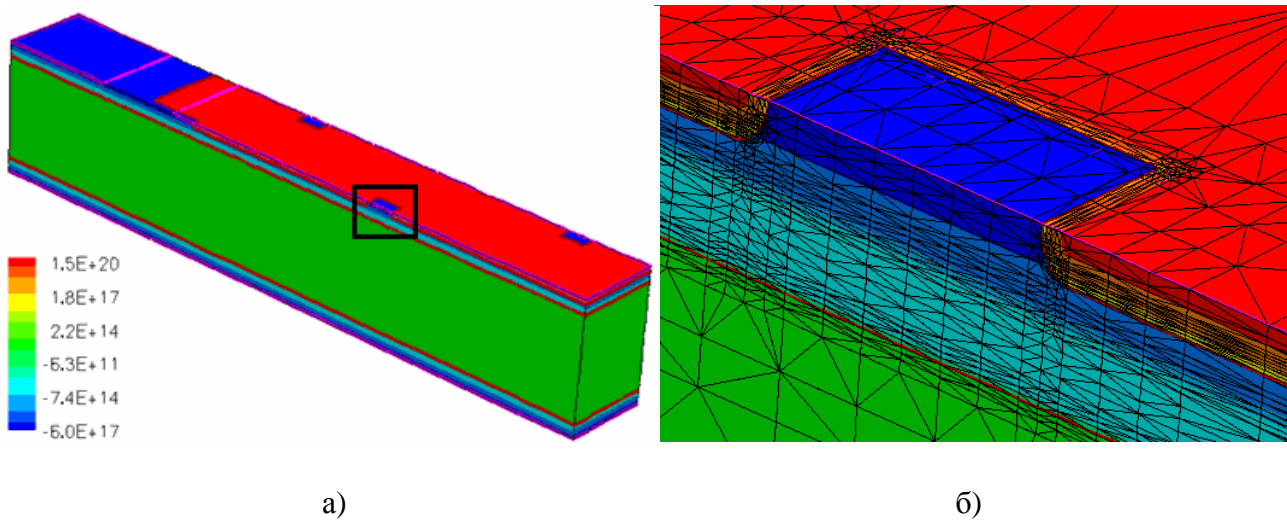


Рисунок 4 — Трехмерная структура элементарной ячейки основного тиристора

Литература

1. Горячкин Ю.В. Моделирование мощного импульсного тиристора ТИ183-2000 в САПР TCAD / Ю.В. Горячкин, Е.С. Калюжная // Электроника и информационные технологии. 2011. Вып. 2 (11). – http://fetmag.mrsu.ru/2011-2/pdf/thyristor_current-voltage_characteristics.pdf – 0421100067/0029.
2. Mesh Generation Tools User Guide. – Synopsys, 2011. – 176 p. [Электронный ресурс] – meshgen_ug.pdf..

DEVELOPMENT OF THREE-DIMENSIONAL MODELS ELEMENTARY CELLS OF POWERFUL PULSE THYRISTOR TI183-2000 IN THE SYNOPSIS TCAD

Goryachkin V. Yury

Phone (834-2) 290668. E-mail: yurygor@newmail.ru

N. P. Ogarev's Mordovian State University, Russian Federation, Saransk city, 68, Bolshevistskaya str., 430005, Saransk, Mordovia, Russia

Annotation. The models of three-dimensional elementary cells of the main and auxiliary thyristors in the Synopsys TCAD for thyristor TI183-2000 are developed. The developed model is suitable for modeling the transition process ON and the inclusion of the spread ON state in the thyristor.

Keywords: thyristor, model, an elementary cell.