

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА С ИЗОЛИРОВАННЫМ ЗАТВОРОМ, СФОРМИРОВАННОГО ПО КНИ-ТЕХНОЛОГИИ

И.Ю. ЛОВШЕНКО, В.Р. СТЕМПИЦКИЙ, И.М. ШЕЛИБАК

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь
nil44@bsuir.by*

Среди современных приборов силовой электроники в настоящее время доминируют два базовых типа: полевые транзисторы и биполярные транзисторы с изолированным затвором (БТИЗ, англ. Isolated Gate Bipolar Transistor, IGBT), а также различные интегрированные структуры на их основе. БТИЗ вследствие своих исключительных функциональных характеристик, сочетающих положительные свойства мощных полевых и биполярных транзисторов, является широко используемым силовым устройством. БТИЗ, изготовленные по технологии «Кремний на изоляторе» (КНИ, англ. Silicon on insulator, SOI), отличаются высоким значением напряжения пробоя, а также совместимостью с КМОП-технологией.

Ключевые слова: биполярный транзистор с изолированным затвором, конструкция, технология изготовления, статические и динамические характеристики, оптимизация.

Многочисленные требования к мощным электронным системам стимулируют исследования новых конструкций, технологий изготовления, материалов структурных элементов таких приборов и топологий. Совершенствование структур БТИЗ направлено на повышение быстродействия, предельных коммутируемых токов и напряжений.

В работах [1-2] проводились исследования зависимости статических и динамических характеристик БТИЗ от различных технологических параметров ее формирования для структуры, представленной на рис. 1 а. Толщина эпитаксиального слоя такой структуры была выбрана равной 141 мкм, а толщина p^+ -коллекторного слоя – 17 мкм, как и в работе [3].

Из всего разнообразия возможных структур БТИЗ на КНИ описанных в литературе [4-6] была выбрана структура, представленная на рис. 1 б. База транзистора представляет собой пленку кремния, расположенную на изоляционном материале. БТИЗ может иметь любую полярность: биполярный транзистор pnp -типа с n -МОП транзистором или биполярный транзистор pnp -типа с p -МОП транзистором. Большая плотность тока в БТИЗ структурах достигается с помощью сформированного n -кармана истока, увеличивающего ток базы биполярного транзистора в БТИЗ. Затворы могут управлять одним или двумя каналами МОП транзисторов. Вертикальные размеры n -типа дрейфовой области увеличены для повышения плотности тока без роста величины падения напряжения на n -дрейфовой области.

Моделирование технологического маршрута формирования и электрических характеристик структуры БТИЗ на КНИ выполнялось с использованием программного комплекса компании SILVACO [7] в соответствии с последними тенденциями производства БТИЗ на КНИ [8-9].

Толщина подзатворного диэлектрика h_{ox} варьировалась в пределах от 30 до 70 нм. Как показали результаты моделирования, толщина подзатворного диэлектрика оказывает существенное влияние на электрические характеристики БТИЗ на КНИ. При этом время включения для обеих структур БТИЗ остается равным 25 нс, а время выключения возрастает от 55 нс для $h_{ox} = 40$ нм до значения 75 нс $h_{ox} = 30$ нм. Рассчитан-

ные значения времен включения и выключения на порядок меньше (25 нс и 75 нс для БТИЗ на КНИ и 350 нс и 870 нс для структур на объемном кремнии), а величина тока коллектора (30 мкА) больше на порядок чем для вертикальной структуры БТИЗ на основе объемного кремния (4 мкА).

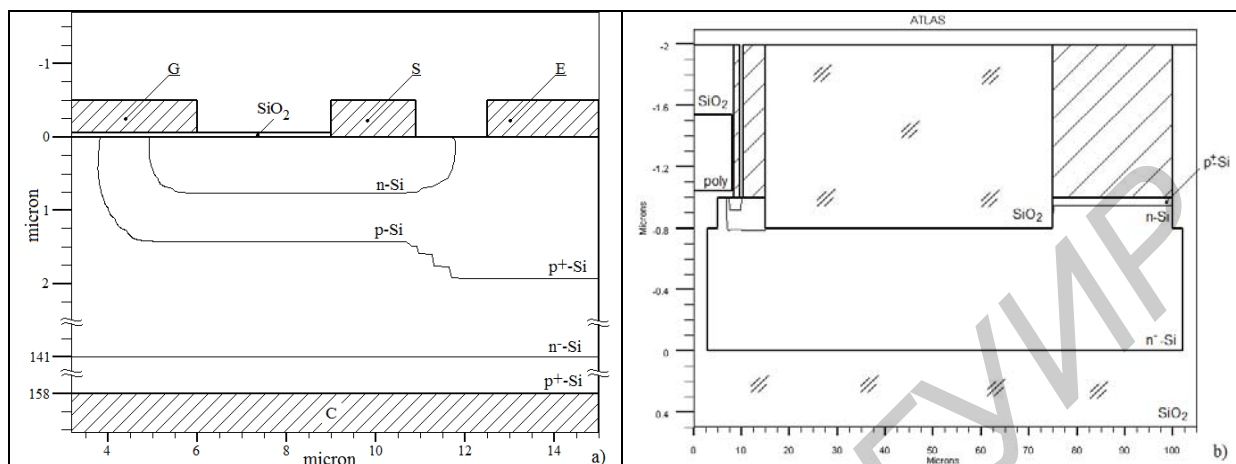


Рис. 1. Структура БТИЗ на объемном кремнии (а) и на КНИ (б)

В табл. 1 приведены данные для сравнения особенностей БТИЗ для устройств, изготовленных по технологии КНИ и по технологии объемного кремния.

Табл. 1. Сравнение электрические характеристики IGBT, производства SOI технологии и по стандартной технологии объемного кремния.

| Параметр | БТИЗ на объемном кремнии | БТИЗ на КНИ |
|-------------------------|--------------------------|-------------|
| Ток коллектора, мкА | 5 | 175 |
| Пороговое напряжение, В | 2,5 | 4,5 |
| Время включения, нс | 350 | 25 |
| Время выключения, нс | 870 | 75 |

Как видно из табл. 1 БТИЗ на КНИ обладает лучшими динамическими характеристиками, что позволяет использовать его в качестве высокочастотного переключающего элемента.

Список литературы

1. *Ловшенко И.Ю., Стемпницкий В.Р. и др.* // Докл. БГУИР. 2013. №4. С. 10-16.
2. *Ловшенко И.Ю., Стемпницкий В.Р. и др.* // Электроника-Инфо. 2013. №3. С. 23-26.
3. *Khanna V.K.* The Insulated Gate Bipolar Transistor IGBT. Theory and Design / IEEE. 2003.
4. *Hideaki Kawahara, Philip Leland Hower.* // US Patent No. US 2010/0032713 A1.
5. *Masato Taki et al.* // US Patent No. 7,943,957 B2.
6. *Akio Nakagawa et al.* // US Patent No.5,241,210.
7. SILVACO. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://silvaco.com/>. – Дата доступа: 20.01.2014.
8. *Lu L.* // IEEE Industry Applications. 2008.
9. *Lu L.* // IEEE Industry Applications. 2005.