

**Щукин Д.В.¹, Паничев Я.Н.¹, Михайлов Н.И.¹,
Перепеловский В.В.¹, Марочкин В.В.²**

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ»

²Pixpolar Oy, Эспоо, Финляндия

Программирование однозатворного PIN диода

В работе рассматривается принципиальная возможность программирования PIN диода. Приводятся результаты моделирование PIN-диода с управляющим - плавающим затвором в среде в Sentaurus Workbench [1], [4]. Получены графики, отображающие скорость переключения и вольт-амперные характеристики PIN диода.

Ключевые слова – программируемый PIN диод, плавающий затвор, PIN диод, моделирование, Synopsys TCAD.

ВВЕДЕНИЕ

В работе исследовалась возможность программирования однозатворного PIN-диода в среде Synopsys TCAD. Для моделирования использовалась базовая топология, приведенная на рис.1.

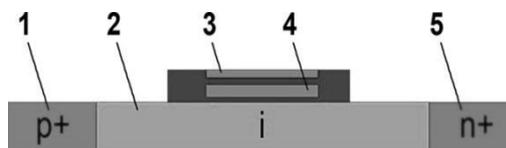


Рис.1. Топология моделируемого PIN-диод с плавающим затвором

Параметры модели:

- 1 – высоколегированная p+ область – легирована бором с концентрацией 1×10^{20} [см-3]
 - 2 – слаболегированная i-область – легирована фосфором с концентрацией 5×10^{12} [см-3]
 - 3 – управляющий затвор из поликремния
 - 4 – плавающий затвор из нитрида мышьяка
 - 5 – высоколегированная n+ область – легирована фосфором с концентрацией 1×10^{20} [см-3]
- Плавающий затвор изолирован, от I области туннельным оксидом, а от затвора, изолирующим оксидом. Ширина структуры – 14 мкм. Высота структуры – 5 мкм

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Первый этап моделирования состоял в записи и стирания заряда на плавающем затворе (см. рис.1.). Для записи и стирания подавалось напряжения 9 В и -9 В соответственно на управляющий затвор.

В ходе моделирования были получены результаты, представленные на рис 2.

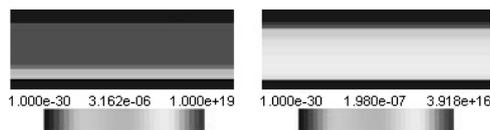


Рис. 2. Увеличенное изображение плавающего затвора, показывающее концентрацию электронов: слева – при записи, справа – при стирании

На рисунке 2 показан плавающий затвор (см. рис.1.). Видно, что при записи на плавающем затворе общая концентрация электронов составляет 10^{19} см^{-3} , а при стирании – заряд практически отсутствует.

В результате моделирования получены ВАХ прямой и обратной ветви программируемого pin диода. Построение ВАХ PIN диода проводилось по аналогии с данными указанными на рис.3, б. В момент времени t_0 происходит подача прямого напряжения; в момент времени t_2 – подача обратного напряжения на программируемый PIN диод.

Алгоритм расчёта представляет собой следующее:

- 1) t_0 – подаётся прямое напряжение 5 В;
- 2) t_2 – подаётся обратное напряжение -5 В.

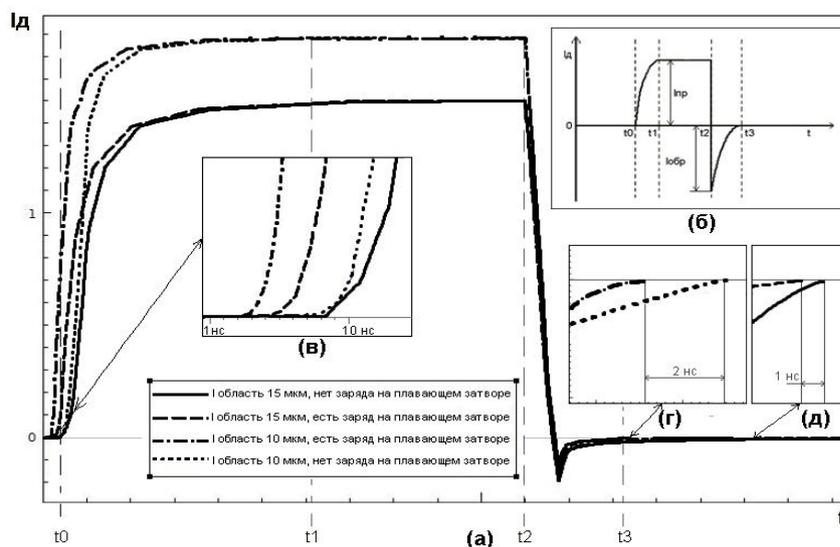


Рис. 3. (а) – ВАХ программируемого PIN диода при различных зарядах на плавающем затворе; (б) – ВАХ стандартного PIN диода [5]; (в) – программирование времени открытия PIN-диода; (г) – программирование времени релаксации носителей заряда в I области длиной 10 мкм, (д) - программирование времени релаксации носителей заряда в I области длиной 15 мкм

Из рис. 3(в) видно, что время открытие PIN диода изменяться при записи заряда на плавающий затвор, следовательно, PIN диод может программироваться в смысле задания времени открытия. Из рис. 3 (г), рис. 3 (д) видно, что время релаксации носителей заряда на обратной ветке ВАХ PIN диода изменяться при записи заряда на плавающий затвор, следовательно, PIN диод может программироваться в смысле задания времени релаксации носителей заряда на обратной ветки ВАХ PIN диода. Так же показана зависимость времени рекомбинации толщины I области. Чем толщина I области больше – тем дольше рекомбинация. Наличие заряда на плавающем затворе уменьшает время рекомбинации носителей заряда в PIN-диоде.

Библиографический список

1. Sentaurus Process User Guide, September 2011
2. Responsivity Improvement for Short Wavelengths Using Full-Gated PIN Lateral SiGe Diode / Carla Novo, Rudolf Bühler, Renato Zapata and Renato Giacomini / Centro Universitário da FEISão Bernardo do Campo, Brazil
3. Ultra Low Loss Trench Gate PCI-PiN Diode with $V_F < 350\text{mV}$ / Motohiro Tsuda, Yasuaki Matsumoto, and Ichiro Omura / Department of Electrical Engineering and Electronics Kyushu Institute of Technology 1-1 Sensui-cho, Tobata-ku, Kitakyushu-shi, Fukuoka, 804-8550, JAPAN
4. Разработка электронных устройств в среде Synopsys Sentaurus TCAD лаб. практикум / В.В. Перепеловский, Н.И. Михайлов, В.В. Маточкин ; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) «ЛЭТИ» 2011
5. «Полупроводниковые диоды и схемы с диодами» / Ровдо А.А.