

Дунаев Д.Д.¹, Марочкин В.В.², Перепеловский В.В.³

¹Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

²Pixpolar Oy, Otakaari 5, 02150, Espoo, Finland

³Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Моделирование PIN фотодетектора с программируемой чувствительностью

В данной работе приводится обоснование применения управляющих электродов для программирования чувствительности фотодетектора на основе pin-диода. Устройство состоит из pin-диода и двух с плавающих затворов на поверхности i-области. В работе приводятся результаты моделирования, программируемого двухзатворного pin-фотодетектора. Моделирование выполнено в среде Synopsys Sentaurus TCAD. В результате моделирования получены зависимости токов pin фотодетектора от состояния плавающих затворов.

Ключевые слова: PIN диод, программируемы диод, Synopsys Sentaurus TCAD.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время опубликовано несколько работ [1-3], в которых исследовалось влияние металлических электродов, находящихся на поверхности i-области, на свойства pin-диода. В данной работе исследовалось влияние заряда плавающих затворов на чувствительность pin фотодетектора. Моделирование проводилось в среде Synopsys Sentaurus TCAD [4-6].

Для регулировки чувствительности pin-фотодетектора на поверхности i-области друг за другом расположены два плавающих затвора. Исследуемая структура приведена на рис. 1. и включает в себя следующие области:

- высоколегированная p⁺ область – легирована бором с концентрацией 1×10^{20} [см-3];
- слаболегированная i-область – легирована фосфором с концентрацией 5×10^{15} [см-3];
- высоколегированная n⁺ область – легирована фосфором с концентрацией 1×10^{20} [см-3];
- плавающий затвор из нитрида мышьяка;
- управляющий затвор из поликремния;
- слои диэлектрика из оксида кремния, отделяющие управляющий затвор от плавающего и плавающий затвор от поверхности остальной структуры.

Плавающие затворы на рис. 1 имеют обозначения FG₁ и FG₂. Сток и исток обозначены, как D и S соответственно.

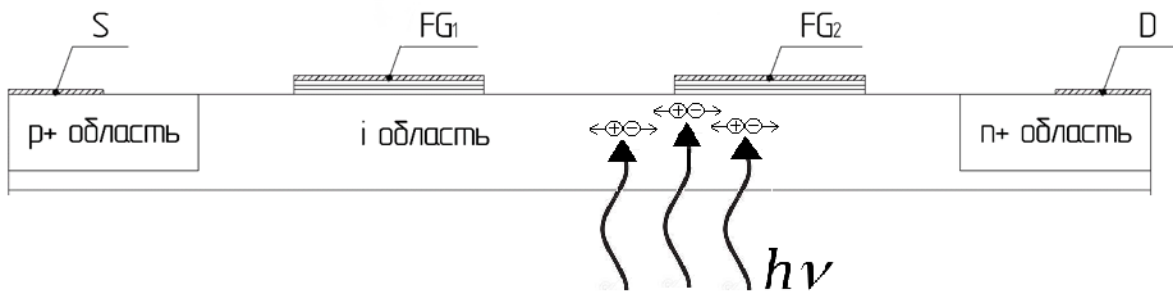


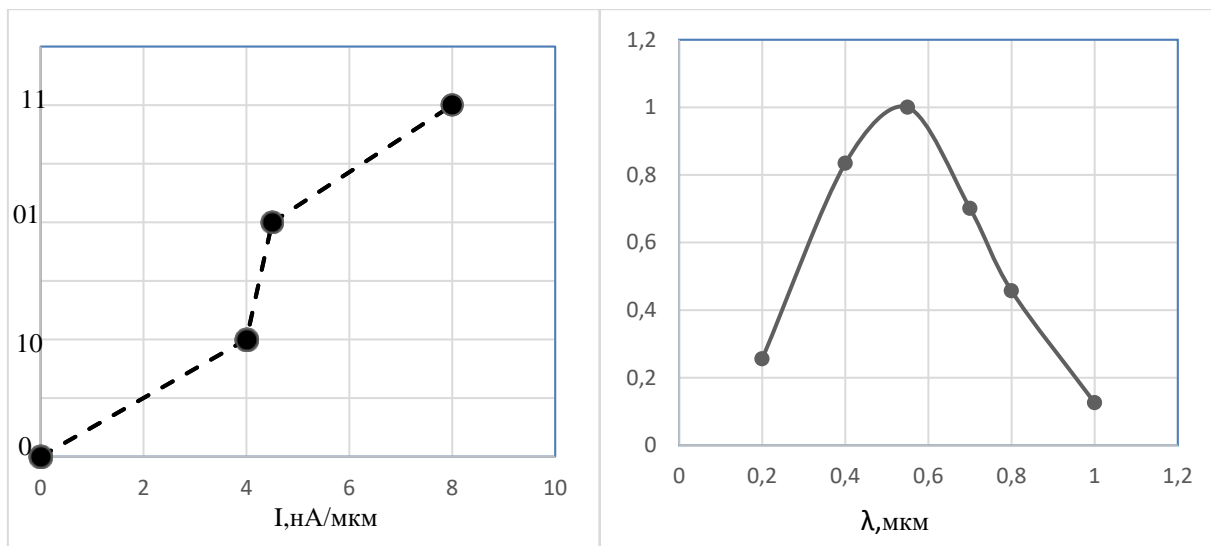
Рис. 1. Топология фотодетектора с программируемой чувствительностью

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рассматривается зависимость тока через pin фотодетектор от состояния двух плавающих затворов, расположенных на поверхности - i области. Плавающие затворы могут находиться в одном из следующих состояний: 00, 01, 10, 11.

Состояние 00 – соответствует логическому “0” на первой и втором затворе. Состояние 11 – соответствует логическому “1” на первой и втором затворе. Состояния: 01 и 10 определяются аналогично. За логический “0” принимается заряд, образующийся на плавающем затворе в результате приложенного на управляющий затвор напряжения равного -9 В. За логическую “1” принимается заряд, образующийся на плавающем затворе в результате приложенного на управляющий затвор напряжения равного 9 В

Для исследования зависимости тока от состояний затворов подавалось обратное напряжение -4В



а)

б)

Рис. 2. а) Токи для 4-х состояний PIN диода с плавающими затворами. За ноль на оси абсцисс принят ток без-затворной структуры. Цифра на оси ординат, стоящая слева обозначает текущее состояние FG_1 , а стоящая справа – FG_2 . б) Квантовая эффективность структуры на основе кремния в относительных единицах.

Зависимость фототока от состояния плавающих затворов показано на рис. 2а. Квантовая эффективность, рассчитанная в среде Synopsys Sentaurus TCAD показана на рис. 2б)

Произведённое моделирование позволило установить, что плавающие затворы, фотодетектора расположенные на поверхности *i*-области позволяют программировать чувствительность pin-фотодетектора.

Библиографический список

1. 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. IEEE Xplore Digital Library. 2015, 978-1-4244-8424-9/11.
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. IEEE Xplore Digital Library. 2016, 971-5090-2788-0/16
3. Characterization and Optimization of a Single-Transistor Active Pixel Image Sensor with Floating Junction Connected to Floating Gate. Xin-Yan Liu, JunWu, Xiao-Yong Liu, Shuai Zhang, Hindawi Publishing Corporation, 2015 –P.5-9. doi:10.1155/2015/167145
4. Перепеловский В. В., Михайлов Н. И., Марочкин В. В. Введение в приборно-технологическое моделирование устройств микроэлектроники: лаб. практикум. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011.
5. Перепеловский В. В., Михайлов Н. И., Марочкин В. В. Разработка электронных устройств в среде Synopsys Sentaurus TCAD: лаб. практикум. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011.
6. Программирование однозатворного PIN диода, Щукин Д.В., Паничев Я.Н., Михайлов Н.И., Перепеловский В.В., Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», Марочкин В.В., Pixpolar Oy, Эспоо, Финляндия, Всероссийская научно-техническая конференция «Электроника и микроэлектроника СВЧ», № 3-4, 02.06.17: с 475-477