**Формирование зарядовых резервуаров в слое кремния методом плазменной ионной иммерсионной имплантации**

***Панкратов С.А.1, Мяконьких А.В.2, Шорохов В.В.1, Крупенин В.А.1, Преснов Д.Е.1***

*Аспирант*

1. *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия*
2. *НИЦ «Курчатовский институт» – ФТИАН им. К.А. Валиева*

*E-mail: pankratov.sa18@physics.msu.ru*

Зарядовый резервуар является важным компонентом одноэлектронных устройств, способным накапливать и отдавать заряженные частицы – электроны или дырки. Резервуар представляет собой область с большим количеством свободных носителей заряда. Он может играть роль источника электронов или дырок в полевых транзисторах [1] и кремниевых кубитах [2], в резервуарных сетях [3] и сенсорах на их основе [4].

Одним из способов формирования резервуаров является метод плазменной ионной иммерсионной имплантации (ПИИИ) [5]. Данный метод заключается во внедрении ионов целевой примеси в образец из плазмы с помощью импульсного электрического поля. К преимуществам ПИИИ можно отнести хорошую степень однородности легирования сложных поверхностей и высокую скорость процесса, которая не зависит от формы и размера образца. Как правило, легирование методом ПИИИ проводится через экранирующую маску, ограничивающую резервуары и защищающую одноэлектронную область устройства от зарядовых дефектов [2].

В данной работе приводится анализ параметров легирования кремниевых подложек ионами бора методом ПИИИ для изготовления дырочных резервуаров одноэлектронных устройств. Был проведен поиск энергии и дозы легирования, а также оптимальной толщины экранирующей маски из резиста ma-N, обеспечивающих высокую концентрацию примесей и малое число дефектов в области резервуара, а также отсутствие примесей в экранированных областях. Для этого было проведено моделирование различных режимов легирования верхнего слоя кремния пластины КНИ с помощью программного обеспечения SRIM (Stopping and Range of Ions in Matter) [6]. С помощью найденного оптимального режима имплантации были изготовлены резервуары для полевого транзистора с нелегированным каналом-нанопроводом длиной 220 нм и шириной 170 нм. Были зарегистрированы характерные для данного устройства зависимости транспортного тока сток-исток от напряжения на затворе.

Данное исследование выполнено при поддержке программы развития МГУ, проект № 24‑Ш06-07. В работе использовалось оборудование Учебно-методического центра литографии и микроскопии МГУ им. М.В. Ломоносова. Данная работа была поддержана грантом Фонда развития теоретической физики и математики «БАЗИС».

**Литература**

[1] Tsiniaikin, I. I., Presnova, G. v., Bozhev, I. v., Skorik, A. A., Rubtsova, M. Y., Kamalov, A. A., Matskeplishvili, S. T., Snigirev, O. v., Krupenin, V. A., & Presnov, D. E. (2020). A Sensor System Based on a Field-Effect Transistor with a Nanowire Channel for the Quantitative Determination of Thyroid-Stimulating Hormone. Moscow University Physics Bulletin, 75(6), 645–656. https://doi.org/10.3103/S002713492006020X/TABLES/1

[2] Maurand, R., Jehl, X., Kotekar-Patil, D., Corna, A., Bohuslavskyi, H., Laviéville, R., Hutin, L., Barraud, S., Vinet, M., Sanquer, M., & de Franceschi, S. (2016). A CMOS silicon spin qubit. Nature Communications, 7. <https://doi.org/10.1038/NCOMMS13575>

[3] Chen, T., van Gelder, J., van de Ven, B., Amitonov, S. v., de Wilde, B., Ruiz Euler, H. C., Broersma, H., Bobbert, P. A., Zwanenburg, F. A., & van der Wiel, W. G. (2020). Classification with a disordered dopant-atom network in silicon. Nature 2020 577:7790, 577(7790), 341–345. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1901-0>

[4]Przyczyna, D., Pecqueur, S., Vuillaume, D., & Szaciłowski, K. (2019). Reservoir computing for sensing-an experimental approach. International Journal of Unconventional Computing, 14, 267–284.

[5] Gupta, D. (2011). International Journal of Advancements in Technology Plasma Immersion Ion Implantation (PIII) Process-Physics AND Technology. 2(4), 471.

[6] J. F. Ziegler and J. P. Biersack and M. D. Ziegler (2008). SRIM - The Stopping and Range of Ions in Matter. SRIM Co. [ISBN](https://en.wikipedia.org/wiki/ISBN_(identifier)) [978-0-9654207-1-6](https://en.wikipedia.org/wiki/Special:BookSources/978-0-9654207-1-6).