Природа ловушек в флеш памяти на основе high-k диэлектриков**Гриценко В.А.***ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13*

DOI 10.34077/Semicond2019-425

Энергонезависимая флеш память сохраняет информацию в течении 10 лет при 85 °С и широко используется в системах хранения информации, наряду, с жесткими дисками, и в портативных переносных устройствах: мобильные телефоны, фотовидеокамеры, планшеты, ноутбуки, биометрические паспорта, банковские карты и др.

В течении двух десятилетий доминировала флеш память с плавающим затвором, на смену которой пришла TaN-Al₂O₃- Si₃N₄-SiO₂-Si, TANOS память на основе локализации электронов и дырок на ловушках в нитриде кремния. Несмотря на то, что память на нитриде кремния была открыта в 1967 году, природа ловушек, ответственных за локализацию электронов и дырок в Si₃N₄, окончательно, была установлена только в 2016 году [1]. В качестве ловушек в Si₃N₄ выступают кремний-кремниевые Si-Si связи, или кремниевые нанокластеры. Si-Si связи являются амфотерными ловушками, ответственны за локализацию электронов и дырок. Ионизация ловушек в Si₃N₄ осуществляется многофононным механизмом. Термическая и оптическая энергии ловушек в Si₃N₄ лежат в диапазоне $W_t=1.5\pm0.1$ eV, $W_{opt}=3.0\pm0.1$ eV. В качестве блокирующего слоя в TANOS используется оксид алюминия, Al₂O₃. Термическая и оптическая энергии ловушек, ответственных за проводимость Al₂O₃ равны $W_t=1.5$ eV, $W_{opt}=3.0$ eV соответственно [2].

В настоящее время интенсивно изучается и разрабатывается резистивная память (Resistive Random Access Memory, ReRAM) на основе нестехиометрических диэлектриков SiO_x, SiN_x, TaO_x, HfO_x, TiO_x, ZrO_x, AlO_x [3]. В качестве ловушек в этих материалах, за исключением SiN_x выступают вакансии кислорода. Энергии ловушек составляют в SiO_x $W_t=1.5$ eV, $W_{opt}=3.0$ eV [4], TaO_x $W_t=0.85$ eV, $W_{opt}=1.7$ eV [5,6], HfO_x, ZrO_x $W_t=1.25$ eV, $W_{opt}=2.5$ eV [7]. В TiO_x энергии ловушек не определены. Перенос заряда в TaO_x, HfO_x, ZrO_x лимитируется фонон-облегченным туннелированием между ловушками [8].

В 2011г обнаружен эффект сегнетоэлектрической памяти в тонких пленках нецентросимметричной фазы оксида гафния HfO₂. Это привело к разработкам сегнетоэлектрической памяти на оксидах гафния. Мы изучали природу ловушек, ответственных за проводимость сегнетоэлектрической фазы Hf_{0.5}Zr_{0.5}O₂. в качестве ловушек в этом материале выступаем вакансии кислорода, ловушка имеет следующие параметры: $W_t=1.25$ eV, $W_{opt}=2.5$ eV [8,9].

[1] V.A. Gritsenko, N.V. Perevalov, O.M. Orlov, G. Ya. Krasnikov, *Appl. Phys. Lett.* **109**, 06294, (2016).

[2] N. Novikov, V.A. Gritsenko, K.A. Nasyrov, *Appl. Phys. Lett.* **94**, 222904 (2009).

[3] В.А. Гриценко, Д.Р. Исламов, *Физика Диэлектрических Пленок: Механизмы Транспорта Заряда и Физические Основы Приборов Памяти, Параллель, Новосибирск* (2017).

[4] Damir R. Islamov, Vladimir A. Gritsenko, Timofey V. Perevalov, et. al. *Appl. Phys. Lett.* **109**, 052901 (2016).

[5] Perevalov, Timofey; Gritsenko, Vladimir; Gismatulin, Andrey et. al. *Nanotechnology*, **29**, 264001 (2018).

[6] Vladimir A. Gritsenko, Timofey V. Perevalov, Vitaliy A. Voronkovskii, et.al. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **10**, 3769 (2018).

[7] Vladimir A. Gritsenko, Timofey V. Perevalov, Damir R. Islamov, *Physics Reports*, **613**, 1 (2016).

[8] К.А. Насыров, В.А. Гриценко, *УФН*, **183**, 1099 (2013).

[9] Damir R. Islamov, Vladimir A. Gritsenko, Timofey V. Perevalov, *Acta Materialia*, **166**, 47 (2019).

[10] Д. Р. Исламов, А. Г. Черникова, М. Г. Козодаев, *Письма в ЖЭТФ*, **102**, 610 (2015).