

МЕХАНИЗМ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ РЕЗИСТИВНОЙ ПАМЯТИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ГАФНИЯ

М.А. ДАНИЛЮК, Д.Б. МИГАС, А.Л. ДАНИЛЮК

Актуальной задачей для систем защиты информации является разработка запоминающих устройств, сочетающих энергонезависимое хранение данных неограниченное время без необходимости регенерации, высокую скорость чтения/записи, неограниченное число циклов стирания/записи данных, высокую масштабируемость и плотность ячеек для создания микросхем памяти различного объема.

Одним из перспективных направлений является разработка резистивной энергонезависимой памяти с произвольной выборкой (RRAM) на основе диоксида гафния, HfO_2 . Применение RRAM с HfO_2 сдерживается отсутствием понимания механизма переключения наноразмерных слоев HfO_2 из высокоомного в низкоомное состояние. Для объяснения этого механизма имеется ряд моделей, в основном рассматривающих электронные процессы, однако полная ясность пока отсутствует.

Нами предложен механизм обратимого теплового пробоя проводящих нанопроводов (НП) в диоксиде гафния. НП образуются в результате предварительной электрической формовки наноструктуры металл – HfO_2 – металл (полупроводник). В основе механизма лежит предположение, что обратимый тепловой пробой НП происходит за счет их джоулева разогрева при наличии экспоненциальной зависимости проводимости НП от температуры.

Исходя из уравнения теплопроводности и граничных условий, учитывающих теплоотвод через электроды, рассчитана вольтамперная характеристика (ВАХ), а также температура НП в середине и на границе

раздела с электродом. Показано, что ВАХ НШ имеет три характерные области. Начальная и конечная области – линейны по току с различной крутизной, а средняя является S-образной или сверхлинейной в зависимости от температуры среды и параметров наноструктуры. Форму ВАХ определяют только два параметра: отношение температуры среды к энергии ловушек, а также соотношение между коэффициентами внешнего теплоотвода, теплопроводности НШ и электрода. Зависимости температуры в середине НШ и на его границе с электродом от внешнего смещения также характеризуются тремя аналогичными участками. Показано, что потенциал переключения из высокоомного в низкоомное состояние уменьшается пропорционально росту температуры среды и ухудшению условий теплоотвода.