

**ВЛИЯНИЕ СТРЕССА НАПРЯЖЕНИЕМ
ПРИ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ
И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МДП-СТРУКТУРЫ Pt/HfO₂/Si**

Ю.А. МАТВЕЕВ^{1,*}, А.В. ЗЕНКЕВИЧ¹, Ю.Ю. ЛЕБЕДИНСКИЙ¹,
S. THIESS², W. DRUBE²

¹*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
115409, г. Москва, Каширское шоссе, дом 31*

²*Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY
D-22603 Hamburg, Germany, *e-mail: yamatveyev@mephi.ru*

Непрерывное совершенствование КМОП-устройств диктует использование новых материалов [1], в том числе, диэлектриков с большим коэффициентом диэлектрической проницаемости. По совокупности свойств предпочтительным оказался материал на основе HfO₂, однако, существенным недостатком данного материала является образование значительного числа вакансий кислорода [2]. Наличие же вакансий является причиной нестабильности напряжения переключения [3], пиннинга уровня Ферми металлического затвора [4]. Кроме того, электро-стимулированная миграция вакансий кислорода считается одной из возможных моделей для объяснения наблюдаемого эффекта обратимого резистивного переключения [5], однако, прямых доказательств данной модели пока не существует.

В данной работе было исследовано влияние стресса напряжением при повышенной температуре на распределения электрического потенциала и эволюцию химического состояния границ раздела в МДП-структуре Pt/HfO₂/Si, которая является модельной для изучения механизмов образования и миграции вакансий кислорода. Исследования проводились на синхротронном источнике DESY методом высоко-энергетичной (E = 6 кэВ) фотоэмиссионной спектроскопии (ВРФЭС), который позволяет осуществлять неразрушающий анализ электронной и химической структуры многослойных образцов общей толщиной до 20 нм, в частности, МДП-структур со сплошным металлическим затвором и реально используемыми толщинами диэлектрика. Параллельно проводились традиционные электрофизические измерения, в частности, вольт-фарадных (ВФХ) и вольт-амперных (ВАХ) характеристик на тех же образцах.

В результате циклического стресса структур напряжением U = ±2,5 В при T = 300 °С наблюдается смещение спектральной линии Hf 4f в ВРФЭС-спектрах и смещение ВФХ, что свидетельствуют о перераспределении объемного заряда в слое диэлектрика (рис. 1, рис. 3) и об изменении дipoля на границе раздела Pt-HfO₂, сопровождаемым циклическим образо-

ванием/растворением слоя SiO_x на границе раздела HfO_2 -Si (Рис.2). Также отмечается возрастание токов утечек в случае стресса отрицательным напряжением (рис. 4).

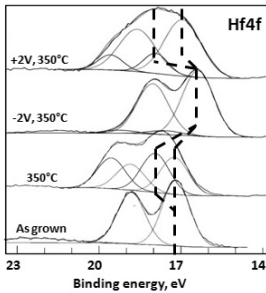


Рис.1. ВРФЭС при $h\nu=6$ keV: эволюция линии Hf 4f в структуре Pt/HfO₂/Si иллюстрирующая перераспределение заряда в HfO₂

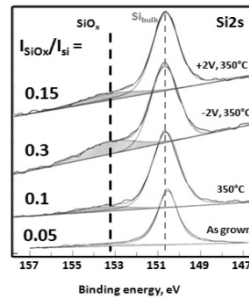


Рис.2. ВРФЭС при $h\nu=6$ keV: эволюция линии Si 1s в структуре Pt/HfO₂/Si SiO_x

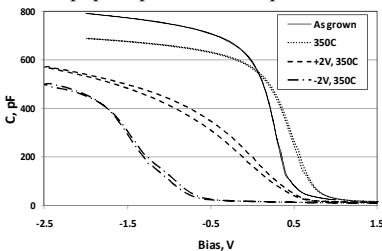


Рис.3. ВФХ структуры Pt/HfO₂/p-Si после различных обработок

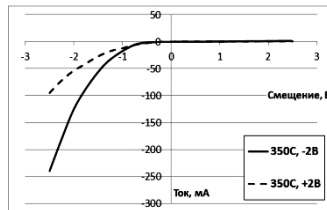


Рис.4. ВАФ структуры Pt/HfO₂/p-Si после различных обработок

Полученные результаты объясняются в рамках модели зарождения вакансий кислорода в HfO₂ путем реакции окисления Si на нижней границе раздела за счет кислорода из оксида гафния и последующего дрейфа образовавшихся заряженных вакансий во внешнем электрическом поле.

Литература

1. <http://www.itrs.net/>
2. K. Tse, D. Liu, K. Xiong, J. Robertson // Microelec. Eng. -2007. Vol. 84, pp. 2028–2031.
3. A. Kerber, E. Cartier, L. Pantisano, et.al. // IEEE Elect. Dev. Lett. 2003. Vol. 24. Pp. 87–89.
4. J. Robertson, O. Sharia, A. A. Demkov // Appl. Phys. Lett. -2007. Vol. 91-132912.
5. K. Szot, W. Speier, G. Bihlmayer, R. Waser // Nature Mater. -2006. Vol. 5. p. 312.