

МОДЕЛЬ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ В ДИОКСИДЕ ВАНАДИЯ

Величко А.А., Кулдин Н.А., Путролайнен В.В., Черемисин А.Б., Пергамент А.Л.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск, Россия

Анализ температурных зависимостей параметров переключения VO_2 имеющихся в литературе, показал, что чисто тепловые модели переключения, учитывающие только температурную зависимость проводимости материала не в состоянии объяснить полученные нами вольтамперные характеристики тонкопленочных структур после формовки в диапазоне температур от 12 до 340 К. Отметим, что этот анализ проведен без учета распределения температуры в канале кристаллической двуокиси ванадия, зависимости $\sigma(T, E)$ и других факторов. Выбор правильной модели переключения в рассматриваемой структуре может быть обоснован реальными оценками величины температуры и поля в момент достижения порогового напряжения. Для этого было проведено численное моделирование ВАХ переключателя на основе двуокиси ванадия при различных окружающих температурах.

На основании проведенного исследования можно сделать вывод, что процесс переключения в сэндвич-структурах на основе VO_2 описывается в рамках единого механизма, который представляет собой развитие фазового перехода металл-изолятор (ФПМИ) в момент переключения. Однако переход в металлическое состояние определяется совокупностью факторов: температурой, полем и концентрацией носителей, относительный вклад которых в случае сэндвич-переключателя определяется температурой окружения.

Высокотемпературные ВАХ хорошо согласуются с простой молекулярно-кинетической теорией (МКТ). В этом случае переключение происходит при температурах близких к T_t ($T_t=68^\circ\text{C}$ – температура равновесного ФПМИ), а концентрация свободных носителей по порядку величины совпадает с критической концентрацией перехода $M_0 n_c$. В области средних полей ($T_0 \sim 200$ К) температура перехода меньше равновесной T_t , а $n = n_c$. Для низкотемпературных ВАХ на фоне джоулева разогрева существенно влияние сильно-полевых эффектов, при которых температура материала при переключении значительно меньше T_t , а концентрация не удовлетворяет моттовскому критерию. Последнее условие позволяет предположить, что в достаточно сильных электрических полях, реализуемых в сэндвич-переключателе, наблюдается прямая зависимость температуры ФПМИ от поля. Один из возможных вариантов прямого влияния поля на переход, предполагает наряду с концентрационным механизмом включение в ФПМИ полевой модуляции электронного спектра оксидов переходных металлов, которую можно учесть в рамках модели образования сверхструктуры типа волн зарядовой плотности или волн спиновой плотности. Не прямое концентраци-

онное влияние поля на ФПМИ возможно и для теории Мотта-Хаббарда, если учесть, что с ростом электрического поля может увеличиваться эффективный борковский радиус волновой функции d-электрона. Вследствие этого даже при заданной концентрации усиливается экранирование связанного электрона и уменьшается его энергия.

Работа выполнена при поддержке следующих грантов: институт Швеции (Dnr: 01370/2006), Федеральное Агентство РФ по науке и инновациям (контракт № 02.513.11.3351), Министерство Образования РФ и Американский Фонд Гражданских Исследований и Развития (CRDF) № Y5-P-13-01.