

МЕХАНИЗМ ТОКОПЕРЕНОСА В МЕТАСТАБИЛЬНОЙ ОБЛАСТИ КАНАЛА ПРОБОЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ

Д.А. Подрябинкин

Наноструктуры на основе оксидов металлов, перспективны для применения в качестве подзатворных диэлектриков в металл-окисел-полупроводник (МОП) транзисторах и энергонезависимой резистивной памяти с произвольной выборкой. У таких оксидов высокая диэлектрическая проницаемость в сочетании с большой энергией запрещенной зоны и термодинамически стабильная граница с кремнием.

Формовка таких оксидов в электрическом поле (обратимый пробой) приводит к образованию метастабильной области проводящего канала (нитевидных шнуров тока по границам зерен диэлектрика). В канале возникает высокая плотность ловушек с бистабильными состояниями, обуславливающая токоперенос в нем и возможность длительного хранения заряда (до 10^6 – 10^7 с).

Такой канал может работать в 2х состояниях: состояние с высоким сопротивлением (HRS), когда ток протекает слабо и, при приложении электрического поля к каналу, состояние с низким сопротивлением (LRS), приводящее к существенному росту тока в нем.

Механизм токопереноса в метастабильной области канала пробоя состоит в захвате электронов на ловушечные центры по механизму Пула-Френкеля с участием многофононных взаимодействий (характеризующихся сильной электрон-фононной связью) и их освобождения в результате изменения энергии их ионизации, при переходе электронов из одного бистабильного состояния в другое.

Для бистабильных ловушечных состояний взаимодействие с горячими электронами приводит не только к переходу в возбужденное состояние, но и способствует снижению энергии их ионизации вплоть до их делокализации. Также, в данном случае, бистабильные ловушечные состояния могут переходить в верхнее энергетическое состояние, не напрямую взаимодействуя с горячими электронами, а за счет воздействия шума и периодической силы. Такие переходы существенно зависят от соотношения глубин потенциальных ям и определяются уровнем шума. Возникновению шума в данном случае способствуют флуктуации заряда при воздействии горячих электронов, связанные с их рассеянием на дефектах, что еще больше увеличивает ток в канале.

Таким образом, ловушечные центры в оксидах металлов способны изменять свою конфигурацию в зависимости от зарядового состояния, величины внешнего поля, наличии периодического воздействия и шума. Это позволяет создать на основе оксида металла элемент резистивной памяти, отличающимися конкурентными параметрами функционирования, такими как время переключения, низкое внешнее смещение (а значит и энергопотребление) и стабильность.