Лазерный синтез тонких пленок оксидов переходных металлов в качестве активной области мемристора

Паршина Л.С., Новодворский О.А., Храмова О.Д.

ИПЛИТ РАН — филиал ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, 140700, Московская область, Шатура, ул. Святоозерская, 1

DOI 10.34077/Semicond2019-123

Реализация нейроморфных био-подобных систем решит проблему создания скоростных энергоэффективных вычислительных устройств менее уязвимых для накопления ошибок. Функциональные возможности таких систем могут быть реализованы с использованием резистивного переключения энергозависимых и энергонезависимых мемристорных структур, на основе которых будут созданы новые типы элементов искусственного интеллекта нейристоры и синапторы, выполняющие функции искусственных синапсов и нейронов человеческого мозга [1]. Резистивное переключение - физическое явление, при котором сопротивление устройства зависит от приложенного напряжения или его предыстории [2]. Оксиды переходных металлов привлекательны тем, что способны реализовать два основных типа резистивного переключения: энергозависимое и энергонезависимое [3]. При энергозависимом переключении сопротивление материала изменяется при подаче достаточно высокого напряжения или тока, после чего оно возвращается к своему первоначальному значению. При энергонезависимом переключении сопротивление материала не возвращается к своему первоначальному значению после прекращения импульса, но может изменяться при подаче следующего импульса. В настоящее время для разработки нейроморфных систем искусственного интеллекта необходимо как усовершенствование архитектуры мемристорных устройств, так и исследование новых материалов для их создания.

В нашей работе методом импульсного лазерного осаждения в бескапельном режиме [4] с применением масочных технологий получены тонкие пленки Ta_2O_{5-x} , а также мемристорные структуры в кроссбар-геометрии на их основе. Использование бескапельного режима осаждения тонкопленочных слоев обеспечивало получение гладких однородных пленок высокого качества благодаря устранению капель, вылетающих из мишени на подложку в процессе осаждения. Абляция металлических мишеней осуществлялась излучением эксимерного KrF-лазера с длиной волны 248 нм при плотности энергии на мишени не менее 3 Дж/см². Давление кислорода в вакуумной камере в процессе роста пленок менялось от 0,1 мТорр до 90 мТорр с целью изменения степени окисления активной области мемристора. Толщины оксидных слоев варьировались от 10 до 100 нм. Выявлен энергонезависимый мемристивный эффект в тонкопленочных структурах $Au/TaO_2/Ta_2O_{5-x}/Au$. Исследована зависимость ВАХ мемристорных структур от степени окисления активной области мемристора при униполярном и биполярном режимах прикладываемого напряжения. Установлена зависимость мемристивных свойств полученных структур от толщины активной оксидной области.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках выполнения работ по Государственному заданию ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН в части «выращивания тонких пленок», Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-29-03032, 17-07-00615, 16-29-05385) в части «исследования тонкопленочных структур».

[1] J. del Valle et al., *J. Appl. Phys.*, **124**, 211101 (2018).

[2] J. J. Yang et al., *Nat. Nanotechnol.*, **8**, 13 (2013).

[3] E. Janod et al., *Adv. Funct. Mater.*, **25**, 6287 (2015).

[4] L. S. Parshina et al., *Optical and Quantum Electronics*, **48**, 316 (2016).