

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК ДИОКСИДА ВАНАДИЯ ИЗ РАСТВОРОВ КАРБОКСИЛАТОВ ВАНАДИЯ (IV)

Иванов А.В.^{*}, Садыков И.И.^{**}, Макаревич О.Н.^{**}, Бойцова О.В.^{***},
Макаревич А.М.^{**}

^{*} *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Факультет наук о материалах, 119991, Москва, Россия, e-mail: ivanov_alexey13@mail.ru*

^{**} *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Химический факультет, 119991, Москва, Россия*

^{***} *Институт общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова, 119991, Москва, Россия*

Материалы, обладающие обратимым переходом диэлектрик-металл (ПДМ), в последние десятилетия все больше привлекают внимание исследователей. Среди таких материалов диоксид ванадия (VO_2) выделяется сверхбыстрой скоростью перехода (10^{-12} с) и низкой критической температурой (68°C), что позволяет вызывать ПДМ, действуя малыми тепловыми, электрическими или оптическими возмущениями. Эти уникальные свойства диоксида ванадия позволяют использовать его для создания множества электронных и оптических приборов: осцилляторов, термических и химических сенсоров, устройств памяти, регуляторов ИК, СВЧ и ТГц излучения.

Разрушение материала в виде кристаллов при длительном использовании накладывало определенные трудности на практическое применение диоксида ванадия, но проблема может быть решена путем синтеза тонких пленок, устойчивых к многократному циклированию ПДМ. Система ванадий-кислород довольно сложна и методы получения пленок диоксида ванадия пока еще не получили промышленного развития. Известные физические методы требуют создания технически сложных установок, работающих в условиях высокого вакуума. При этом их использование ограничено образцами диаметром 1 дюйм. Методы химического осаждения из газовой фазы используют в качестве прекурсоров токсичные и дорогостоящие соединения. В то же время, в случае синтеза порошков диоксида ванадия широкое распространение получили различные варианты гидротермального метода [1], с помощью которого получают наноструктурированные порошки диоксида ванадия при сравнительно низких температурах и давлениях при помощи легко доступных, недорогих и нетоксичных прекурсоров. В настоящее время гидротермальный метод находит все большее применение и в синтезе пленочных материалов [2]. Целью данной работы является исследование возможности получения эпитаксиальных пленок диоксида ванадия на монокристаллических подложках методом гидротермального синтеза с использованием в качестве прекурсоров карбоксилатов ванадия.

В качестве прекурсора для гидротермального синтеза использовался раствор, полученный путем взаимодействия пентаоксида ванадия и моногидрата лимонной кислоты в различных соотношениях. Состав твердых продуктов, полученных при концентрировании растворов прекурсора, исследовали методами РФА, ИК спектроскопии и ТГА.

Гидротермальный синтез проводили в автоклавах с тефлоновыми вставками объемом при температурах 190 – 200°C в течение 1 – 8 ч. Полученные пленки осаждались на подложки R-сапфира и исследовались методами РФА, КР-спектроскопии и СЭМ. Образцы в дальнейшем подвергались температурному отжигу в инертной атмосфере с целью перевода диоксида ванадия в фазу M_1 и улучшения контактов между кристаллитами.

В ходе работы был впервые получен и исследован прекурсор на основе лимонной кислоты, проанализирован фазовый состав полученных образцов в зависимости от давления в автоклаве, концентрации раствора прекурсора, температуры синтеза, температуры и длительности рекристаллизационного отжига. Экспериментально определены оптимальные длительность и температура отжига пленочных образцов. Разработана методика, позволяющая получать пленочные образцы, демонстрирующие отличные характеристики фазового перехода диэлектрик-металл: изменение удельного сопротивления в интервале 30-80°C составляет четыре порядка при ширине петли гистерезиса 5°C.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-03-00858 А.

[1] Popuri Srinivasa Rao, Miclau Marinela, Artemenko Alla, Labrugere Christine, Villesuzanne Antoine, Pollet Michaël. *Inorganic Chemistry*. 52 (2013) 4780-4785.

[2] Zhang Jiasong, Jin Haibo, Chen Zhuo, Cao Maosheng, Chen Pengwan, Dou Yankun, Zhao Yongjie, Li Jingbo. *Chemistry of Materials*. 27 (2015) 7419-7424.