

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Федорова Ивана Сергеевича «Разработка основ технологии формирования электродов тонкопленочного литий-ионного аккумулятора методом магнетронного распыления», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 - твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Актуальность темы диссертационной работы И.С. Федорова обусловлена растущей потребностью электронной промышленности в энергоемких химических источниках тока для устройств портативной электроники. Повышение степени интеграции электронных устройств требует миниатюризации литий-ионных аккумуляторов (ЛИА) и перехода на тонкопленочные, полностью твердотельные интегральные ЛИА. Их характеристики во многом определяются составом, технологией изготовления положительного и отрицательного электродов. Поэтому целью диссертации И.С. Федорова являлось исследование и разработка технологии изготовления электродов тонкопленочного ЛИА, в том числе полностью твердотельного литий-ионного аккумулятора.

В диссертационной работе проведены исследования условий магнетронного осаждения пленок ванадия различной толщины, кислородного отжига на морфологию, структуру, фазовый состав, зарядно-разрядные характеристики и стабильность пленок оксидов ванадия. По результатам гальваностатического циклирования установлены фазы оксида ванадия, наиболее подверженные деградации при обратимом внедрении лития. Показано, что в процессе циклирования полностью разрушается  $V_2O_5$ . При исследовании электроотрицательных электрода впервые реализован метод стабилизации пленок кремния за счет частичного окисления и введения добавок алюминия. В автореферате подробно приведены результаты циклических измерений полученных ЛИА. Однако очень мало приведено данных по методике комплексного исследования морфологии, элементного и фазового состава пленок оксидов ванадия, результатов такого исследования, хотя это является одним из основных научных результатов. К недостаткам можно отнести отсутствие сопоставления характеристик полученных электродных материалов с результатами других работ. Однако указанный недостаток не имеет определяющего значения и не снижает научной и практической значимости проделанной работы. Результаты диссертационной работы опубликованы в двух статьях, входящих в перечень ВАК, и представлены на пяти конференциях.

На основании представленных материалов в автореферате, можно заключить, что диссертация соответствует критериям п.7 «Положения ВАК» для диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, и ее автор Федоров Иван Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 - Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Зам. директора по научной работе ЯФ ФТИАН РАН  
д. ф-м.н., 150007, г. Ярославль, ул. Университетская 2А  
тел.: (4852) 246552, E-mail: [ildamirov@yandex.ru](mailto:ildamirov@yandex.ru)

И.И.Амиров

Подпись И.И. Амирова заверяю  
Ученый секретарь ЯФ ФТИАН РАН

В.В. Наумов

