

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Маликова Ильи Валентиновича

«Эпитаксиальные пленки тугоплавких, ферромагнитных и половинных металлов: получение, свойства и структуры на их основе», представляемой на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 2.2.2 – электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств в диссертационном совете 24.1.106.1 на базе ИПТМ РАН

В настоящее время в микроэлектронике широко используются эпитаксиальные пленки различных материалов. За счет высококачественной структуры используемых материалов удастся снизить как энергетические потери, так и потери при передаче данных. Поэтому актуальной задачей является развитие методов выращивания и установление основных закономерностей получения высококачественных пленок различных материалов и исследования их свойств.

С другой стороны, высокое качество эпитаксиальных материалов приводит к тому, что в них, и особенно в металлических эпитаксиальных пленках, длина свободного пробега может стать больше как толщины пленок, так и поперечных размеров изготавливаемых структур. В свою очередь, развитие технологий микроstructuring привело к тому, что баллистические эффекты становятся актуальными уже при комнатной температуре. Это приводит к тому, что свойства таких структур могут кардинально отличаться.

Диссертационная работа Маликова И.В. посвящена установлению закономерностей контролируемого получения эпитаксиальных пленок тугоплавких (Mo, Nb и W), ферромагнитных (Ni, Fe) металлов, имеющих максимальные длины свободного пробега электронов и минимальную шероховатость поверхности, а также проявляющих свойства половинного металла пленок Fe₃O₄ и сплавов Гейслера. для возможного применения в микро- и нанoeлектронике, фотонике, микросистемной технике и других областях.

Научные положения, выносимые на защиту, вполне обоснованы.

Достоверность положений и выводов диссертации не вызывает сомнений. Полученные результаты и сделанные выводы являются новыми.

Особо необходимо отметить практическую значимость представляемой работы:

-установленные закономерности и технологические подходы могут быть применены для изготовления гетероэпитаксиальных структур из различных материалов не только на подложках из сапфира, но и на других практически значимых подложках;

-разработанный подход к зондовой литографии с формированием оксидной маски на поверхности металлической пленки с последующим электрохимическим травлением, примененный к получению структур из Nb, расширяет возможности применения метода зондовой литографии для относительно толстых пленок, а также может быть реализован и для других металлов, имеющих химически и электрически прочный оксид;

-выявленные закономерности получения островковых пленок ферромагнитных металлов с контролируемым размером островков ферромагнетика открывают

возможность создания метаматериалов с новыми необычными свойствами при заполнении промежутков между островками с помощью металла, диэлектрика, полупроводника, ферромагнетика или антиферромагнетика;

-показана возможность создания металлических (в том числе гетероэпитаксиальных) наноструктур с баллистическим электронным транспортом, в которых проявляются необычные, в том числе отрицательные, вольт-амперные зависимости, что может послужить основой для создания новых типов приборов, например, планарных баллистических ферромагнитных структур с гигантским магниторезистивным эффектом, который может быть использован в устройствах с магнитными датчиками, или металлического баллистического S-N-S Андреевского интерферометра. Также моделирование предсказало, что можно ожидать значительных баллистических эффектов даже при комнатной температуре с максимальным их проявлением в случае, когда ширина структуры и ее равны, а ширина структуры приближается к 10 нм;

-получены ЭП сплавов Гейслера, проявляющие свойства половинных металлов (в том числе имеющие одноосную магнитную анизотропию в плоскости пленки, что необходимо при создании инжекторов и детекторов спин-поляризованных электронов), которые могут найти практическое применение в качестве датчиков магнитного поля, ячеек энергонезависимой памяти для вычислительной техники, магнитных вентилях, эффективных источников микроволнового и терагерцового излучений и т. д.;

-гетероэпитаксиальные структуры металл-диэлектрик могут быть применены в сверхскоростной электронике, преобразователях инфракрасного и видимого излучения;

-показано существенное влияние границ раздела на проводимость высококачественных гетероэпитаксиальных металлических пленок, что фактически означает появление нового технологического критерия для проводимости структур - морфологии границ раздела. Встраивание внутреннего потенциала рассеяния может открыть возможность управления проводимостью таких эпитаксиальных структур.

В целом, практическая ценность представленной работы состоит в разработке методов контролируемого получения эпитаксиальных пленочных структур, позволяющих обеспечить необходимые свойства пленок и наноструктур, требуемые для их применения.

В качестве недостатка можно отметить использование двух различных температурных шкал для обозначения комнатной температуры (293 К и 20 °С), а также излишнее использование сокращений, что сказывается на восприятии текста.

Данное замечание не влияет на высокую оценку представленной работы.

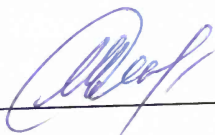
Диссертационная работа Маликова И.В. «Эпитаксиальные пленки тугоплавких, ферромагнитных и половинных металлов: получение, свойства и структуры на их основе» является серьезным научным исследованием. Приведенные результаты являются новыми, достоверными, имеющими научную ценность и практическую значимость. Материал, приведенный в автореферате, изложен в публикациях в периодических изданиях и апробирован на научных конференциях российского и международного уровней.

На основании автореферата диссертационная работа Маликова И.В. «Эпитаксиальные пленки тугоплавких, ферромагнитных и половинных металлов: получение,

свойства и структуры на их основе» соответствует специальности 2.2.2. - «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств» и критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. Маликов Илья Валентинович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 2.2.2 - «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств».

Отзыв составила:

Доктор технических наук (специальность 05.16.09 - Материаловедение (машиностроение)), профессор, заведующая кафедрой «Технология конструкционных материалов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»,
125829, г. Москва, Ленинградский проспект, 64,
кафедра «Технология конструкционных материалов»
Телефон/факс: +7- 499-155-08-68,
<https://www.madi.ru/>, адрес электронной почты e-mail: kafedra@tkm.madi.ru


Петрова Лариса Георгиевна

Я, Петрова Лариса Георгиевна, даю согласие на обработку моих персональных данных в аттестационном деле, их размещении на сайте организации и в федеральной информационной системе государственной научной аттестации.

Подпись Петровой Ларисы Георгиевны заверяю:



В.В. Баранкова
18.04.2024