

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Пушкарёва Романа Владимировича** «Пленки  $\text{SiC}_x\text{N}_y\text{:Fe}$ : синтез из газовой фазы, структура и функциональные свойства», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия

Диссертационная работа Р.В. Пушкарёва посвящена актуальной проблеме, связанной с созданием новых мультифункциональных материалов, совмещающих в себе свойства ферромагнетика и полупроводника. В настоящее время большое внимание в этой области привлекают к себе системы на основе аморфных ферромагнитных полупроводников. Исследование спин-поляризованного токопереноса в таких системах, а также изучение процессов инжекции спин-поляризованных электронов в кремний представляет интерес для развития спинтроники.

В качестве объекта диссертационного исследования были выбраны пленки  $\text{SiC}_x\text{N}_y\text{:Fe}$ , которые представляют собой аморфную матрицу карбонитрида кремния, в которую вводится железо. Уникальность этого материала заключается в том, что проводимость матрицы карбонитрида кремния, обладающего переменным составом, можно изменять в очень широком диапазоне, что позволяет получать пленки с заданным набором функциональных свойств. Сочетание широкого диапазона проводимости материала с ферромагнитными характеристиками делает этот материал перспективным для фундаментальных и прикладных исследований в области спинтроники. Научная новизна результатов, полученных автором работы, заключается в том, что впервые получены пленки состава  $\text{SiC}_x\text{N}_y\text{:Fe}$  методом химического осаждения из газовой фазы. Исследован процесс термического разложения ферроцена, и определен диапазон условий, в которых возможен контроль состава пленок  $\text{SiC}_x\text{N}_y\text{:Fe}$ . Показано, что пленки являются композитными с включениями кристаллов силицидов железа. Изменение концентрации железа позволяет контролировать как магнитные, так и транспортные свойства получаемых пленок, а изменение состава аморфной матрицы карбонитрида кремния позволяет контролировать их проводимость в широком диапазоне значений.

Важным результатом работы является разработка способа получения новых пленочных структур  $\text{SiC}_x\text{N}_y\text{:Fe}$  на подложках кремния, которые представляют интерес как для понимания фундаментальных процессов спин-поляризованного токопереноса в материалах с аморфной структурой, так и для возможного применения в устройствах современной кремниевой микроэлектроники.

Имеются следующие замечания по автореферату.

1. В автореферате показано формирование нанокристаллитов  $\text{FeSi}_2$ , которые эпитаксиально растут на поверхности  $\text{Si}(100)$ . Однако не ясна природа образования  $\text{FeSi}_2$  кластеров: или они возникают в результате миграции атомов Fe, которые образуются в результате термического разложения ферроцена, в  $\text{Si}(100)$  подложку или атомы Fe реагируют с атомами Si, которые возникли в результате термического разложения кремнийорганических соединений.
2. Кроме возникает вопрос о равномерности распределения элементов по глубине пленок. Были ли проведены какие-либо исследования и оценки?
3. Говоря о практическом применении и магнитных свойствах полученных образцов, не упоминается температура Кюри.

Разумеется, сделанные замечания не снижают ценности, представленных в диссертации экспериментальных результатов. Автореферат хорошо организован и написан хорошим научным языком. Судя по автореферату и научным публикациям Пушкарева Р.В., его диссертационная работа является законченным научным исследованием, содержащим достаточное количество экспериментального материала. Достоверность результатов работы подтверждается использованием комплекса независимых физико-химических методов исследования, проводимых на современном оборудовании. Исследования опубликованы в высокорейтинговых журналах, апробированы на многих Российских и международных конференциях и симпозиумах и их научная ценность, и достоверность полученных данных не вызывает сомнений. Диссертационная работа Пушкарева Романа Владимировича соответствует требованиям ВАК, (Положению «О порядке присуждения ученых степеней»), а соискатель Пушкарева Р.В. несомненно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – «физическая химия».

Мягков Виктор Григорьевич.

Основное место работы, должность: ФГБУН ИФ СО РАН, старший научный сотрудник лаборатории физики магнитных пленок.

Ученая степень, звание: доктор физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния, старший научный сотрудник.

Почтовый адрес: 660036, Красноярский край, гор. Красноярск, Академгородок, 50/38.

Рабочий телефон: +7 (391) 249 46 81,

Сотовый телефон: 8-983-151-83-17,

E-mail: miagkov@iph.krasn.ru.

Подпись Мягкова Виктора Григорьевича заверяю:  
Учёный секретарь Института физики им. Л.В.  
Киренского, ФИЦ КНЦ СО РАН.

Дата: 31 октября 2018 года.

Мягков В.Г.

Согласен на  
обработку  
персональных  
данных.



А.О. Злотников