

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Мироновича Андрея Юрьевича «Разработка основ технологии получения тонких анизотропных пленок  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  с высокой степенью кристаллографической текстуры», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.3 – технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники

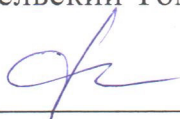
Гексагональные ферриты типа М, в частности  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ , широко используются в устройствах СВЧ-электроники, радиотехнике и системах связи. Хотя гексаферрит бария используется давно, исследования материалов на его основе продолжаются и по сей день. Одним из актуальных направлений исследований этого материала является изучение тонких пленок  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  для создания малогабаритных СВЧ-приборов нового поколения. Однако для работы таких устройств необходимы пленки с ярко выраженной анизотропией магнитных свойств и, как следствие, определенной кристаллографической текстурой. Обычно для синтеза текстурированных ферритовых пленок используют принципы эпитаксиального роста на пластинах монокристаллического сапфира  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (001). Такой выбор обусловлен сходством кислородных плоскостей сапфира (001) и гексаферрита (001), в которых атомы расположены в узлах гексагональной сетки. С другой стороны, высокая стоимость производства и обработки монокристаллов  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ограничивает их использование в качестве подложек. Частично, работа автора посвящена выращиванию пленок по другому принципу текстурообразования, заключающемуся в спонтанном ориентированном росте на аморфной поверхности зерен материалов с плотнейшей упаковкой, к которым можно отнести и гексаферрит. Использование аморфных подложек позволяет значительно снизить стоимость изготовления гексаферритовых пленок. Исходя из анализа литературных источников, автор заключает, что самый распространенный в электронике аморфный материал — диоксид кремния — для этой цели не подходит. Это связано с нарушением текстуры из-за диффузии кремния в пленку, обусловленной высокой температурой, необходимой для синтеза кристаллических пленок  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ . В работе автор занимается поиском аморфного барьерного слоя, позволяющего выращивать пленки гексаферрита на подложках кремния, и устанавливает, что наиболее подходящей для этих целей является комбинация слоев  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}_3\text{N}_4$ .

В качестве замечания следует отметить отсутствие доверительных интервалов на рисунках 18 и 19.

Несмотря на замечания, по актуальности и новизне исследований, практической значимости, диссертационная работа Мироновича А. Ю. является завершённым научным исследованием. Автореферат диссертационной работы **«Разработка основ технологии получения тонких анизотропных пленок  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  с высокой степенью кристаллографической текстуры»** полностью отражает ее суть, а само исследование может быть оценено только положительно. Считаю, что автор диссертации, Миронович А.Ю., достоин присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.3 – технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники

Согласен на официальную обработку персональных данных.

Доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Проблемной научно-исследовательской лаборатории электроники, диэлектриков и полупроводников Исследовательской школы физики высокоэнергетических процессов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»



/ Гынгазов Сергей Анатольевич

634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30.

тел. +73822701777 доп. 3495

e-mail: ghyngazov@tpu.ru

Подпись Гынгазова Сергея Анатольевича

удостоверяю

ученый секретарь ТПУ



Кулинич Е.А.