



ПЛУТОН

АО «Плутон»

ИНН 7709093255, КПП 770901001

105120 Москва, ул. Н.Сыромятническая, д.11

т. +7 (495) 730 36 19, ф. +7 (495) 737 56 90

www.pluton.msk.ru, info@pluton.msk.ru

Исход № 37-3848

04.11

2011 г.

О Т З Ы В

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 со структурой магнетоплюмбита являются известными магнитными материалами, нашедшими свое применение в СВЧ-технике. Анизотропные пленки гексаферритов представляют особый интерес в связи с возможностью значительного уменьшения массы и габаритов СВЧ-устройств. Однако к совершенству текстуры этих пленок предъявляются высокие требования. Известный метод изготовления анизотропных (монокристаллических) пленок – жидкофазная эпитаксия – малоприменим в производстве из-за высокой стоимости. С другой стороны, трудно получить пленки с нужными параметрами альтернативными недорогими методами, такими как химический синтез, трафаретная печать и аэрозольное напыление. В качестве компромисса используются распространенные методы вакуумного напыления (импульсное лазерное осаждение, методы ионного распыления). Тем не менее, использование этих методов имеет свои проблемы. Одной из проблем является выбор подложки, который ограничен соответствием кристаллической структуры и параметров решетки между материалом подложки и гексаферритом. Наиболее перспективные результаты были получены с подложками Al_2O_3 (001), но этот материал имеет высокую стоимость. Температура подложки является еще одним важным фактором, определяющим текстуру $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$. Например, пленки гексаферрита, осажденные при низких температурах, не обладают достаточной

кристалличностью. В этот момент требуется отжиг *ex situ*, но в случае толстых пленок эта операция может привести к ухудшению текстуры. Наилучший способ избежать этих проблем — установить температуру подложки на уровне 800 °С или выше (для гексаферрита бария), когда кристаллизация происходит непосредственно при осаждении. При этом начальные слои пленки наследуют ориентацию подложки, а последующие слои повторяют структуру предыдущих. К сожалению, некоторые аппараты не могут обеспечить такую температуру на подложках. Таким образом, разработка методов, позволяющих получать толстые пленки $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ без отжига *in situ*, имеет определенный смысл. Так, в своей работе автор предлагает разработанный им метод интервального напыления. Сравнивая характеристики пленок, полученных данным методом, с образцами, полученными по относительно известной методике последовательного осаждения и отжига, автор обнаруживает, что результаты применения его техники несколько хуже. При этом он приходит к выводу, что имеется возможность оптимизировать процесс, и, в итоге, получает качественные пленки с высокой степенью кристаллографической текстуры (>90%) микронной толщины. Более того, впервые такие пленки были получены на подложках Al_2O_3 (102).

Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне, логично изложена, автореферат соответствует содержанию диссертации. Соискатель заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.3 — технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники.

Заместитель генерального директора
по научно-технологическому развитию,
доктор технических наук

Подпись Ли И.П. удостоверяю:

Начальник отдела кадров



И.П. Ли
07.11.22

И.П. Ли

А.Е. Чвырева

А.Е. Чвырева