

УДК 53.539.23, 53.539.25

**ПРОСВЕЧИВАЮЩАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ МАГНИТНОМЯГКИХ ПЛЕНОК СИСТЕМЫ Fe-Zr-N (Zr = 2.4 и 5.3 ат.%)**

Дарья Дмитриевна Шкляева

Студент 4 курса <sup>(1)</sup>,

кафедра «Материаловедение»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

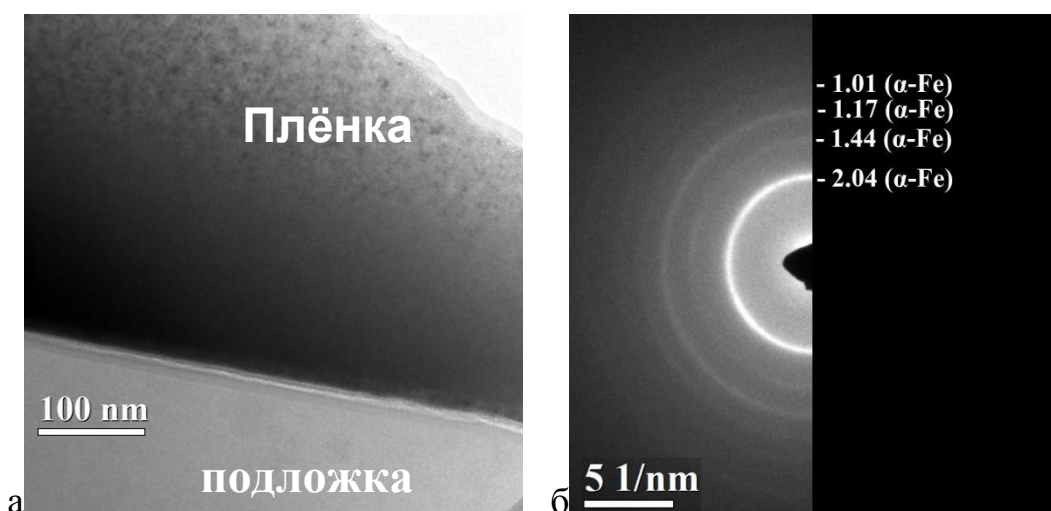
Научный руководитель: О.М. Жигалина,

доктор ф.-м. наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории электронной микроскопии ИК РАН

Пленки ферромагнитных сплавов системы Fe-Zr-N способны обеспечить сочетание высокой индукции насыщения  $B_s$  и низкой коэрцитивной силы  $H_c$  [1]. Такое фазово-структурное состояние, представленное ферромагнитной фазой на основе  $\alpha$ -Fe, дисперсно-упрочненное нитридами ZrN, получают в пленках при их магнетронном напылении с последующим отжигом. Применение просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), позволяет визуализировать особенности тонкой структуры таких материалов [2]. В данной работе методами ПЭМ выполнены исследования фазово-структурного состояния плёнок системы Fe-Zr-N, полученных методом магнетронного напыления.

Пленки получены методом высокочастотного реактивного магнетронного распыления мишеней, представлявших собой Fe диск с равномерно распределенными по нему кусочкам Zr. Осаждение проводили в газовой атмосфере состава Ar, Ar+5%N<sub>2</sub> и Ar+15%N<sub>2</sub> на подложку из жаропрочного стекла. После напыления плёнки подвергали отжигу при температурах 400 и 600 °C в течение 1 часа для исследования их термической стабильности. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) выполнена с помощью электронного микроскопа Tecnai G<sup>2</sup> 30ST при ускоряющем напряжении 300 кВ. Образцы для электронно-микроскопических исследований готовили в виде поперечных срезов. Для обработки и анализа изображений, полученных в электронном микроскопе, использовали программы Digital Micrograph и TIA.

Показано, что фазовый состав и структура плёнок меняются с изменением параметров магнетронного напыления и зависят от состава мишени, состава и давления газовой среды. В пленках образуется различное сочетание следующих нанокристаллических фаз: ОЦК - твёрдый раствор на основе  $\alpha$ -Fe, ZrO<sub>2</sub>, FeZr<sub>2</sub>, ZrN и Fe<sub>x</sub>N с размерами зерен от 2 до 15 нм (рис. 1, 2).

Рис.1. ПЭМ-изображение и соответствующая электронограмма (Zr=5.3 ат.%, Ar+5%N<sub>2</sub>)

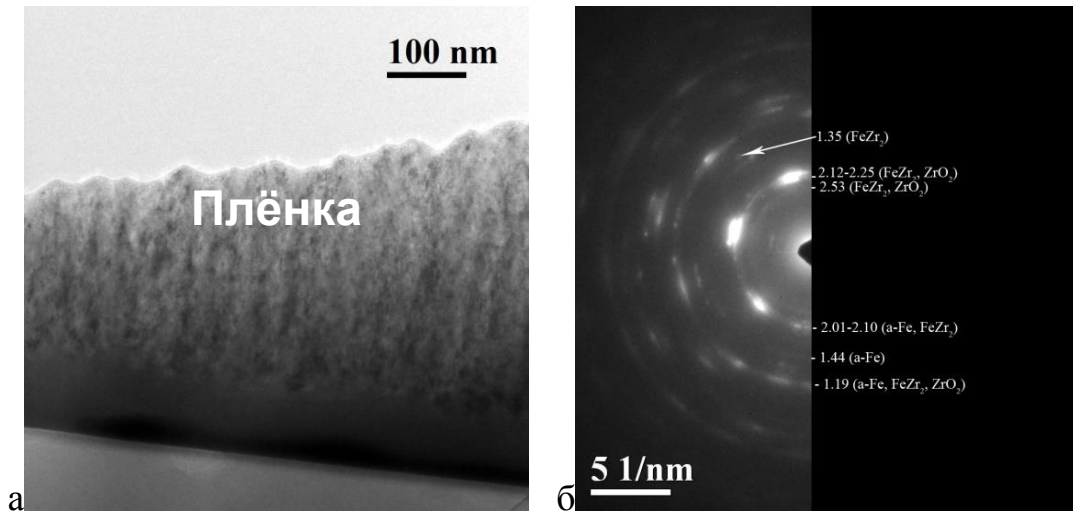


Рис.2. ПЭМ-изображение и дифракционная картина от пленки ( $Zr=5.3$  ат.%,  $Ar+5\%N_2$ )

### Литература

1. Шефтель Е.Н. Магнитомягкие нанокристаллические плёнки сплавов Fe–тугоплавкая фаза внедрения для применения в устройствах магнитной записи //Материаловедение.- 2009- №4.- С.10-17.
2. Жигалина О.М., Хмеленин Д.Н., Шефтель Е.Н., Усманова Г.Ш., Иноие М. Эволюция фазово-структурного состояния при отжиге плёнок Fe-ZrN, полученных методом магнетронного распыления // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные, нейтронные исследования. - 2010. - №9. - С. 29–34.
3. Жигалина О.М., Хмеленин Д.Н., Шефтель Е.Н., Усманова Г.Ш., Васильев А.Л., Карлсон А. Электронная микроскопия фазово-структурных превращений в магнитомягких нанокристаллических плёнках Fe-Zr-N // Кристаллография. – 2013- №2. - т. 58. - С. 327-336.