

УДК 539.234, 538.9

М.В. ПАСЫНКОВ¹, Р.В. ЮСУПОВ¹, И.В. ЯНИЛКИН¹, И.Р. ВАХИТОВ¹, А.И. ГУМАРОВ¹,
А.Г. КИЯМОВ¹, А.Л. ЗИННАТУЛЛИН¹, Л.Р. ТАГИРОВ^{1,2}

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНКОЙ ПЛЁНКИ СПЛАВА PdFe С УПОРЯДОЧЕННОЙ $L1_0$ -СТРУКТУРОЙ*

Описаны условия синтеза и результаты исследования тонкой плёнки сплава PdFe с упорядоченной $L1_0$ -структурой. Описана эволюция кристалличности пленки на разных этапах синтеза. Перпендикулярный характер магнитокристаллической анизотропии подтвержден данными магнитометрии и мессбауэровской спектроскопии. Результатом работы стало заключение о возможности практического применения полученной структуры в качестве среды для сверхплотной магнитной записи цифровой информации.

Ключевые слова: тонкая пленка, сплав палладий – железо, перпендикулярная магнитная анизотропия.

Введение

Количество информации, записываемой и обрабатываемой в информационно-коммуникационных системах, стремительно растёт. Большая её часть хранится на жёстких дисках, использующих принцип магнитной записи на носитель из ферромагнитных материалов. Их ёмкость можно увеличить, уменьшая размер бита информации – намагниченной области среды записи, однако этот размер конечен и ограничен суперпарамагнитным пределом. Последний связан с высотой потенциального барьера между минимумами энергии, отвечающими 0 и 1, которая, в свою очередь, в приближении одноосной магнитной анизотропии равна произведению константы анизотропии и объема намагниченной области. Соответственно для минимизации размера бита требуются материалы с большой константой анизотропии, причем желательно, чтобы легкая ось намагничения была перпендикулярна поверхности пластины диска.

Эпитаксиальные тонкие плёнки сплава PdFe представляют интерес в качестве перспективных материалов для магнитных носителей с высокой плотностью записи и устройств памяти с произвольным доступом на основе магниторезистивного эффекта. В настоящее время плотность записи в существующих жестких дисках с перпендикулярной записью достигает 800–900 Гбит/дюйм². Однако такие значения плотностей фактически являются предельными, и для дальнейшего их увеличения требуются новые материалы и физические принципы [1]. Использование материалов с сильной перпендикулярной анизотропией, таких, как $L1_0$ -фаза PtFe или PdFe, позволит достичь плотности 10 Тбит/дюйм² [2]. При этом, однако, потребуются реализация такой технологии, как термоассистированная магнитная запись (HAMR – Heat-Assisted Magnetic Recording) [3].

Чтобы добиться перпендикулярной магнитной анизотропии, важно контролировать условия синтеза пленок [4]. Так, успешно были выращены пленки бинарных сплавов PtCo и PtFe, обладающие сильной ($\sim 6.6 \cdot 10^7$ эрг/см³) [5] перпендикулярной магнитной анизотропией [6, 7].

Эпитаксиальный рост плёнки сплава PdFe при температурах ниже 770 К приводит к формированию неупорядоченной A1-структуры, имеющей гранецентрированную кубическую решётку [8]. Система совершает фазовый переход к упорядоченной $L1_0$ -тетрагональной структуре при близком к эквиаtomному соотношению концентраций палладия и железа при температуре 920 К. Эта упорядоченная структура состоит из чередующихся плоскостей атомов Fe и Pd. При этом константа анизотропии имеет величину более 10^7 эрг/см³ [5, 9].

Целью настоящей работы был синтез и исследование структуры и магнитных свойств тонкой эпитаксиальной пленки упорядоченной фазы $L1_0$ -PdFe. В ходе экспериментов мы отчасти исходили из условий синтеза пленки PdFe на подложке MgO, описанных в работе [4]. Напыление было проведено в несколько этапов, с использованием вспомогательных слоёв Pd, которые послужили для снятия механических напряжений на границах раздела подложка – плёнка и для защиты магнитной пленки от окисления на воздухе.

* Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 18-12-00459.