

Magnetic thin films for spintronics

In FLNP, reflectometry of polarized neutrons are applied to study the properties of magnetic thin films with a complex layered structure.

The present-day technological level of magnetron sputtering and molecular beam epitaxy make it possible to produce layered heterostructures with extremely small (up to one nanometer) layer thicknesses. Due to the commensurability of layer thicknesses with different correlation lengths, such structures exhibit a number of new and unusual (in comparison with macroscopic systems) effects, which opens up new opportunities for the development of nanotechnologies. Of particular interest today are low-dimensional combined structures with superconducting and ferromagnetic proper-

ties, in which the antagonism of these properties, on the one hand, and the closeness in the magnitude of the exchange interaction length and coherent superconductivity length in a ferromagnet, on the other hand, leads to the realization of fundamentally new temperature phenomena related to magnetic and superconducting states in layered structures. Interest in such systems is due to the need for alternative (to classical semiconductor) technologies, for example, in the framework of the development of spintronics and the creation of a quantum computer.

A group of researchers from FLNP and the Institute of Metal Physics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Yekaterinburg) carried out a

Fig. 1. Periodic heterostructures with superconducting/ferromagnetic layers and their characterization by magnetometry and reflectometry of polarized neutrons for determining magnetization distribution in the layers.

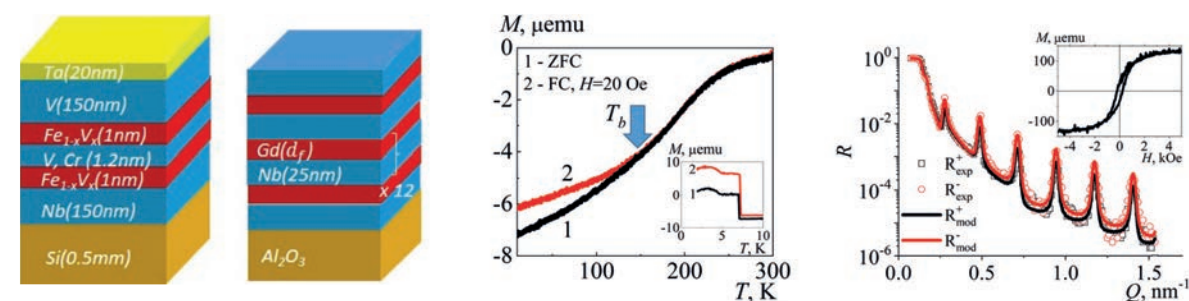


Рис. 1. Периодические гетероструктуры со сверхпроводящими/ферромагнитными слоями и их характеристика методами магнитометрии и рефлектометрии поляризованных нейтронов для определения распределения намагниченности в слоях.

Магнитные тонкие плёнки для спинтроники

В ЛНФ с помощью рефлектометрии поляризованных нейтронов изучают свойства магнитных тонких плёнок со сложной слоистой структурой.

Современный технологический уровень методов магнетронного напыления и молекулярно-лучевой эпитаксии делает возможным изготовление слоистых гетероструктур с экстремально малыми (до одного нанометра) толщинами слоев. Из-за соразмерности толщин слоев с различными корреляционными длинами в таких структурах наблюдается множество новых и необычных (в сравнении с макроскопическими системами) эффектов, которые открывают новые возможности для развития нанотехнологий. Особый интерес сегодня представляют низкоразмерные комбинированные структуры со сверхпроводя-

щими и ферромагнитными свойствами, в которых antagonism этих свойств, с одной стороны, и близость по величине длины обменного взаимодействия и когерентной длины сверхпроводимости в ферромагнетике, с другой стороны, приводят к реализации принципиально новых температурных явлений, связанных с магнитными и сверхпроводящими состояниями в слоистых структурах. Интерес к таким системам обусловлен потребностью в альтернативных (к классическим полупроводниковым) технологиях, например, в рамках развития спинтроники и создания квантового компьютера.

Группа исследователей из ЛНФ и Института физики металлов УрО РАН (г. Екатеринбург) проводила комплексный анализ магнитных гетеро-

структур со сверхпроводящими свойствами, где решающими являются эксперименты по рефлектометрии поляризованных нейтронов на установке РЕМУР реактора ИБР-2 (Рис. 1). Детально изучались магнитные и сверхпроводящие свойства неоднородных многослойных структур с чередующимися сверхпроводящими и ферромагнитными слоями (например, ниобий/гадолиний). Наблюдались новые, не предсказанные ранее, эффекты. Установлено, что сверхпроводящие и магнитные свойства исследованных гетероструктур обусловлены наличием суперпарамагнитных кластеров. На данный момент ведутся исследования редкоземельных плёнок на основе диспрозия и гольмия с нетривиальным магнитным упорядочением. Для более качествен-

ного анализа слоистых структур создана и применена новая мода на рефлектометре РЕМУР: регистрация сопутствующего вторичного излучения в виде заряженных частиц и гамма-квантов, вылетающих после захвата нейтронов ядрами вещества и в виде нейтронов с переворотом спина при отражении от магнитно-неколлинеарной среды (Рис. 2). В результате пространственное разрешение при определении из рефлектометрических кривых положения излучающего слоя улучшено до 1 нм.

Результаты работ могут использоваться в разработке систем с заданными электронными свойствами, например, сверхпроводящих спиновых вентилях, устройств магнитной памяти, инжекторов поляризованных электронов.

Fig. 2. Ionization chamber (1 — neutron beam; 2 — input and output windows; 3 — cathode; 4 — grid; 5 — mesh frame; 6 — anode) for measuring intensity of reflected neutrons (1) and charged particles (2) from Cu(10nm)/V(55nm)/CoFe(5nm)/⁶LiF(5nm)/V(15nm)//glass. Neutron reflection coefficient (1,2) and the coefficient of secondary radiation (gamma-rays) (3,4).

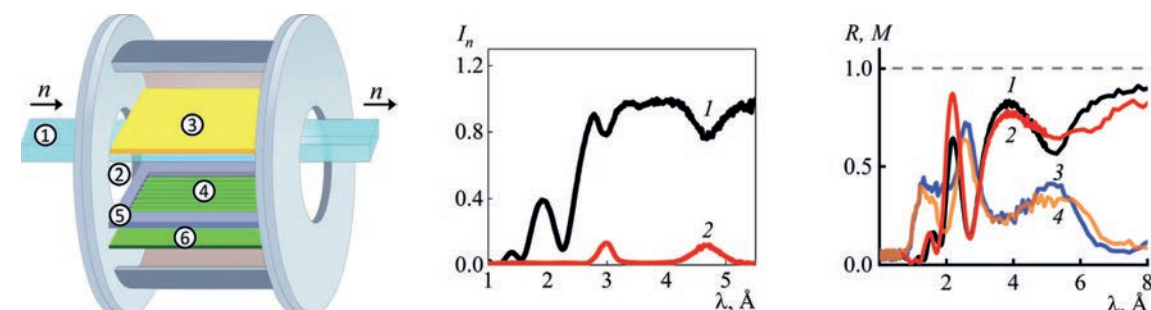


Рис. 2. Ионизационная камера (1 — пучок нейтронов; 2 — входное и выходное окна; 3 — катод; 4 — сетка; 5 — рамка сетки; 6 — анод). Интенсивность отраженных нейтронов (1) и заряженных частиц (2) для Cu(10нм)/V(55нм)/CoFe(5нм)/⁶LiF(5нм)/V(15нм)//стекло. Коэффициент отражения нейтронов (1,2) и коэффициент вторичного излучения (гамма-кванты) (3,4).

структур со сверхпроводящими свойствами, где решающими являются эксперименты по рефлектометрии поляризованных нейтронов на установке РЕМУР реактора ИБР-2 (Рис. 1). Детально изучались магнитные и сверхпроводящие свойства неоднородных многослойных структур с чередующимися сверхпроводящими и ферромагнитными слоями (например, ниобий/гадолиний). Наблюдались новые, не предсказанные ранее, эффекты. Установлено, что сверхпроводящие и магнитные свойства исследованных гетероструктур обусловлены наличием суперпарамагнитных кластеров. На данный момент ведутся исследования редкоземельных плёнок на основе диспрозия и гольмия с нетривиальным магнитным упорядочением. Для более качествен-

ного анализа слоистых структур создана и применена новая мода на рефлектометре РЕМУР: регистрация сопутствующего вторичного излучения в виде заряженных частиц и гамма-квантов, вылетающих после захвата нейтронов ядрами вещества и в виде нейтронов с переворотом спина при отражении от магнитно-неколлинеарной среды (Рис. 2). В результате пространственное разрешение при определении из рефлектометрических кривых положения излучающего слоя улучшено до 1 нм.

Результаты работ могут использоваться в разработке систем с заданными электронными свойствами, например, сверхпроводящих спиновых вентилях, устройств магнитной памяти, инжекторов поляризованных электронов.