

лучения. Были исследованы основные (намагниченность насыщения M_0 , величина поля локальной анизотропии $\sqrt{D} H_a$) и интегральные (коэрцитивная сила H_c , величина резонансного поля H_r , ширина линии ФМР – ΔH) магнитные характеристики полученных образцов. Исследования низкотемпературных и полевых зависимостей намагниченности насыщения $M(T)$ и $M(H)$ показали, что CoP/Cu порошки представляют собой мелкодисперсную смесь ферромагнитной и суперпарамагнитной фаз. Ферромагнитная фаза в случае композитных порошков с аморфным ядром характеризуется полем локальной анизотропии равным по величине 2,4 КЭ и практически не меняется при изменении концентрации меди. Намагниченность насыщения композитных порошков M_0 убывает монотонно с увеличением концентрации меди от 700 Гс до 66 Гс в ряду концентраций меди от 20 до 90 ат.%. Величина ΔH ФМР остается постоянной вплоть до 50 ат.%, при дальнейшем увеличении толщины слоя меди наблюдается резкое уменьшение значения ΔH ФМР с 3,0 КЭ для $(Co_{88}P_{12})_{50}/Cu_{50}$ порошка до 1,6 КЭ для частиц состава $(Co_{88}P_{12})_{10}/Cu_{90}$. Увеличение содержания меди свыше 60 ат.% приводит также и к изменению величины коэрцитивной силы. Так, если порошки $(Co_{88}P_{12})_{100-x}/Cu_x$ с $x < 60$ ат.% характеризуются значением $H_c = 250$ Э, то при $x > 60\%$ значение H_c возрастает до 450 Э.

Обработка ультрадисперсных порошков в мельницах различного типа (так называемый механохимический синтез или механическое сплавление) позволяет, изменяя величину энергонасыщенности системы, получать метастабильные фазы с уникальными свойствами, которые зачастую не реализуются при изготовлении сплавов другими методами. В частности, механическое сплавление (МС) осуществляется даже в системах с положительной энтальпией смешения, таких как сплавы Fe-Cu, Ag-Cu, Co-Cu. В данной работе в качестве исходных реагентов МС были использованы вышеназванные порошки композиционных частиц $(Co_{88}P_{12})_{100-x}/Cu_x$, представляющих собой ядро из сплава Co-P, покрытого слоем меди. Таким образом, еще до начала процесса механосплавления была сформирована обширная контактная поверхность, что должно было значительно ускорить процесс формирования метастабильного твердого раствора Co-Cu.

Действительно, сравнительное исследование МС пересыщенных твердых растворов из смесей порошков Co-P и Cu и композиционных порошков $(Co-P)_{100-x}/Cu_x$ показало, что механическое сплавление композиционных порошков с аморфным ядром протекает гораздо быстрее, чем аналогичных порошков, но с кристаллическим ядром, либо механических смесей порошков Co-P и Cu. Таким образом, основная «физико-химическая» причина ускорения процесса механосплавления порошков с композиционными частицами – это уже существующая в них обширная межфазная граница сплавляемых компонент и высокая энергонасыщенность одного из компонент.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФМР И СВР В ПЛЕНКАХ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ (Fe-Ni)-P

Чеканова¹ Л.А., Мороз² Ж.М., Карпенко¹ С.А.
¹Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, Красноярск,
²Филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, Красноярск

В последние годы интенсивно изучаются материалы с нанокристаллической структурой (средний размер зерна около 10-100nm). Физические свойства их значительно отличаются от свойств их крупнокристаллических аналогов [1,2]. Особый интерес вызывает диапазон концентраций ~30ат% Ni, используемых на практике нанокристаллических пленок сплава Fe-Ni, где структурные и химические неоднородности обуславливают необычные физические свойства данных инварных сплавов. Эти неоднородности могут проявлять себя во флуктуациях основных параметров спиновой системы: намагниченности M_s , константы обменного взаимодействия A_{eff} , константы локальной магнитной анизотропии K . Информация о типе магнитных неоднородностей и их пространственной протяженности может быть получена из анализа спектров спиновых волн

Представленная работа посвящена экспериментальному исследованию методом спин-волнового резонанса (СВР) и ферромагнитного резонанса (ФМР) особенностей магнитных свойств нанокристаллических пленок сплава (Fe-Ni)-P (с размером зерна ~10 нм), синтезированных методом химического осаждения во всем диапазоне концентраций, который позволяет получать концентрацию вакансий близкую к предплавильному состоянию.

Впервые возможность возбуждения обменно-связанных спиновых волн однородным высокочастотным магнитным полем в тонкой магнитной пленке, намагниченной перпендикулярно плоскости, была предсказана Киттелем. Основой расчета явилась предложенная им модель однородно намагниченной ферромагнитной пленки с жестким закреплением спинов на ее поверхности. Дисперсионное соотношение в этом случае имело вид:

$$\frac{\omega}{g} = H - 4\pi M + \frac{2A}{M} k^2$$

где ω – частота внешнего переменного поля, γ – магнитомеханическое отношение, H – величина внешнего постоянного магнитного поля, A – постоянная обменного взаимодействия, $k = \pi n/d$ (n – порядковый номер моды в спектре СВР, d – толщина пленки). В этом случае дисперсионный закон $\omega(k)$ квадратичен по k и при постоянной частоте эксперимента $\omega = \text{const}$ распределение резонансных полей пиков СВР также квадратично по k . Тангенс угла наклона зависимости $H_i(n)$ определяется значением константы спин-волновой жесткости $\eta = 2A/M$, где M – намагниченность насыщения. Спин волновая жесткость может быть легко измерена:

$$\eta = \frac{H_i - H_j}{n_j - n_i} \cdot \frac{d^2}{\pi^2}, \text{ а затем вычислена } A.$$

Для неоднородных ферромагнетиков наблюдаются отклонения от квадратичного закона дисперсии для спиновых волн. Исследование подобных отклонений или модификаций закона дисперсии методом спин-волновой спектроскопии может служить источником важнейшей структурной информации [1]. Для ферромагнетика со случайно флуктуирующими в пространстве спиновыми параметрами – обменом A , намагниченностью M , анизотропией, флуктуации магнитных параметров приводят к характерным для данного параметра модификациям закона дисперсии. По типу модификации, по особым точкам спектра можно судить о характере флуктуаций (т.е. типе главного флуктуирующего параметра), радиусе корреляции флуктуаций и амплитуде (среднеквадратичном отклонении γ) флуктуаций параметров спиновой системы неоднородного ферромагнетика.

Для исследований были получены нанокристаллические пленки (Fe-Ni)-P в диапазоне концентраций Ni от 0 до 100%. Концентрация фосфора в образцах составляла 2 ат.%. Спектры СВР изучались на спектрометре x-band ($f = 9,2$ GHz) при комнатной температуре.

На исследуемых пленках образцах были зафиксированы спектры СВР во всем диапазоне концентраций Ni. Измерены зависимости магнитных парамет-

ров M_{eff} , ΔH от концентрации Ni причем зависимость $A_{\text{eff}}(x)$ впервые определена в инвариантной области (35-40 ат.% Ni). Показано, что в инвариантной области наблюдается отклонение закона дисперсии $\omega(k)$ от квадратичного закона, вызванные флуктуацией обменной константы «изломы по обмену». В области, далекой от инвариантной, наблюдается модификация $\omega(k)$ обратного типа обусловленная флуктуациями намагниченности – «излом по намагниченности» [2].

Таким образом, нам впервые удалось методом химического осаждения получить макрооднородные и однофазные пленки на основе сплава Fe-Ni во всем диапазоне концентраций, пригодные для исследования методом СВР, что позволило зафиксировать смену типа доминирующего флуктуирующего параметра вблизи инвариантной области и определить размеры пространственной неоднородности флуктуаций обменной константы в инвариантной области и флуктуаций намагниченности вне этой области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Игнатченко В.А., Исхаков Р.С., Чеканова Л. А., Изучение дисперсионного закона для спиновых волн в аморфных пленках методом СВР. // ЖЭТФ – 1978. - Т.75, -С.653.
2. Р.С. Исхаков, С.В. Столяр, Л.А. Чеканова, В.С. Жигалов // ФТТ, 2001, том 43, вып. 6, стр. 1072

Новые медицинские технологии

ГАЗОВЫЙ СОСТАВ ДЕРИВАТОВ ГЕМОГЛОБИНА У ЗДОРОВЫХ ЛИЦ И БОЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗОДЕФИЦИТНОЙ АНЕМИЕЙ

Бескровная Е.В., Глотов А.В.,
Климов А.И., Пахоменко А.Г.,
Потуданская М.Г., Семиколова Н.А.

Цель работы: изучение структуры газового состава гемоглобина и его производных у здоровых лиц и больных железодефицитной анемией.

Материал и методы: первую группу составляли 87 здоровых женщин, не имеющих в анамнезе указаний на наличие хронических заболеваний. Вторую группу - 77 женщин, у которых имелась железодефицитная анемия. С помощью многоволнового спектрофотометрического метода (Лаборатория биофизики Омского государственного университета, Россия) проводилось одновременное определение четырех производных гемоглобина: оксигемоглобина, дезоксигемоглобина, карбоксигемоглобина и метгемоглобина. Для исследования использовались образцы гепаринизированной крови, взятой из локтевой вены у человека. Готовился 1% раствор крови следующим образом: к 20 мл дистиллированной воды добавляли 0,06 мл 0,04% раствора аммиака (для просветления раствора) и 0,5 мл крови, после гемолиза через 1-2 мин добавляли 25 мл буферного раствора 0,0667 М К, Na - фосфат, рН 7,2. Общий объем раствора доводили

дистиллированной водой до 50 мл. Регистрация спектров производилась в течение 1 часа после забора крови в диапазоне 450-650 нм в кварцевой кювете с оптической длиной пути 1,001 см с применением двухлучевого спектрофотометра СФ-20М (ЛОМО, Россия) с автоматической регулировкой ширины щели. Обработка результатов осуществлялась с использованием программы "HemoSpectr" (Институт сенсорной микроэлектроники СО РАН, г. Омск).

Результаты лабораторных исследований свидетельствуют о значительном снижении средних значений процентного содержания оксигемоглобина во второй группе (50,2%) по сравнению со здоровыми лицами (95%). При этом диапазон изменения параметра увеличивается (стандартное отклонение процентного содержания оксигемоглобина для здоровых лиц – 1,5, а для больных анемией – 13,34). В группе больных железодефицитной анемией также выявлено достоверное повышение процентного содержания карбоксигемоглобина (с $1,3 \pm 4\%$ до $2,7 \pm 7\%$) и метгемоглобина (с $1,1 \pm 2,2\%$ до $2,2 \pm 6,9\%$). Такое изменение параметров содержания дериватов гемоглобина при железодефицитной анемии обусловлено не только снижением уровня гемоглобина в целом и свидетельствует о нарушении кислородтранспортной функции, но и, возможно, отражает формирование невыраженных форм метгемоглобинемии и карбоксигемоглобинемии. Можно предполагать, что пероксиды, оксиды