

УДК 527.632

МАГНИТООПТИЧЕСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК Co-P В ОБЛАСТИ НАНОТОЛЩИН

© 2016 г. Л. В. Буркова¹, А. В. Чжан^{1,2,*}, А. Э. Соколов¹, Н. Н. Косырев¹,
К. В. Табакаева², Г. С. Патрин^{1,2}

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики имени Л.В. Киренского
Сибирского отделения Российской академии наук, Красноярск

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования
“Сибирский федеральный университет”, Красноярск

*E-mail: avchz@mail.ru

На основе экспериментально полученных данных установлены особенности оптических и магнитооптических свойств поликристаллических пленок CoP в области нанотолщин. Обнаружено, что спектры оптических параметров n , k и магнитного кругового дихроизма (МКД) проявляют значительную зависимость от толщины, которая свидетельствует о различных механизмах, ответственных за магнитооптическую активность при малых толщинах и в объеме.

DOI: 10.7868/S0367676516110168

Интерес к исследованиям пленок Co-P вызван прежде всего возможностью их практического применения в самых различных технических областях. С научной точки зрения, сплав Co-P можно рассматривать как модельный представитель материалов класса металл–металлоид [1]. Потребности нанотехнологии предполагают необходимость исследования пленок, толщина которых в пределах нанодиапазона (от одного до нескольких десятков нм). Этот диапазон – переходной от двумерных систем к образцам с почти объемными параметрами. С уменьшением толщины увеличивается вклад поверхностных эффектов, которые являются следствием изменения симметрии локального окружения на поверхности, координационного числа и т.д., при этом также возрастает влияние окисного слоя, границ раздела между слоями, шероховатости их поверхности. Малая толщина пленки приводит к ограничению движения электронов нормально поверхности и при толщине, сравнимой с длиной свободного пробега, должны проявляться размерные эффекты. Эти особенности низкоразмерного состояния отражаются в изменениях электронной структуры, которые наиболее эффективно исследуют с помощью спектральных оптических и магнитооптических методик [2].

Использование измеренных оптических и магнитооптических констант позволяет провести модельные расчеты и сравнить их с экспериментальными зависимостями и, таким образом, по-

нять механизмы влияния толщины на магнитооптические свойства Co-P, а также выявить особенности изменения электронной структуры Co при введении P.

Несмотря на достаточно большое число работ, посвященных исследованию магнитных свойств пленок Co-P, их оптические и магнитооптические свойства в области нанотолщин практически не изучены.

В данной работе приведены результаты изменений оптических и магнитооптических параметров для пленок Co-P толщиной нанодиапазона, полученных с помощью химического осаждения.

Поликристаллические пленки Co-P получены химическим осаждением ионов на стеклянные подложки из раствора, который содержал (в мг/л): сульфат кобальта – 30, гипофосфит натрия – 10, лимоннокислый натрий – 80, аммиак 30 мг/л. Содержание фосфора в поликристаллических образцах составляло 4.7 ат. %[3]. Кислотность растворов pH была равна 9, температура – 95°C. В соответствии со спецификой технологии химического осаждения исследуемые образцы представляли собой трехслойную систему: слой SnO₂ толщиной 1 нм, слой Pd толщиной 5 нм и сверху пленка Co-P, толщина которой в интервале 3–100 нм.

Спектральные зависимости оптических параметров были измерены методом спектральной эллипсометрии, основанным на изменении поляризации света при отражении от поверхности образца с определением отношения комплексных

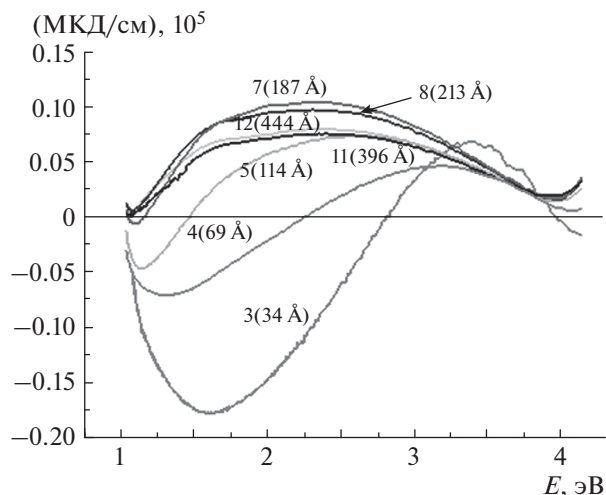


Рис. 1. Спектры МКД поликристаллических пленок Co-P, приведенные к толщине. Напряженность магнитного поля 1.2 Тл.

коэффициентов отражения для p и s (соответственно параллельной и перпендикулярной к плоскости падения) поляризаций света. При интерпретации экспериментальных данных учитывали все три слоя, осажденные на стеклянную подложку. При этом два первых слоя (SnO_2 , Pd) рассматривали как оптически однородные, в то время как слой Co-P представляли оптически неоднородным. В расчетах были использованы размеры поверхностных неоднородностей, полученные с помощью атомного силового микроскопа (АСМ) на пленках толщиной от 3.2 до 70 нм.

Магнитный круговой дихроизм — разность коэффициентов поглощения для лево и право поляризованного света, в области от 1 до 4 эВ измеряли на установке для спектрполяриметрических исследований с использованием метода модуляции поляризации световой волны. Погрешность измерения составляла 10^{-5} отн. ед., спектральное разрешение ~ 0.02 эВ.

Как следует из рис. 1, спектры МКД толстых образцов (7, 8, 11, 12) полностью лежат в положительной области и по форме близки к спектрам МКД толстой пленки Co. Спектры образцов с меньшей толщиной (3, 4, 5) имеют как положительный, так и отрицательный вклад. Кроме того, с увеличением толщины для этих образцов наблюдается сдвиг в низкоэнергетическую часть спектра как максимумов положительных и отрицательных пиков, так и переходов кривых через ноль.

На рис. 2 спектры МКД представлены как суперпозиция нескольких пиков гауссовой формы A , B , C положения которых лежат в районе 1.5, 2.2 и 3.36 эВ соответственно, и незначительно меня-

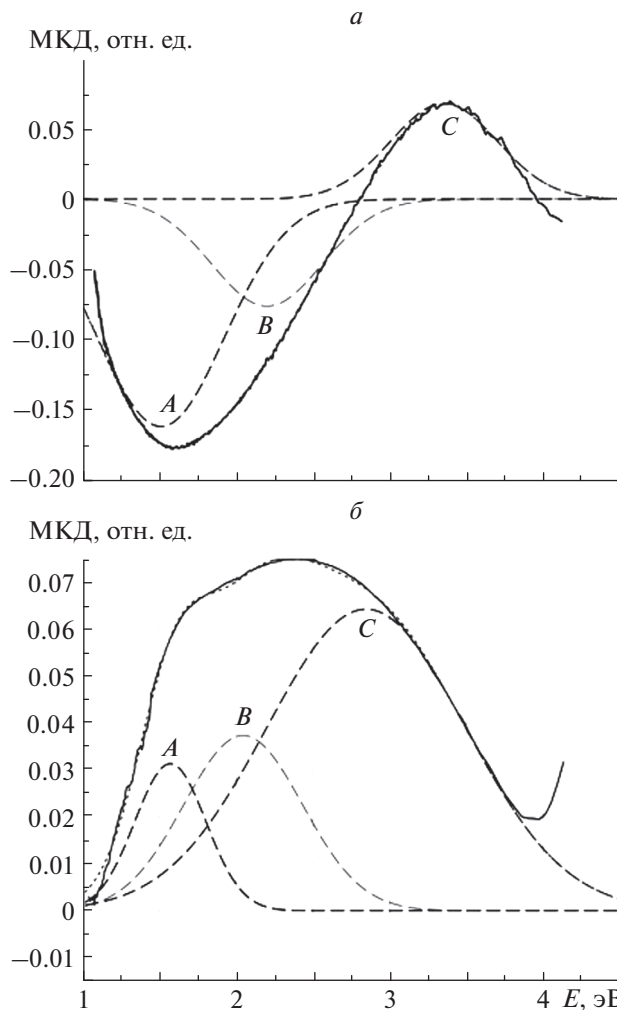


Рис. 2. Пример разложения спектров МКД на гауссовы составляющие для пленок Co-P различной толщины: a — толщина пленки 3.4 нм; b — толщина пленки 44.4 нм.

ются в зависимости от толщины пленки. По литературным данным [4] эти переходы соответствуют межзонным переходам в Co. Следует отметить, что изменение величины амплитуды данных пиков носит различный характер. Если амплитуда пика C при всех исследованных толщинах пленки Co-P имеет положительное значение, амплитуда пиков A и B при малых толщинах имеет условно отрицательное значение и с увеличением толщины пленки меняется на положительное.

На рис. 3 показаны полученные значения показателя преломления n и коэффициента поглощения k в зависимости от длины волны для пленок разных толщин. Можно отметить следующие особенности: a — явно выраженная зависимость от толщины, что свидетельствует об изменении электронной структуры в этом диапазоне тол-

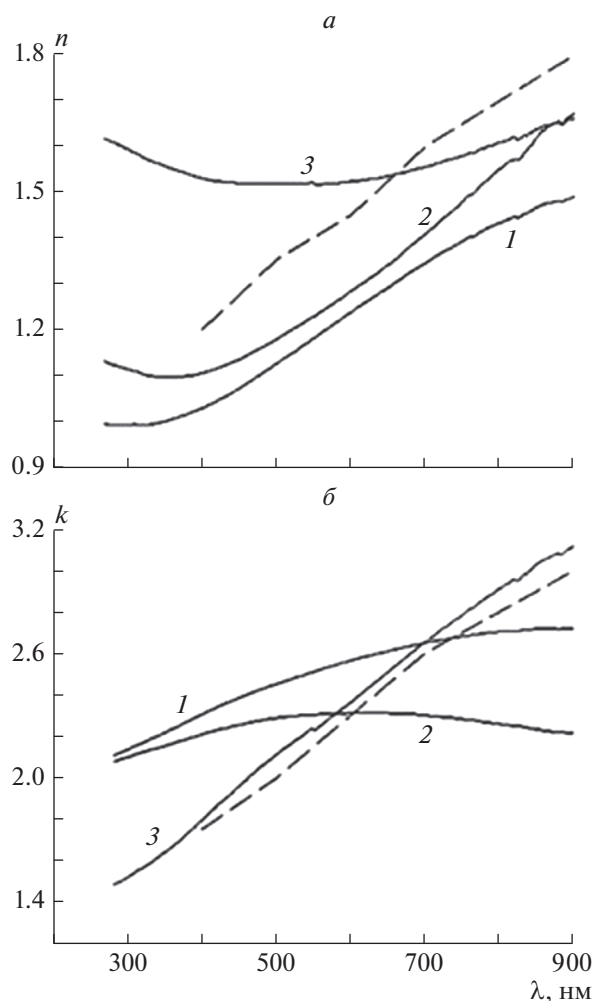


Рис. 3. Спектральные зависимости показателя преломления n и поглощения k пленок Со-Р для разных толщин (сплошные линии): 1 – 11,4, 2 – 21,3, 3 – 73,6 нм. Пунктирной линией показаны данные из работы [5].

щин; б – характер зависимостей и значения параметров существенно различаются для пленок малых толщин и для пленки толщиной 73,6 нм, ко-

торая проявляет свойства массивного образца. Значения показателя поглощения для пленки толщиной 73,6 нм хорошо согласуются с литературными данными. Это, по-видимому, связано с тем, что данная толщина попадает в исследованный в работе [5] диапазон толщин 70–300 нм. Различия же в значениях показателя преломления с литературными данными требуют дополнительных исследований. Наблюдаемое расхождение можно лишь попытаться объяснить различием размеров поверхностных неоднородностей. Кроме того, возможно существование окисного слоя на поверхности пленки Со-Р, который может действовать как область с отличной от остальной пленки электронной структурой и как дополнительная граница раздела [6], что должно сказаться в первую очередь на показателе преломления.

Приведенные данные свидетельствуют о специфике оптических параметров и различном механизме образования магнитооптической активности толстых и тонких пленок Со-Р. Для более детального выяснения причин особенностей магнитооптических и оптических свойств пленок Со-Р необходимы дальнейшие как экспериментальные, так и теоретические исследования.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 14-02-00238-а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Stein F.A., Dietz G. // J. Magn. Magn. Mater. 1992. V. 117. P. 45.
2. Ганьшина Е.А., Богородицкий А.А., Кумаритова Р.Ю. и др. // Физика тв. тела. 2001. Т. 43. С. 1061.
3. Chzhan A.V., Patrin G.S., Kiparisov S.Ya. et al. // J. Magn. Magn. Mater. 2011. V. 323. P. 2493.
4. Сташук В.С., Мовсесян Л.Р. // Укр. физ. журн. 1986. Т. 31. № 11. С. 1656.
5. Baker A.R., Carey R., Thomas B.W.J. // Thin Solid Films. 1976. V. 37. P. L8.
6. Mulders A.M., Loosvelt H., Rodriguez A.F. et al. // J. Phys. Cond. Matter. 2009. V. 21. P. 124211/1.