



(51) МПК
C30B 23/06 (2006.01)
C30B 23/08 (2006.01)
C30B 29/52 (2006.01)
C23C 14/02 (2006.01)
C23C 14/14 (2006.01)
C23C 14/32 (2006.01)
B82B 3/00 (2006.01)
B82Y 5/00 (2011.01)
B82Y 40/00 (2011.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C30B 23/066 (2020.08); *C30B 23/08* (2020.08); *C30B 29/52* (2020.08); *C23C 14/021* (2020.08); *C23C 14/14* (2020.08); *C23C 14/32* (2020.08); *B82B 3/0009* (2020.08); *B82Y 5/00* (2020.08); *B82Y 40/00* (2020.08); *Y10S 977/81* (2020.08); *Y10S 977/891* (2020.08); *Y10S 977/904* (2020.08); *Y10S 977/933* (2020.08); *C01P 2002/70* (2020.08); *C01P 2004/51* (2020.08); *C01P 2004/64* (2020.08); *C01P 2004/82* (2020.08)

(21)(22) Заявка: 2020123118, 07.07.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
07.07.2020Дата регистрации:
05.05.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 07.07.2020

(45) Опубликовано: 05.05.2021 Бюл. № 13

Адрес для переписки:

660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50,
стр. 38, ИФ СО РАН, отдел патентной и
изобретательской работы

(72) Автор(ы):

Смолярова Татьяна Евгеньевна (RU),
Тарасов Иван Анатольевич (RU),
Яковлев Иван Александрович (RU),
Немцев Иван Васильевич (RU),
Варнаков Сергей Николаевич (RU),
Овчинников Сергей Геннадьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение "Федеральный
исследовательский центр "Красноярский
научный центр Сибирского отделения
Российской академии наук" (ФИЦ КНЦ СО
РАН, КНЦ СО РАН) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: TARASOV I.A. et al. Growth of
Textured Au-Fe/Fe Hybrid Nanocrystals on
Oxidized Silicon Surface, 26th International
Symposium "Nanostructures: Physics and
Technology". Nanostructure Characterization,
"Semiconductors", 2018, vol. 52, No. 16, pp. 2073-
2077. Zhiping Luo et al. Pawley and Rietveld
refinements using electron diffraction from L12-
type (см. прод.)

(54) Способ получения гибридных нанокристаллов Au_3Fe_{1-x}/Fe и интерметаллических нанокристаллов Au_3Fe_{1-x} с контролируемым латеральным размером

(57) Реферат:

Изобретение относится к технологиям получения материалов нанометрового размера, состоящих из биметаллических гибридных нанокристаллов Au_3Fe_{1-x}/Fe и монофазных нанокристаллов интерметаллидов Au_3Fe_{1-x} с контролируемо-изменяемым латеральным размером и может применяться в биомедицине,

информационных технологиях и катализе. Способ получения гибридных нанокристаллов Au_3Fe_{1-x}/Fe и интерметаллических нанокристаллов Au_3Fe_{1-x} с контролируемо-изменяемым латеральным размером характеризуется тем, что на предварительно подготовленную поверхность аморфного оксида осаждают методом

термического испарения в сверхвысоком вакууме в камере молекулярно-лучевой эпитаксии слой золота при температуре 250°C, затем осаждают слой железа на поверхность аморфного оксида, активированную золотом при температуре 750°C, причем атомное соотношение золота к железу изменяется от более 0 до 3,22. Технический результат состоит в возможности

контролируемого изменения латерального размера получаемых биметаллических гибридных $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}/\text{Fe}$ нанокристаллов и монофазных нанокристаллов интерметаллидов $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}$ за счет изменения количества атомов Au, предварительно осажденных на аморфную оксидную поверхность при одинаковом количестве осажденных атомов Fe. 1 пр., 2 ил.

(56) (продолжение):

intermetallic $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}$ nanocrystals during their in-situ order-disorder transition, *Ultramicroscopy*, 2011, vol.111, No.8, pp. 1295-1304. YOLANDA VASQUEZ et al. Low-Temperature Solution Synthesis of the Non-Equilibrium Ordered Intermetallic Compounds Au_3Fe , Au_3Co , and Au_3Ni as Nanocrystals, "J. Am. Chem. Soc.", 2008, 130, 36, 11866-11867.

R U
2 7 4 7 4 7 4 3 3
C 1

R U
2 7 4 7 4 7 4 3 3
C 1



(51) Int. Cl.
C30B 23/06 (2006.01)
C30B 23/08 (2006.01)
C30B 29/52 (2006.01)
C23C 14/02 (2006.01)
C23C 14/14 (2006.01)
C23C 14/32 (2006.01)
B82B 3/00 (2006.01)
B82Y 5/00 (2011.01)
B82Y 40/00 (2011.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

C30B 23/066 (2020.08); *C30B 23/08* (2020.08); *C30B 29/52* (2020.08); *C23C 14/021* (2020.08); *C23C 14/14* (2020.08); *C23C 14/32* (2020.08); *B82B 3/0009* (2020.08); *B82Y 5/00* (2020.08); *B82Y 40/00* (2020.08); *Y10S 977/81* (2020.08); *Y10S 977/891* (2020.08); *Y10S 977/904* (2020.08); *Y10S 977/933* (2020.08); *C01P 2002/70* (2020.08); *C01P 2004/51* (2020.08); *C01P 2004/64* (2020.08); *C01P 2004/82* (2020.08)

(21)(22) Application: **2020123118, 07.07.2020**(24) Effective date for property rights:
07.07.2020Registration date:
05.05.2021

Priority:

(22) Date of filing: **07.07.2020**(45) Date of publication: **05.05.2021** Bull. № 13

Mail address:

**660036, g. Krasnoyarsk, ul. Akademgorodok, 50,
str. 38, IF SO RAN, otdel patentnoj i
izobretatelskoj raboty**

(72) Inventor(s):

**Smolyarova Tatyana Evgenevna (RU),
Tarasov Ivan Anatolevich (RU),
Yakovlev Ivan Aleksandrovich (RU),
Nemtsev Ivan Vasilevich (RU),
Varnakov Sergej Nikolaevich (RU),
Ovchinnikov Sergej Gennadevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe
nauchnoe uchrezhdenie "Federalnyj
issledovatel'skij tsentr "Krasnoyarskij nauchnyj
tsentr Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii
nauk" (FITS KNTS SO RAN, KNTS SO RAN)
(RU)**

(54) METHOD OF OBTAINING HYBRID NANOCRYSTALS Au_3Fe_{1-x}/Fe AND INTERMETALLIC NANOCRYSTALS Au_3Fe_{1-x} WITH CONTROLLED LATERAL SIZE

(57) Abstract:

FIELD: nanocrystals.

SUBSTANCE: invention relates to technologies for producing nanometer-sized materials, consisting of bimetallic hybrid nanocrystals Au_3Fe_{1-x}/Fe and monophase nanocrystals of intermetallic compounds Au_3Fe_{1-x} with a controlled-variable lateral size and can be used in biomedicine, information technology and catalysis. The method of obtaining hybrid nanocrystals Au_3Fe_{1-x}/Fe and intermetallic nanocrystals Au_3Fe_{1-x} with a controllably variable lateral size is characterized by the fact that a layer of gold is deposited on a preliminarily prepared amorphous oxide surface by thermal evaporation in an ultrahigh vacuum in a

molecular beam epitaxy chamber at a temperature of 250°C. Then a layer of iron is deposited on the surface of the amorphous oxide, activated by gold at a temperature of 750°C, and the atomic ratio of gold to iron varies from more than 0 to 3.22.

EFFECT: invention provides possibility of a controlled change in the lateral size of the obtained bimetallic hybrid Au_3Fe_{1-x}/Fe nanocrystals and monophase nanocrystals of intermetallic Au_3Fe_{1-x} by changing the number of Au atoms pre-deposited on the amorphous oxide surface with the same number of deposited Fe atoms.

1 cl, 1 ex, 2 dwg

Изобретение относится к технологиям получения материалов нанометрового размера, состоящих из биметаллических гибридных нанокристаллов Au_3Fe_{1-x}/Fe и монофазных нанокристаллов интерметаллидов Au_3Fe_{1-x} с контролируемо-изменяемым латеральным размером и может применяться в биомедицине, информационных технологиях и катализе.

В частности, благодаря Au с высокой спиновой связью интерметаллиды Au_3Fe_{1-x} гибридные нанокристаллы Au_3Fe_{1-x}/Fe обладают высокой магнитной анизотропией, большим магнитооптическим откликом, высоким магнитосопротивлением и спиновыми эффектами Холла, что может быть использовано в спинтронике. Кроме того, интерметаллиды Au_3-Fe_{1-x} и гибридные нанокристаллы Au_3Fe_{1-x}/Fe могут быть использованы для создания функциональных элементов в нанотехнологиях, к примеру, в биомедицине для разработки детектирующих элементов биосенсоров, основанных на сочетании магнитооптических эффектов ферромагнитного Fe и поверхностного и/или локализованного плазмонного Au. Благородные металлы имеют интенсивные и узкие плазмонные резонансы, но не обладают магнитооптической активностью. С другой стороны, ферромагнитные металлы демонстрируют магнитооптические эффекты, но проявляют слабые и широкие плазмонные резонансы. Объединение Fe и Au позволит получить нанокристаллы, которые одновременно демонстрируют плазмонные резонансы и магнитооптические эффекты. Детектирующие элементы биосенсоров с описанными свойствами значительно повышают добротность существующих плазмонных биосенсоров, используя сильный магнитооптический эффект ферромагнитного Fe, который приводит к более резкой форме спектральной линии, что также приводит к улучшению предела детектирования.

Интерметаллиды Au_3Fe_{1-x} относятся к кубической кристаллографической группе Pm-3m, упорядоченная фаза Au_3Fe имеет тип $L1_2$ согласно обозначениям Strukturbericht. Известно, что для фазы Au_3Fe свойственно наличие вакансий в позициях атомов железа (Au_3Fe_{1-x} , x - общее число вакансий по отношению к заполненным позициям атомов железа), а также химический беспорядок. α -Fe характеризуется объемно-центрированной кубической сингонией типа (Im-3m), тип A2 согласно обозначениям Strukturbericht.

Известны различные физические способы получения метастабильной при комнатной температуре фазы Au_3Fe в объемном состоянии в виде тонких пленок, нанокристаллов. Ранее сообщалось о формировании Au-Fe тонких пленок на поверхности полированных подложек MgO (100), полученных методом осаждения в сверхвысоком вакууме с двумя независимыми электронными испарителями [Takanashi K. et al. Artificial fabrication of an L 10-type ordered FeAu alloy by alternate monatomic deposition // Applied physics letters. - 1995. - Т. 67. - №. 7. - С. 1016-1018], гранулированных нанокompозитных пленок α -Fe/Au путем электронно-лучевого осаждения из паровой фазы [Bian B., Hirotsu Y. Preparation of thin films of oriented iron nanocrystals // Japanese journal of applied physics. - 1997. - Т. 36. - №. 9A. - С. L1232]. Наночастицы Au_3Fe были получены посредством химических низкотемпературных растворов [Vasquez Y., Luo Z., Schaak R.E. Low-temperature solution synthesis of the non-equilibrium ordered intermetallic compounds Au_3Fe , Au_3Co , and Au_3Ni as nanocrystals // Journal of the American Chemical Society. - 2008. - Т. 130. - №. 36. - С. 11866-11867], лазерной абляцией [Amendola V. et al. Coexistence of plasmonic and magnetic properties in $Au_{89}Fe_{11}$ nanoalloys // Nanoscale. - 2013. - Т. 5. - №. 12. - С. 5611-5619], конденсацией инертного газа [Mukherjee P. et al. Formation of non-equilibrium Fe-Au solid solutions in nanoclusters // Applied Physics Letters. - 2013. - Т. 102. - №. 24. - С. 243103]. Общим

недостатком указанных способов получения биметаллических нанокристаллов Au_3Fe является отсутствие возможности контролируемого изменения латерального размера нанокристаллов.

Известен способ получения тонких пленок на основе интерметаллидов Au_nX [патент US4385029A, МПК C22C 5/02, H01N 1/023, опубл. 24.05.1983] путем смешивания золота с добавочным металлом X, в пропорциях, необходимых для образования интерметаллического соединения, плавления смеси и разливки расплавленной смеси в медной форме в атмосфере аргона, причем интерметаллическое соединение представляет собой типа Au_nX , где n равно по меньшей мере 3, где X выбран из группы, состоящей из Sn и Pd, и где n по меньшей мере равно 5, где X представляет собой In. Данный способ не обладает возможностью контролирования размера получаемых частиц.

Существует способ получения наночастиц интерметаллида AuPdCo [патент US 2017037494 A1, МПК B01J 23/89, опубл. 2017-02-09] путем использования затравочных наночастиц, взвешанных в жидкости, при этом затравочные наночастицы состоят, по меньшей мере, из кобальта, железа, никеля или их комбинации; добавления раствора, содержащего ионы палладия и ионы золота; восстановления ионов палладия и ионов золота с образованием оболочки, содержащей палладий и золото на затравочных наночастицах; а также нагревания наночастиц затравки с оболочкой для формирования структурно упорядоченных наночастиц. Этот способ достаточно эффективен для получения наночастиц типа ядро-оболочка. Однако данный способ не обладает возможностью контролирования размера получаемых частиц.

Известен способ получения неравновесных упорядоченных интерметаллических соединений Au_3Fe_{1-x} посредством химических низкотемпературных растворов [Luo Z. et al. Pawley and rietveld refinements using electron diffraction from $L1_2$ -type intermetallic Au_3Fe_{1-x} nanocrystals during their in-situ order-disorder transition // Ultramicroscopy. - 2011. - Т. 111. - №. 8. - С. 1295-1304.]. Недостатком этого способа является то, что полученные образцы нанокристаллов Au_3M содержат небольшое количество примесей Au и MO_x , что усложняет измерение свойств. Также отсутствует возможность контролирования латерального размера кристаллита.

Наиболее близким аналогом, принятым за прототип, является способ получения ансамблей гибридных ферромагнитных нанокристаллов Au-Fe/Fe [Tarasov I.A. et al. Growth of Textured Au-Fe/Fe Hybrid Nanocrystals on Oxidized Silicon Surface // Semiconductors. - 2018. - Т. 52. - №. 16. - С. 2073-2077.]. Недостатком этого способа является то, что в указанном способе не предполагается получение монофазных нанокристаллов Au_3Fe_{1-x} .

Задачей, на решение которой направлено изобретение, является разработка способа получения биметаллических гибридных Au_3Fe_{1-x}/Fe нанокристаллов и монофазных нанокристаллов интерметаллидов Au_3Fe_{1-x} с контролируемо-изменяемым латеральным размером на аморфных оксидных поверхностях.

Техническим результатом изобретения является способ, в котором контролируется изменение латерального размера получаемых биметаллических гибридных Au_3Fe_{1-x}/Fe нанокристаллов и монофазных нанокристаллов интерметаллидов Au_3Fe_{1-x} за счет изменения количества атомов Au, предварительно осажденных на аморфную оксидную поверхность методом термического испарения в сверхвысоком вакууме при одинаковом количестве осажденных атомов Fe.

Технический результат достигается тем, что способ получения гибридных

нанокристаллов $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}/\text{Fe}$ и интерметаллических нанокристаллов $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}$ с контролируемо-изменяемым латеральным размером, характеризуется тем, что на предварительно подготовленную поверхность аморфного оксида осаждают методом термического испарения в сверхвысоком вакууме в камере молекулярно-лучевой эпитаксии слой золота при температуре 250°C , затем осаждают слой железа на поверхность аморфного оксида, активированную золотом при температуре 750°C , причем атомное соотношение золота к железу изменяется от более 0 до 3.22.

Сопоставительный анализ с прототипом позволяет сделать вывод о том, что заявляемое изобретение отличается от известного тем, что синтез нанокристаллов интерметаллида протекает при более низкой температуре синтеза, что обеспечивает меньшую длину диффузии атомов железа по поверхности и уменьшает вероятность преимущественного роста нанокристаллов фазы $\alpha\text{-Fe}$. В таком случае обеспечиваются оптимальные условия для растворимости атомов железа в предварительно сформированных нанокристаллах золота достаточной для образования монофазного ансамбля нанокристаллов интерметаллида $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}$. Контролируемое изменение латерального размера нанокристаллов $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}/\text{Fe}$ и отношение объемов, относящихся к интерметаллиду $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}$ и ОЦК Fe происходит за счет изменения количества осаждаемых атомов золота при одинаковом количестве осажденного железа. Изменения латерального размера нанокристаллов $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}$ достигается увеличением времени осаждения соответствующего $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}$ стехиометрического состава на поверхность аморфного оксида.

Признаки, отличающие заявляемое решение от прототипа, обеспечивают заявляемому техническому решению соответствие критерию «новизна».

Признаки, отличающие заявляемое решение от прототипа не выявлены при изучении других известных технических решений в данной области техники и, следовательно, обеспечивают ему соответствие критерию «изобретательский уровень».

Изобретение поясняется двумя фигурами. На фиг. 1(а) и фиг. 2(а) представлены результаты исследования гибридных нанокристаллов $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}/\text{Fe}$ и интерметаллических нанокристаллов $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}$ методом дифракции быстрых отраженных электронов во время проведения синтеза: после осаждения золота, на фиг. 1(б) и фиг. 2(б) - после осаждения железа. На фиг. 1(в) и фиг. 2(в) представлены микрофотографии поверхности аморфного оксида кремния со сформированными нанокристаллов $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}/\text{Fe}$ и интерметаллических нанокристаллов $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}$ при различных атомных соотношениях Au/Fe для осажденных материалов. На фиг. 1(г) и фиг. 2(г) представлено статистическое распределение нанокристаллов $\text{Au}_3\text{-Fe}_{1-x}/\text{Fe}$ и интерметаллических нанокристаллов $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}$ по их латеральному размеру, соответствующее микрофотографиям на фиг. 1(в) и фиг. 2(в).

Сущность изобретения заключается в проведении реакции образования фазы интерметаллида $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}$ или фазы интерметаллида $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}$, сопряженного с нанокристаллами $\alpha\text{-Fe}$, на поверхности аморфного оксида при последовательном осаждении золота и железа в условиях сверхвысокого вакуума (1×10^{-6} Па) с изменяемым атомным соотношением золота к железу от более 0 до 3.22 при повышенных температурах. Варьируя соотношения в указанном диапазоне, можно управлять латеральным размером формирующихся нанокристаллов. Например, контролируя количество атомов Au возможно получить средний латеральный размер образующихся

гибридных нанокристаллов $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}/\text{Fe}$ от 10-20 нм до 100-150 нм и контролировать объемную долю упорядоченного $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}$ вплоть до монофазных нанокристаллов $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}$ при одинаковой номинальной толщине $\alpha\text{-Fe}$.

5 Пример осуществления

Гибридные нанокристаллы $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}/\text{Fe}$ и интерметаллические нанокристаллы $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}$ изготавливаются в следующей технологической последовательности:

1) Предварительная подготовка поверхности аморфного оксида в водном растворе $\text{NH}_4\text{OH}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}$ (1:1:1) и промывание дистиллированной (деионизированной) водой.

10 2) Получение очищенной поверхности аморфного оксида путем отжига подложки при температуре 400°C .

3) Осаждение методом термического испарения в сверхвысоком вакууме в камере молекулярно-лучевой эпитаксии слоя золота на поверхность аморфного оксида при температуре подложки 250°C , при скорости осаждения порядка $2,5 \text{ \AA/мин}$. Эффективная
15 толщина слоя золота варьируется от 0 нм до 17,4 нм.

4) Повышение температуры подложки до 750°C .

5) Осаждение слоя железа на поверхность аморфного оксида, активированную золотом, при скорости осаждения 3 \AA/мин . Эффективная толщина слоя железа 34 нм.

20 Полученные гибридные нанокристаллы $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}/\text{Fe}$ и интерметаллические нанокристаллы $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}$ на поверхности аморфного оксида с контролируемым латеральным размером изучались на растровом электронном микроскопе Hitachi S-5500 (Красноярский региональный центр коллективного пользования ФИЦ КНЦ СО
25 РАН), что позволило выявить ключевую роль осажденного слоя золота. Небольшое количество атомов золота, осажденных на поверхность аморфного оксида, приводит к образованию ансамбля нанокристаллов с распределением по размеру, близким к зависимости Гаусса с центром пика при 30 и 60 нм, для образцов с эффективной толщиной золота от 0,1 нм до 0,8 нм. Дальнейшее увеличение толщины слоя золота до 17,4
30 нм, приводит к неоднородному распределению частиц $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}/\text{Fe}$ по размеру. Во время нагрева поверхности аморфного оксида до 750°C происходит увеличение среднего размера островков золота за счет уменьшения их числа, благодаря тому, что система стремится понизить свою энергию за счет уменьшения суммарной длины края островков. Более крупные золотые островки золота захватывают больше атомов железа. Таким
35 образом, неравномерное распределение островков золота по размеру приводит к образованию двух различных фракций интерметаллических нанокристаллов $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}/\text{Fe}$.

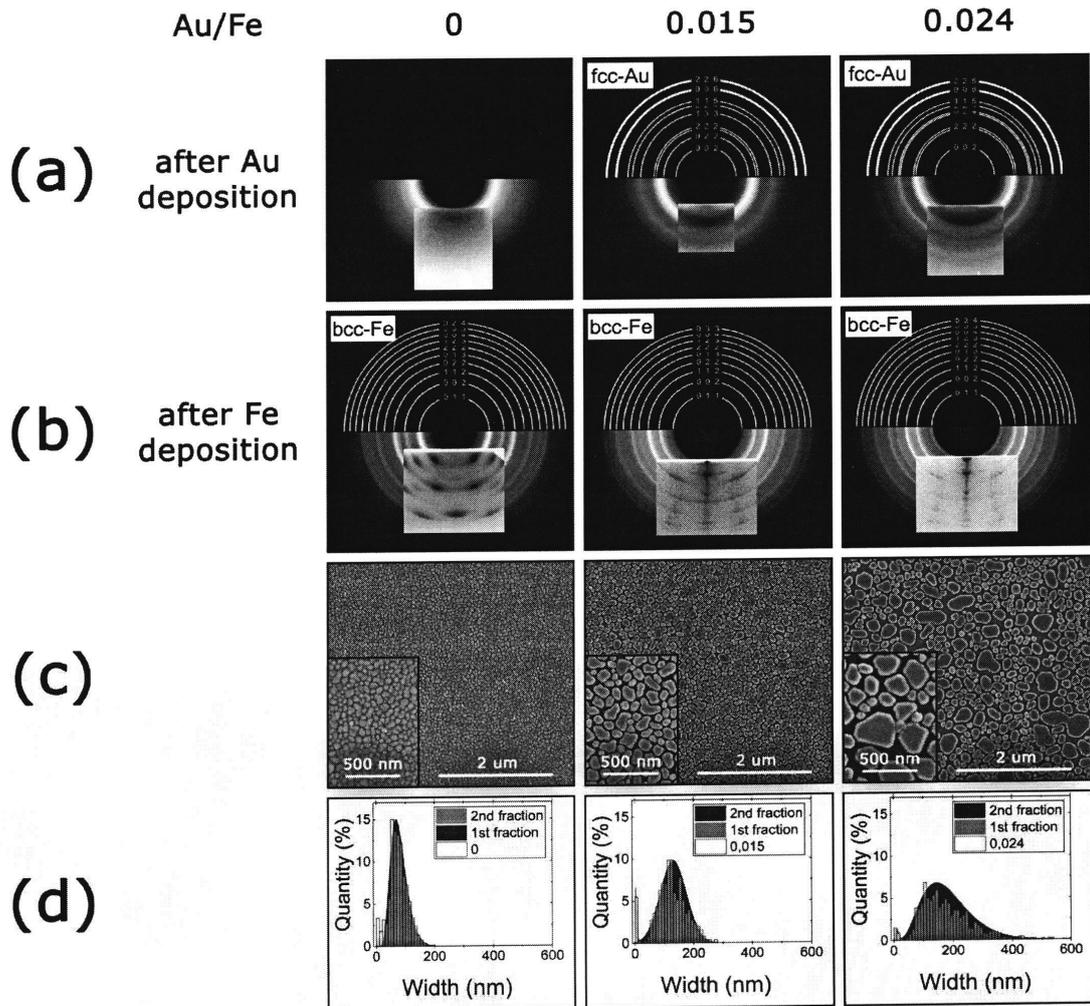
40 Результаты исследования синтезированных гибридных нанокристаллов $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}/\text{Fe}$ и интерметаллических нанокристаллов $\text{Au}_3\text{Fe}_{1-x}$ методом дифракции отраженных быстрых электронов (ДОБЭ) после этапа осаждения слоя золота и формирования островков золота на поверхности аморфного оксида показывают, что при увеличении количества атомов золота дифракционные кольца сужаются, что свидетельствует об увеличении размера островков золота. Кроме того, локальное увеличение интенсивности сигнала на дифракционных кольцах означает увеличение текстурированности островков
45 золота на некоторые азимутальные направления (фиг. 1(a)). Результаты исследования ДОБЭ после этапа осаждения железа демонстрируют, что при небольшом количестве осажденных атомов золота наблюдается высокая текстурированность гибридных

нанокристаллов Au_3Fe_{1-x}/Fe . С увеличением количества атомов золота увеличивается объемная доля фазы Au_3Fe_{1-x} . Наличие фаз интерметаллида (гранцентрированная кубическая решетка - ГЦК) и железа (объемно-центрированная - ОЦК) можно наблюдать при уширении дифракционных колец для образца с атомным соотношением $Au/Fe=0.33$. При $Au/Fe=3.22$ полученные нанокристаллы являются монофазными, характеризующимися набором рефлексов для неупорядоченной ячейки Au_3-Fe_{1-x} (Pm-3m) (Фиг. 2(a)). Кроме того, исчезновение шевронов на дифракционной картине по мере увеличения количества осажденных атомов золота свидетельствует об уменьшении огранки, что демонстрирует возможность управления морфологическими характеристиками нанокристаллов.

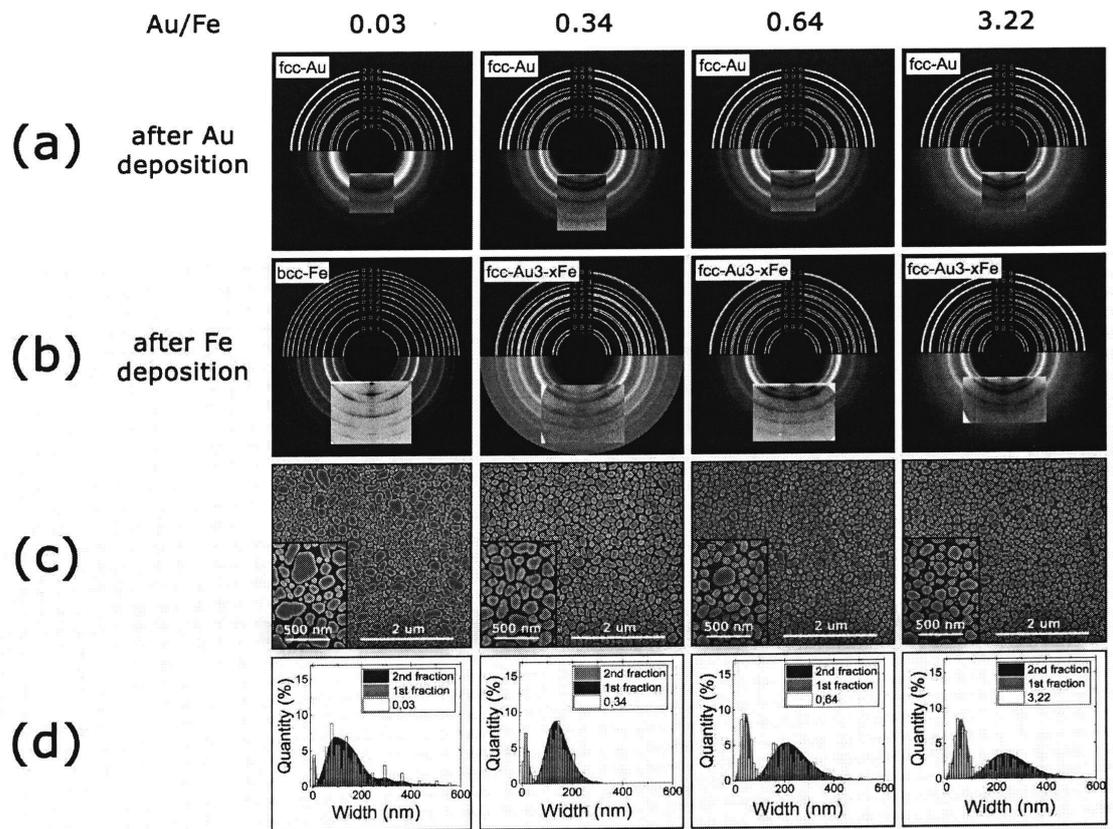
Управляя количеством атомов Au, нанесенных на оксидную поверхность, возможно изменять распределение латерального размера гибридных нанокристаллов Au_3Fe_{1-x}/Fe и интерметаллических нанокристаллов Au_3Fe_{1-x} в широком диапазоне при одинаковом количестве осажденных атомов Fe, а также отношение объемных долей, соответствующих фазам интерметаллида Au_3Fe_{1-x} и $\alpha-Fe$.

(57) Формула изобретения

Способ получения гибридных нанокристаллов Au_3Fe_{1-x}/Fe и интерметаллических нанокристаллов Au_3Fe_{1-x} с контролируемо-изменяемым латеральным размером, характеризующийся тем, что на предварительно подготовленную поверхность аморфного оксида осаждают методом термического испарения в сверхвысоком вакууме в камере молекулярно-лучевой эпитаксии слой золота при температуре $250^\circ C$, затем осаждают слой железа на поверхность аморфного оксида, активированную золотом при температуре $750^\circ C$, причем атомное соотношение золота к железу изменяется от более 0 до 3,22.



Фиг. 1



Фиг. 2