

и на обогащение состава пленок при термообработке кислородом на 10–15% при неизменности соотношений между металлическими компонентами.

Таким образом, представленный метод распыления ионами кислорода в кислородной среде смесей порошков оксидокарбонатов обеспечивает непосредственное, одностадийное получение однородных по площади и толщине металлоксидных пленок с требуемым соотношением между металлическими компонентами и значительным содержанием кислорода в составе. Пленки на кремнии обладают высокими диэлектрическими свойствами и сохраняют аморфность состояния наряду с неизменностью состава металлических компонентов при высокотемпературной обработке в кислороде. Это определяет перспективность применения данных пленок для повышения характеристик МДП–конденсаторов. В кристаллическом состоянии пленки составов $SrTiO_3$ и $BaTiO_3$ могут использоваться в качестве буферных слоев при нанесении ВТСП–пленок на кремний.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Д а н и л и н Б.С. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких пленок. М.: Энергоатомиздат, 1989. 262 с.
- [2] Распыление твердых тел ионной бомбардировкой. Вып. 11 / Пер. с англ. под ред. Р. Бернша. М.: Мир, 1986. 488 с.
- [3] S t o g n i j A.I., T o k a r e v V.V. Materials Research Society Symposium Proceeding, Fall Meeting 1990. Boston, 1990. V. 100. P. 162.

Институт физики
твердого тела и полупроводников
АН Белорусской ССР, Минск

Поступило в Редакцию
26 июля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 21

12 ноября 1990 г.

05.2

© 1990

СТАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПАРЫ ВБЛ В СКРУЧЕННОЙ ДОМЕННОЙ ГРАНИЦЕ (СДГ)

В.И. Б е р е с н е в, А.В. Н и к и т и н,
Б.Н. Ф и л и п п о в

Известно, что в твердотельных запоминающих устройствах со сверхвысокой плотностью записи в качестве носителя информации используется $-2\mathcal{L}$ пара вертикальных блоховских линий (ВБЛ). В связи с этим большой интерес представляет исследование ее

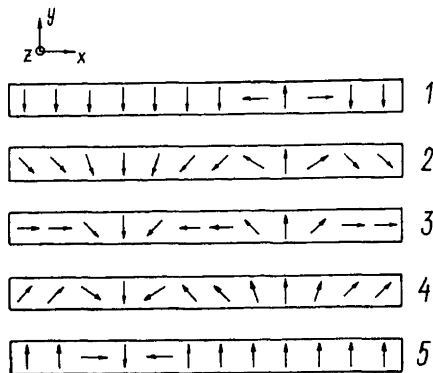


Рис. 1. Схематическое распределение намагниченности в СДГ, содержащей пару ВБЛ в различных сечениях по толщине пленки плоскостью xu . 1 - верхняя поверхность пленки, $z = c$; 2 - $z = c/2$; 3 - середина пленки, $z = 0$; 4 - $z = -c/2$; 5 - нижняя поверхность пленки, $z = -c$.

равновесных свойств, в частности выяснение влияния тех или иных факторов на равновесный размер этой пары (см., например, [1-3]). В нулевом магнитном поле равновесное расстояние между ВБЛ в паре определяется конкуренцией между обменной и магнитостатической энергиями. Причем сила отталкивания связана с обменной энергией, а сила притяжения между ВБЛ - с магнитостатической энергией системы. Магнитное поле, приложенное вдоль доменной границы (ДГ), может приводить как к сближению, так и к отталкиванию ВБЛ в зависимости от его направления.

В реальной ЦМД пленке взаимодействие намагниченности в ДГ с поверхностными магнитными зарядами на поверхностях пленки приводит к образованию скрученной ДГ.

Следует ожидать, что скрученность может существенно влиять на статические и динамические свойства ВБЛ. Однако из-за больших вычислительных трудностей, кроме оценок [3], подтверждающих этот вывод, в настоящее время не существует детальных исследований данного вопроса.

Целью настоящей работы явилось математическое моделирование свойств $-2\mathcal{N}$ ВБЛ-пары в СДГ. В качестве первого шага в данном сообщении рассмотрено поведение равновесного размера $-2\mathcal{N}$ пары ВБЛ в зависимости от параметров ЦМД пленки и приложенного в плоскости пленки магнитного поля.

Рассмотрим ЦМД пленку, толщиной $2c$, которая содержит прямую ДГ с $-2\mathcal{N}$ парой ВБЛ. Выберем декартовую систему координат следующим образом: ось z перпендикулярна плоскости пленки, ось x лежит вдоль ДГ, ось y перпендикулярна плоскости ДГ. Считаем, что пленка безгранична в плоскости xu . Начало системы координат находится посередине между ВБЛ, в середине пленки.

Рис. 2. Зависимость равновесного размера ВБЛ пары S от фактора качества ЦМД пленки Q и от величины магнитного поля, приложенного вдоль оси x . $H=H_x/4\pi M$.

На рис. 1 показано качественное распределение намагниченности в СДГ, содержащей -2π пару ВБЛ в нескольких сечениях по толщине пленки плоскостью xy . Данное распределение намагниченности можно описать следующими пробными функциями:

$$\theta = \arcsin(1/\operatorname{ch}(y/\delta_0)), \quad (1)$$

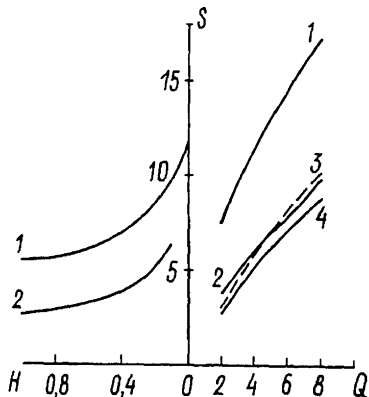
$$\varphi = -\operatorname{arctg}\left(\operatorname{sh}\left(\frac{x+S/2}{\Lambda}\right)\right) - \operatorname{arctg}\left(\operatorname{sh}\left(\frac{x-S/2}{\Lambda}\right)\right) - \pi - \frac{\pi}{2} \sin\left(\frac{\pi z}{2c}\right) \operatorname{th}\left(\left(\frac{2x}{S}\right)^2 - 1\right), \quad (2)$$

где θ и φ соответственно полярный (отсчитываемый от оси z) и азимутальный (отсчитываемый от оси x) углы вектора намагниченности \vec{M} , $\delta_0 = \sqrt{A/K}$, $\Lambda = \sqrt{A/2\pi M^2}$, A - константа обменного взаимодействия, K - константа одноосной анизотропии, M - намагниченность насыщения ЦМД пленки. Все длины вычисляются в единицах δ_0 . Размер пары ВБЛ характеризуется параметром S , равновесное значение которого мы находим путем численной минимизации энергии ВБЛ-пары, определяемой как разность между энергией СДГ с ВБЛ-парой и без нее. Энергии вычислялись в единицах $16Ac/\sqrt{Q}$ (энергия изолированной ВБЛ [4]), где Q - фактор качества ЦМД пленки.

Изменение азимутального угла по толщине пленки в СДГ, не содержащей пары ВБЛ, было выбрано в виде $\varphi = -\frac{\pi}{2} \sin\left(\frac{\pi z}{2c}\right)$.

В результате численных расчетов получены зависимости S от параметров ЦМД пленки, а также от величины магнитного поля, приложенного вдоль ДГ. Оказалось, что учет скрученности значительно влияет на размер пары ВБЛ.

В качестве примера на рис. 2 приведены зависимости S от фактора качества ЦМД пленки Q и от величины магнитного поля, приложенного в направлении оси x ($H = H_x/4\pi M$). Кривая 1 в правой части графика соответствует зависимости $S(Q)$, полученной при учете скрученности ДГ. Кривая 2 представляет собой зависимость $S(Q)$ для пары ВБЛ в пленке конечной толщины без учета скрученности. Ее можно получить, отбросив в формуле



(2) последнее слагаемое. Пунктирная линия 3 - зависимость $S(Q)$, найденная в [3]. 4- $S(Q)$, полученная в [1] для безграничного кристалла.

Кривая 1 в левой части графика представляет собой зависимость $S(H)$ при учете скрученности, 2 - $S(H)$, приведенная в [3].

Увеличение равновесного размера ВБЛ-пары ξ с ростом фактора качества ЦМД материала Q объясняется тем, что мы увеличивали Q при фиксированном значении константы одноосной анизотропии K , т.е. за счет уменьшения $2\pi M^2$, что приводит к уменьшению сил магнитостатического притяжения.

Учет скрученности, как оказалось, приводит к уменьшению величины магнитостатического притяжения между ВБЛ, вследствие чего также увеличивается равновесный размер ВБЛ-пары.

Мы также исследовали устойчивость ВБЛ-пары в магнитном поле, приложенном в направлении, противоположном оси x . Как и следовало ожидать, существует критическая величина магнитного поля, при которой исчезает минимум энергии пары ВБЛ, т.е. пара ВБЛ разрывается на две изолированные ВБЛ. Оказалось, что эта критическая величина магнитного поля уменьшается с ростом фактора качества.

Полученные результаты говорят о важности учета скрученности ДГ при рассмотрении статических свойств пары ВБЛ.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] S l o n c z e w s k i J.C. // J. Appl. Phys. 1974. V. 45. N 6. P. 2705-2715.
- [2] H u b e r t A. // AIP Conf. Proc. 1973. N 18. P. 178-187.
- [3] Х о д е н к о в Г.Е. Докторская диссертация. М., 1987. 250 с.
- [4] М а л о з е р о в А., С л о н з у с к и Дж. Доменные стенки в материалах с ЦМД. М.: Мир, 1982. 382 с.

Институт
физики металлов
УО АН СССР,
Свердловск

Поступило в Редакцию
26 июля 1990 г.