

были получены зависимости ионного заряда и количества капель от длительности разрядного импульса. Обнаружено значительное различие в форме импульса ионного тока при длительностях разряда менее 40 нс и более длинных. Оценка количества капель показывает приблизительно логарифмический рост этого количества с длительностью разряда. Также были проанализированы следы разряда на поверхности катода, среди которых можно выделить начальную стадию кратерообразования, глубокие кратеры и области оплавления. Глубокие кратеры по видимому являются следствием первоначального взрыва на поверхности катода и связаны с интенсивным образованием капель. Кратеры такого типа появляются при длительности импульса, превышающей 20 нс. Форма таких кратеров свидетельствует о том, что ток в данном режиме сосредоточен в очень малой области менее 2 мкм.

ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ БЛОХОВСКИХ ЛИНИЙ В ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЕ ПЛЁНОК С ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОЙ АНИЗОТРОПИЕЙ

Изможеров И.М.^{1,2*}, Байкенов Е.Ж.¹, Зверев В.В.^{1,2}

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²⁾ ФГБУН «Институт физики металлов УрО РАН», г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: ivan_izm@inbox.ru

3D-BLOCH LINES MODEL IN DOMAIN STRUCTURE OF THIN FILMS WITH PERPENDICULAR MAGNETIC ANISOTROPY

Izmozherov I.M.^{1,2*}, Baykenov E.Z.¹, Zverev V.V.^{1,2}

¹⁾ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²⁾ Institute of metal physics, Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russia

This paper deals with linear and dot topological defects: Bloch lines and Bloch points known to exist in thin films with perpendicular anisotropy. 3D model for Bloch line with Bloch point in its structure is suggested and compared with obtained by means of micromagnetic simulations in films with quality factor $Q < 1$

Хорошо известно одномерное решение для доменной границы (ДГ), содержащей блоховскую линию (БЛ), согласующееся с экспериментальными данными для плёнок, с перпендикулярной анизотропией и фактором качества $Q \gg 1$ [1]. В плёнках же с $Q < 1$ конкуренция анизотропийного и магнитостатического вклада в полную энергию ферромагнетика приводит к тому что доменная граница (ДГ), имеет блоховский характер внутри образца и неелевский – вблизи поверхностей. Кроме того, в таких плёнках наблюдаются типы доменных структур, не являющиеся полосовыми, так что необходимо учитывать кривизну ДГ, в которой

находится БЛ, а также наличие в структуре БЛ блоховской точки (БТ), разделяющей участки БЛ с различными направлениями разворота намагниченности.

В данной работе проведено микромагнитное моделирование ДС в тонких плёнках Co(0001) в пакете *mutax3* [2] с использованием суперкомпьютера "Уран" ИММ УрО РАН. Были получены распределения намагниченности, содержащие уединённые вертикальные БЛ. На основе результатов была построена трёхмерная модель БЛ, основанная на одномерном анзаце для плёнок с $Q \gg 1$, приведённом в [1]:

$$\begin{aligned}\Phi(x, z) &= 2 \operatorname{arctg} \left(e^{\frac{x-\xi(z)}{\Lambda(z-z_{bp})}} \right) * g(z - z_{bp}) + \varphi_s(x, z) \\ \Theta(x, y, z) &= 2 \operatorname{arctg} \left(e^{\frac{y-f(x,z)}{\delta(z)}} \right) \\ m_x &= \cos\Phi \sin\Theta; m_y = \sin\Phi \sin\Theta; m_z = \cos\Theta\end{aligned}\quad (1)$$

Здесь оси x и y лежат в плоскости плёнки, а z – перпендикулярна ей. $f(x, z)$ – поверхность, определяющая форму доменной границы, $\xi(z)$ – функция, указывающая x -координату «центра» блоховской линии в каждом сечении, параллельном плоскости плёнки. $g(z - z_{bp}) = (2\theta(z - z_{bp}) - 1)$, где $\theta(z - z_{bp})$ – функция Хэвисайда, а z_{bp} – координата z блоховской точки. $\Lambda(z - z_{bp})$ – показывает ширину блоховской линии в каждом сечении, параллельном плоскости плёнки с учётом того, что для местоположения блоховской точки $z = z_{bp}$ она равна нулю.

$\varphi_s(x, z) = \operatorname{arctg} \left[\frac{\partial}{\partial x} (f(x, z)) \right]$,
 $\delta(z)$ – функция, определяющая ширину доменной границы в каждом сечении, параллельном плоскости плёнки.

Прямое сравнение распределений намагниченности для функции (1) с результатами микромагнитных расчётов при аппроксимации вышеописанных модельных функций полиномиальными методом наименьших квадратов даёт относительное отклонение для функции $m_x(x, y, z)$ – 4,1%, для функции $m_y(x, y, z)$ – 6,9%, для функции $m_z(x, y, z)$ – 1,7%.

1. Малоземов А., Слонзуски Дж. Доменные стенки с цилиндрическими магнитными доменами. М.: Мир, 1982. 384 с.
2. Vansteenkiste A., Leliaert J., Dvornik M., et al. *AIP Advances* 4, 107133, (2014)