

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СПИН-ПОЛЯРИЗОВАННОГО ТОКА В ОТСУТСТВИИ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

А.В. Кухарев, А.В. Петраковская, Г.А. Неверовский

Колебания намагниченности могут возбуждаться в ферромагнитном слое в составе наноструктуры ферромагнетик/ немагнитный металл / ферромагнетик при пропускании через нее спин-поляризованного тока по механизму переноса спина, открытому Слончевским и Берже [1, 2]. Данный эффект может использоваться для разработки наноразмерных генераторов микроволнового излучения. Колебания намагниченности возбуждаются постоянным током и не требуют приложения внешних переменных магнитных полей. Однако в первых работах устойчивые колебания намагниченности удавалось получить лишь при наличии постоянного внешнего магнитного поля. Позже колебания были получены и в нулевом магнитном поле [3]. В [4] определены условия возбуждения колебаний в приближении «макроспина», т. е. когда намагниченность однородна по всему объему свободного ферромагнитного слоя. В настоящей работе получено уточнение этих результатов с помощью микромагнитного моделирования в программе MuMax3, учитывающее неоднородность намагниченности в ферромагнетике.

Моделируемая структура представляем собой цилиндрическую гетерогенную наноструктуру кобальт/медь/кобальт диаметром 20 нм и с толщинами слоев 5 нм, 2 нм и 5 нм соответственно. Намагниченность одного из слоев кобальта закреплена с помощью антиферромагнетика, а намагниченность второго слоя кобальта остается свободной. При пропускании через структуру электрического тока вдоль оси структуры электроны первого слоя передают спиновый угловой момент атомам решетки второго слоя, что создает вращающий момент, действующий на намагниченность ферромагнетика по механизму Слончевского-Берже.

В результате моделирования установлено, что устойчивые колебания намагниченности в отсутствие внешнего магнитного поля могут возбуждаться в том

случае, когда намагниченность закрепленного ферромагнитного слоя и ось легкого намагничивания свободного ферромагнитного слоя параллельны оси структуры (то есть перпендикулярны плоскостям слоев). Также установлено, что с увеличением величины параметра диссипации свободного ферромагнитного слоя уменьшается частота колебаний намагниченности и увеличивается пороговая плотность тока, необходимая для генерации колебаний. Например, при параметре диссипации 0,02 минимальная пороговая плотность тока составляет $0,24 \times 10^8$ А/см², а частота колебаний составляет 439,6 МГц при плотности тока $0,3 \times 10^8$ А/см².

Литература

1. Slonczewski J.C. Current-driven excitation of magnetic multilayers // J. Magn. Magn. Mater. 1996. Vol. 159. P. L1–L7.
2. Berger L. Emission of spin waves by a magnetic multilayer traversed by a current // Phys. Rev. B. 1996. Vol. 54, No. 13. P. 9353–9358.
3. Long-Timescale Fluctuations in Zero-Field Magnetic Vortex Oscillations Driven by DC Spin-Polarized Current / V.S. Pribiag [et al.] // Phys. Rev. B. 2009. Vol. 80. P. 180411(R).
4. Кухарев А.В. Данилюк А.Л., Борисенко В.Е. Колебания намагниченности в наноструктуре ферромагнетик/ немагнитный металл/ ферромагнетик под действием поляризованного по спину тока // Микроэлектроника. 2012. Т. 41, № 1. С. 9–19.