



III Международный научный семинар

# Наноструктурные материалы - 2004: Беларусь - Россия



Минск 2004

МАТЕРИАЛЫ СЕМИНАРА

# О ВЛИЯНИИ ГЕОМЕТРИИ ОБРАЗЦА НА ЧАСТОТУ ПРЕЦЕССИИ МАГНИТНОГО МОМЕНТА

В.Р. Соболев, С.А. Гурецкий, А.М. Лугинец, Н.А. Каланда

Институт физики твердого тела и полупроводников НАН Беларуси

Конечность геометрических размеров, как известно, сказывается на величине внутреннего магнитного поля из-за эффектов размагничивания и приводит к сдвигу резонансной частоты прецессии. Точно задача о характере внутреннего поля разрешается в приближении самосогласованного подхода для эллипсоида вращения, а также для предельных случаев длинного цилиндра, бесконечной плоскости как частных случаев эллипсоида. В остальных промежуточных случаях используется приближенный подход по учету эффектов от присутствия свободных граней. В сообщении рассмотрены аспекты воздействия на частоту свободной прецессии вектора магнитного момента цилиндрического образца и влияние на них геометрических размеров.

Используется приближение малого эллипсоида вращения с однородными внутренним полем и намагнитченностью. Феноменологически привлекаются асимптотически точные известные соотношения для компонент приведенного к главным осям тензора размагничивания, которые по существу являются предельными значениями для цилиндрического образца. Промежуточные значения компонент указанного тензора представлены в виде интерполяционных выражений. В частности, обратная компонента фактора размагничивания представлена в виде линейной комбинации отношения длины цилиндра и его диаметра. С учетом инвариантности суммы диагональных элементов, равной  $4\pi$ , получена частота свободной прецессии вектора магнитного момента для цилиндра как частного случая эллипсоида вращения при произвольном соотношении между длиной и диаметром. В частности, установлено, что для ориентации вектора внешнего магнитного поля вдоль оси частота прецессии может быть записана как

$$\omega_0 \approx \gamma \left[ \left( H_0 + 2\pi \left( 1 - \frac{3}{1 + \frac{L}{D}} \right) M_0 \right) \right], \quad (1)$$

здесь  $\gamma$  - гиромагнитное соотношение,  $H_0$  - внешнее магнитное поле,  $\chi_0$  - статическая магнитная восприимчивость,  $M_0$  - намагнитченность, заданная по условиям задачи,  $L$  и  $D$  - длина

и диаметр цилиндра.

Полученное соотношение является, по сути, интерполяционным и удовлетворяет принципу соответствия, трансформируясь к известным асимптотическим выражениям при предельном переходе. Так, для цилиндрического образца длина которого значительно больше диаметра, частота  $\omega_0$  может быть представлена как  $\omega_0 = \gamma[(H_0 + 2\pi M_0)]$ . Для образца, имеющего большой диаметр по сравнению с длиной, размагничивающее действие максимально и частота отвечает выражению  $\omega_0 = \gamma[(H_0 - 4\pi M_0)]$ . Полученное соотношение (1) более точно отражает зависимость частоты от геометрии для диапазона соотношений между диаметром и длиной цилиндра не очень далеких от предельных, когда линейное приближение в разложении истинных значений компонент тензора размагничивания по отношению  $L/D$  наиболее адекватно. С помощью выражения (1) можно оценить степень влияния геометрии и для менее подходящего варианта соотношений между длиной и диаметром. Так, к примеру, для цилиндрического образца с квадратным осевым сечением частота меньше, чем для сферы ( $\omega_0 \approx \gamma H_0$ ) и составляет  $\omega_0 \approx \gamma[(H_0 - \pi M_0)]$ , т.е. краевые эффекты при намагничивании вдоль оси цилиндра уменьшают поле в объеме и частоту свободной прецессии для короткого цилиндра. Таким образом, полученные соотношения для собственной частоты прецессии вектора однородной намагниченности малого цилиндрического образца позволяют приблизительно определить частотные диапазоны магнитных резонансных эффектов и оценить степень их влияния на измеряемые свойства при выполнении эксперимента.

Выполнено в рамках ГПОФИ "Наноматериалы и нанотехнологии".

#### Литература

1. Никольский В.В.. Теория электромагнитного поля. М.: Высшая школа, 1961, 340 с.
2. Гуревич А.Г., Мелков Г.А. Магнитные колебания и волны. М.: Наука, 1994, 462 с.