

- [1] Грибов Б.Г., Думаревский Ю.Д., Ковто-
нюк И.Ф. и др. // Электронная техника, Сер. Микроэлектро-
ника. 1989. В. 5. С. 82-87.
- [2] Воеводкин Г.Г., Дианов Е.М., Кузне-
цов А.А., Нефедов С.М., Парфенов А.В. //
Квантовая электроника. 1988. Т. 15. № 4. С. 805-811.
- [3] A k i n s R.P., A t h a l e R.A., L e e S.N. //
Opt. Eng. 1980. V. 19. N 3. P. 347-358.
- [4] Васильев А.А. // Труды ФИАН. 1981. Т. 126. С. 3-
86.
- [5] Воеводкин Г.Г., Думаревский Ю.Д., Куз-
нецов А.А., Нефедов С.М. // ЖТФ. 1988. Т.56.
В. 9. С. 1808-1810.
- [6] L i Y., E i s h m a n n G., A l f a n o R.R.//
Opt. Comm. 1987. V. 64. N 2. P. 99-104.

Институт общей
физики АН СССР,
Москва

Поступило в Редакцию
23 октября 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 5

12 марта 1990 г.

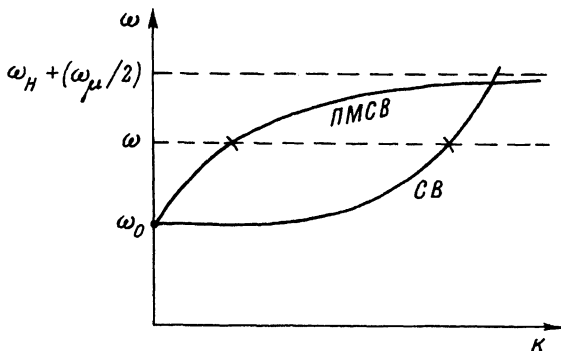
05.2; 9

© 1990

К ТЕОРИИ РЕЛАКСАЦИИ
МАГНИТОСТАТИЧЕСКИХ ВОЛН
В ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПЛЕНКАХ

С.А. Н и к и т о в

Затухание магнитостатических волн (МСВ), распространяющихся в пленках ферромагнетиков, довольно подробно исследовано и теоретически, и экспериментально. В литературе обсуждалась двухмагнонная релаксация МСВ за счет рассеяния волн на шероховатостях поверхности пленки [1], магнитных неоднородностях и дислокациях [2, 3], трех- и четырехмагнонные процессы и магнон-фононные процессы релаксации МСВ на тепловых магнонах и фононах [4, 5]. Было показано, что в отличие от объемных кристаллов релаксация в тонких пленках существенно зависит от поверхности пленки. Так максимальный вклад в ширину линии ферромагнитного резонанса (ФМР), определяющей величину затухания МСВ, вносят



процессы рассеяния на шероховатостях поверхности. Релаксация за счет рассеяния на тепловых магнонах и фононах существенна только при низких температурах и вблизи дна спектра МСВ, при комнатных же температурах она пренебрежимо мала. Известно, что в наиболее качественных пленках железо-иттриевого граната (ЖИГ) ширина линии ФМР составляет величину $2\Delta H = 0.1-0.3$ Э. Оценки, проведенные в [1-5], показывают, что суммарный вклад от всех вышеперечисленных процессов релаксации оказывается меньше этой величины. При определенных условиях существенный вклад в $2\Delta H$ может внести затухание, связанное с резонансным возбуждением объемного звука в подложке, на которую нанесена ферромагнитная пленка [6].

В настоящей заметке сообщается о результатах расчета затухания МСВ, связанного с двухмагнонным рассеянием волн на объемных спиновых волнах. Речь идет о релаксации поверхностных МСВ (ПМСВ). Именно эти волны наиболее сильно „чувствуют“ поверхность, поэтому при распространении их в пленке из-за взаимодействия с поверхностными спинами они будут возбуждать обменные спиновые волны на той же частоте (см. рисунок). Частота релаксации МСВ при двухмагнонном рассеянии есть (см., например, [7]):

$$\omega_p = \pi L \int |\psi_{1,2}|^2 \delta(\omega_1 - \omega_2) dk, \quad (1)$$

где L – апертура пучка МСВ, $\psi_{1,2}$ – матричный элемент двухмагнонного взаимодействия. Для его нахождения рассчитаем энергию неоднородного обменного взаимодействия:

$$W_{ex} = \frac{\omega_{ex}}{2\gamma M_0} \int M(k) \cdot M^*(k) (zk)^2 dk, \quad (2)$$

где ω_{ex}/γ – обменное поле, γ – гидромагнитное отношение, l – постоянная решетки, $4\pi M_0$ – намагниченность насыщения, звезда обозначает комплексно-сопряженную величину. Переходя к оператору

Рам рождения и уничтожения магноволн МСВ и спиновых волн, получим

$$W_{ex} = \int (\psi_{1,2} a_k b_k^\dagger + \text{э.с.}) dk, \quad (3)$$

где a_k^\dagger – оператор рождения магнона ПМСВ, b_k^\dagger – оператор рождения магнона спиновой волны. Далее выбирая для спектров волн: ПМСВ – спектр Деймона–Эшбаха, спиновых волн – квадратичный закон дисперсии, и переходя в (1) к δ -функции от волновых чисел, найдем, что

$$|\psi_{1,2}|^2 \approx (\omega_{ex} L^2)^2 k^4, \quad (4)$$

а

$$\omega_p = \pi L (\omega_{ex} L^2)^2 \left(4 \frac{\gamma k_1^2}{\omega_M^2 d} \omega_0 \right)^4 \frac{4 \omega_0}{\omega_M^2 d}. \quad (5)$$

Здесь $\omega_M = \gamma \cdot 4\pi M_0$, $\omega_0^2 = \omega_H^2 + \omega_H \omega_M$, $\omega_H = \gamma H_0$, d – толщина пленки, H_0 – внешнее магнитное поле, k_1 – волновое число спиновой волны, η – постоянная неоднородного обмена.

Оценим величину вклада данного вида релаксации в $\Delta H = \omega_p / \gamma$. При $d \approx 10^{-4}$ см, $4\pi M_0 = 1750$ Гс, $\omega_{ex} L^2 \approx 0.1$ см² с⁻¹, $H_0 = 1$ кЭ и $k_1 \approx 5 \cdot 10^5$ см⁻¹, получим, что $\omega_p \approx 8 \cdot 10^5$ см⁻¹ и $\Delta H \approx 0.05$ Э. Таким образом, оказывается, что данный вид релаксации, связанный с возбуждением объемных спиновых волн, вносит наиболее существенный вклад в затухание ПМСВ, распространяющихся в тонких ферромагнитных пленках.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Гуляев Ю.В., Никитов С.А., Плесский В.П. // ФТТ. 1982. Т. 24. № 6. С. 1669.
- [2] Беспятых Ю.И., Харитонов В.Д. // ФТТ. 1985. Т. 27. № 11. С. 3494.
- [3] Беспятых Ю.И., Харитонов В.Д. // ФТТ. 1985. Т. 27. № 10. С. 2911.
- [4] Никитов С.А. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 9. С. 2769.
- [5] Никитов С.А. // ЖТФ. 1988. Т. 58. № 8. С. 1576.
- [6] Никитов С.А. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 5. С. 988.
- [7] Гуревич А.Г. // Магнитный резонанс в ферритах и антиферромагнетиках. М.: Наука. 1973. С. 591.

Институт радиотехники
и электроники АН СССР,
Фрязинская часть

Поступило в Редакцию
27 декабря 1989 г.