

## УПРАВЛЕНИЕ ПРОХОЖДЕНИЕМ И ПОГЛОЩЕНИЕМ МИКРОВОЛН ПРИ ИХ ВСТРЕЧНОМ ПАДЕНИИ НА ПОПЕРЕЧНО НАМАГНИЧЕН- НЫЙ ПОГЛОЩАЮЩИЙ СЛОЙ

А.С. Абрамов, С.А. Афанасьев, Д.И. Семенцов  
*Ульяновский государственный университет*  
aleksei\_abramov@mail.ru

Проблема эффективного управления отражательной, пропускательной и поглощательной способностью поглощающих планарных структур является весьма актуальной. Один из способов ее решения состоит в использовании эффекта туннельной интерференции встречных волн (ИВВ). Данный эффект сопровождается наличием особого интерференционного потока, приводящего к возникновению пространственных осцилляций выделения тепла в слое, которыми можно эффективно управлять. Подобное интерференционное управление при падении на противоположные границы поглощающего слоя встречных когерентных волн с одинаковыми амплитудами исследовано достаточно подробно [1-4]. Интерес представляет ситуация, при которой амплитуда «прямой» волны больше амплитуды волны «встречной» (т. е.  $A/B > 1$ ), и можно говорить о распространении «сигнальной» волны при наличии волны «подсветки». В докладе будут приведены результаты численного анализа отражательной, пропускной и поглощательной способности магнитной пленки, полученные для широкого диапазона толщин  $d$ , начальных разностей фаз  $\delta$  и соотношения амплитуд прямой и встречной волн  $A/B$ .

Эффект «просветления» поглощающего слоя заключается в усилении «сигнальной» волны при наличии волны «подсветки» (по сравнению со случаем одиночной волны). Усиление волны будем характеризовать коэффициентом преобразования [3]:

$$K = T + I(B/A) \cos(\delta + \Delta), \quad (1)$$

который определяет изменение интенсивности сигнала при его прохождении через слой магнетика, где  $T$  – коэффициент прохождения одиночной волны,  $I$  – коэффициент интерференционной прозрачности,  $\Delta$  – сдвиг фаз, приобретаемый волнами при отражении и прохождении [1-3]. Управляя амплитудами и фазами встречных волн можно добиться как усиления прошедшего сигнала, так и его ослабления. Отметим, что увеличение интенсивности проходящей волны достигается не за счет добавления к ней отраженной от второй границы волны «подсветки», а за счет интерференционной перекачки энергии между волнами внутри слоя. При определенном подборе амплитудно-фазовых характеристик возможен даже идеальный случай, когда вся падающая на слой энергия уходит от слоя в направлении прошедшей «сигнальной» волны.

На рис. 1 приведены зависимости коэффициента преобразования  $K$  «сигнальной» волны от толщины слоя  $d$ , полученные для трех значений внешнего поля  $H = (72, 75, 78) \text{ Oe}$  (штрихпунктирные, сплошные, штриховые кривые) и разностей фаз  $\delta = 0, \pi/2, \pi$  (кривые 1-3). Видна возможность эффективного управления пропускной способностью слоя за счет изменения подмагничивающего поля и разности фаз падающих на слой волн.

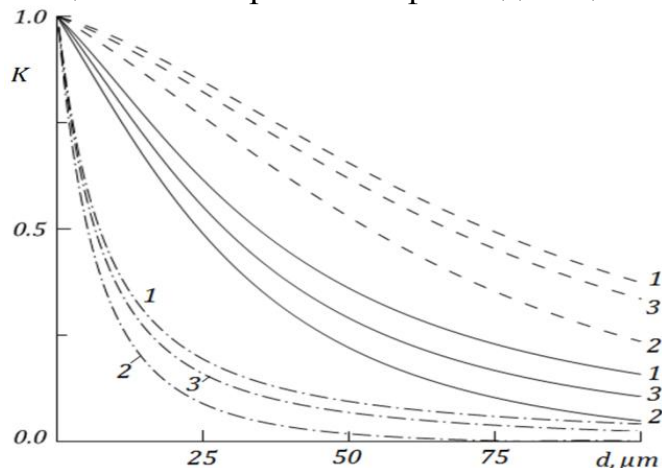


Рис.1. Зависимость коэффициента усиления от толщины слоя

Наличие ИВВ позволяет как уменьшать, так и увеличивать прошедшую интенсивность «сигнальной» волны, т. е. возможны два взаимно обратных эффекта - «затемнения» и «просветления». Чем ближе значение внешнего поля к его резонансному значению, т. е. к области сильного поглощения, тем в меньшей степени описанные эффекты будут проявляться.

Поглощательная способность магнитного слоя определяется отношением поглощаемой им мощности к суммарной мощности падающих волн. В режиме встречных волн коэффициента поглощения принимает вид:

$$D = D_0 - D_{\text{int}}(\Delta, \delta) = 1 - R - T - \frac{2IAB}{A^2 + B^2} \cos \Delta \cos \delta \quad (2)$$

Здесь  $R = |r_A|^2$  и  $T = |t_A|^2$  - энергетические коэффициенты отражения и прохождения для одиночной волны. На рис. 2 представлены зависимости коэффициента поглощения  $D$  от толщины слоя в режиме одиночных встречных волн ( $a, b$ ), полученные для разности фаз  $\delta = 0$  (что соответствует максимальному значению  $D$ ). При распространении одиночной волны через слой величина коэффициента поглощения в максимуме не превышает значения  $D = 0.5$ , которое соответствует резонансному значению поля  $H_r = 72 \text{ Oe}$  и толщине слоя  $d \approx 15 \text{ мкм}$ . С ростом толщины слоя наблюдается уменьшение коэффициента  $D$ , сопровождаемое либо слабо выраженными осцилляциями, либо выходом на насыщение. В режиме встречных волн величина коэффициента поглощения при резонансном значении поля может достигать значения  $D \approx 1$ , т. е. реализуется практически полное по-

глощение падающей мощности слоем магнетика (на толщине  $d \approx 15 \mu\text{m}$ ). При сильном поглощении величина  $D$  резко возрастает до максимального значения, после чего наблюдается менее резкий спад. Слабое поглощение, напротив, характеризуется плавным возрастанием величины коэффициента  $D$  до некоторого характерного значения насыщения.

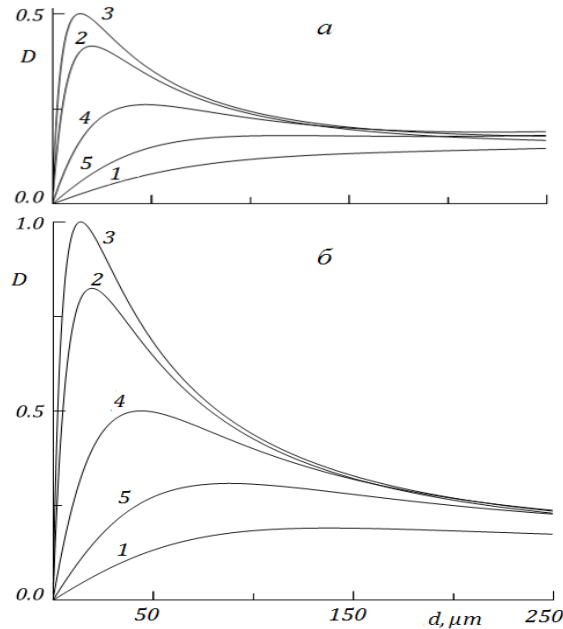


Рис. 2. Зависимость коэффициента поглощения от толщины слоя одиночной (а) и встречных (б) волн при  $\delta = 0$  и  $H = 63.3, 71, 72, 75, 78$  Ое (кривые 1-5)

Таким образом, с помощью ИВВ возможно управление как пропускной, так и поглощательной способностью слоя при изменении внешнего магнитного поля вблизи его резонансного значения. Для каждой величины приложенного поля из выбранного диапазона также возможна вариация указанных характеристик за счет изменения соотношения между амплитудами «сигнальной» волны и волны «подсветки», а также подбора определенной разности фаз этих волн.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сидоренков В. В., Толмачев В. В. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. Вып. 3. С. 20; Вып. 20. С. 5.
2. Сидоренков В. В., Толмачев В. В. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. Вып. 21. С. 34.
3. Афанасьев С. А., Семенцов Д. И. // УФН. 2008. Т. 178. № 4. С. 377.
4. Абрамов А. С., Афанасьев С. А., Елисеева С. В., Семенцов Д. И. // ЖТФ. 2013. Т. 83. Вып. 5. С. 10-16.