

$H_0$  и  $M_0$  уменьшается с ростом амплитуды колебаний. Уменьшение  $M_z$  сопровождается уменьшением компонент тензора магн. восприимчивости, т. е. насыщением Ф. р.

Уменьшение  $M_z$  при Ф. р. может быть использовано для детектирования колебаний, однако чувствительность таких детекторов оказывается низкой. При отсутствии цилиндрич. симметрии образца (геометрической или кристаллографической) относительно направления  $H_0$  величина  $M_z$  при больших амплитудах колебаний зависит от времени, причём преобладает 2-я гармоника. Этот эффект может быть использован для создания удвоителей частоты СВЧ-диапазона.

Второй вид нелинейности — связь между разл. типами колебаний намагниченности — лежит в основе т. н. параметрического возбуждения спиновых волн. Оно приводит к «преждевременному» насыщению Ф. р. при амплитудах перем. поля, значительно меньших, чем те, при к-рых насыщение должно было бы наступить вследствие упомянутой выше одномодовой нелинейности, а также к дополнит. поглощению при величинах пост. поля, меньших, чем резонансные (рис. 7). Эти явления обнаружи-

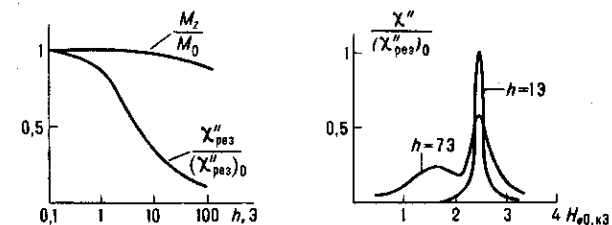


Рис. 7. Ферромагнитный резонанс при больших амплитудах переменного магнитного поля  $h$ .

ли в 1952 Н. Бломберген (N. Blombergen) и Р. У. Деймон (R. W. Damon); качественное их объяснение дали в 1955 Ф. У. Андерсон (P. W. Anderson) и Х. Сул (H. Suhl). Нелинейная связь однородных колебаний намагниченности и спиновых волн приводит к передаче им энергии однородных колебаний. При нек-рой пороговой амплитуде перем. намагниченности эта энергия превышает потери энергии спиновых волн и наступает нестабильный рост нек-рой пары спиновых волн с взаимнопротивоположными волновыми векторами  $k$  и  $-k$  и суммой фаз, определяемой фазой перем. поля. Разность фаз пары остаётся случайной, так что возбуждаемые спиновые волны являются лишь частично когерентными.

Пороговая амплитуда перем. поля  $h_{пор}$  оказывается наименьшей для нестабильности 1-го порядка (один магнотон однородной прецессии с частотой  $\omega_0$  порождает одну пару спиновых волн с частотой  $\omega_k = \omega_0/2$ ) при Ф. р.:

$$h_{пор 1 \text{ рез}} \approx \Delta H_0 \Delta H_k / 4\pi M_0,$$

где  $\Delta H_0$  — ширина резонансной кривой однородных колебаний, а  $\Delta H_k$  — спиновых волн. Для монокристаллов ЖИГ  $h_{пор 1 \text{ рез}} \approx 10^{-4}$  Э. Однако такой процесс разрешён законами сохранения энергии и импульса лишь при достаточно низких частотах, напр. для сферы при  $\omega_0 < (2/3)\gamma 4\pi M_0$ . Если этот процесс при резонансе запрещён, то нестабильность 1-го порядка наступает при  $H_0 \sim (0,5 - 0,9) H_{рез}$ , и порог её оказывается на два порядка выше. В обоих случаях возбуждаются пары волн с  $k \sim 10^4 \text{ см}^{-1}$  и углами между  $k$  и  $M_0$   $\theta_k \approx 45^\circ$ . При резонансе же, если процесс 1-го порядка запрещён, имеет место нестабильность 2-го порядка — два магнотона однородных колебаний возбуждают одну пару спиновых волн. Пороговое поле в этом случае

$$h_{пор 2 \text{ рез}} \approx \Delta H_0 \sqrt{\Delta H_k / \pi M_0}$$

(для монокристаллов ЖИГ  $h_{пор 2 \text{ рез}} \approx 10^{-2}$  Э), и возбуждаются пары волн с  $k \sim 10^5 \text{ см}^{-1}$  и  $\theta_k = 0$ .

Рассмотренные процессы аналогичны параметрич. возбуждению в контуре колебаний с частотами  $n\omega_n/2$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ ) при модуляции одного из параметров контура с час-

тотой  $\omega_n$  — частотой накачки (см. *Параметрический резонанс*). В рассмотренном случае накачкой являлась перем. намагниченность, перпендикулярная  $M_0$ , что даёт основание называть такие процессы параметрич. возбуждением при поперечной накачке.

Параметрич. возбуждение спиновых волн может происходить, как показали в 1960 Э. Шлёман (E. Schlömann), Дж. Грин (J. J. Green) и В. Милано (V. Milano), и при продольной (или параллельной) накачке, т. е. под действием перем. магн. поля  $h_z$ , параллельного  $H_0$  (линейный Ф. р. при этом не имеет места). В этом случае возбуждаются пары спиновых волн с  $\theta_k = 90^\circ$  и величинами  $k$ , изменяющимися в широких пределах при изменении  $H_0$ . Пороговое поле при продольной накачке

$$h_{z \text{ пор}} = \omega_n \Delta H_k / \gamma 4\pi M_0.$$

Параметрич. возбуждение спиновых волн является вредным эффектом в линейных ферритовых СВЧ-устройствах; оно ограничивает динамич. диапазон этих устройств — приводит к резкому росту потерь при превышении пороговых значений мощности на входе. Но, с др. стороны, оно используется для создания нелинейных ферритовых-СВЧ устройств: ограничителей мощности и подавителей слабых сигналов.

Лит.: Ферромагнитный резонанс и поведение ферромагнетиков в переменных магнитных полях. Сб. ст., под ред. С. В. Вонсовского, М., 1952; Ферромагнитный резонанс, под ред. С. В. Вонсовского, М., 1961; Моносоев Я. А., Нелинейный ферромагнитный резонанс, М., 1971; Гуревич А. Г., Магнитный резонанс в ферритах и антиферромагнетиках, М., 1973; Крупицка С., Физика ферритов и родственных им магнитных окислов, пер. с нем., т. 2, М., 1976; Гуревич А. Г., Мелков Г. А., Магнитные колебания и волны, М., 1994.

**ФИДЕР** в радиотехнике и технике СВЧ (англ. feeder, от feed — питать) — линия передачи, передающая линия, электрическое устройство, по к-рому осуществляется направленное распространение (канализация) эл.-магн. колебаний (волн) от источника к потребителю в системах их передачи и распределения.

**ФИЗИКА.**

Содержание:

1. Предмет и структура физики.....	310
2. Основные этапы развития физики.....	311
3. Фундаментальные физические теории.....	314
4. Современная экспериментальная физика.....	318
5. Основные нерешённые проблемы физики.....	319
6. Связь физики с другими науками и техникой.....	320

**1. Предмет и структура физики**

Ф. — наука, изучающая простейшие и вместе с тем наиб. общие свойства и законы движения окружающих нас объектов материального мира. Вследствие этой общности не существует явлений природы, не имеющих физ. свойств или сторон. Понятия Ф. и её законы лежат в основе всего естествознания.

Слово «Ф.» происходит от греч. phýsis — природа. Первоначально, в эпоху ранней греч. культуры, наука была единой и охватывала всё, что было известно о земных и небесных явлениях. По мере накопления фактич. материала и его науч. обобщения происходила дифференциация знаний и методов исследования и Ф. выделилась из общей науки о природе. Однако границы, отделяющие Ф. от др. естеств. наук, в значит. мере условны и меняются с течением времени.

В своей основе Ф. — эксперим. наука: её законы базируются на фактах, установленных опытным путём. Эти законы представляют собой строго определ. количеств. соотношения и формулируются на матем. языке. Различают эксперим. Ф. (опыты, проводимые для обнаружения новых фактов и для проверки открытых физ. законов) и теоретич. Ф., цель к-рой состоит в формулировке общих законов природы и в объяснении конкретных явлений на основе этих законов, а также в предсказании новых явлений. При