

Ф. ГАЛЬПЕРИН, И. КУПРИЯНОВ и Б. ПАНФИЛОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ g -ФАКТОРА НЕКОТОРЫХ ФЕРРОМАГНЕТИКОВ

(Представлено академиком Л. Д. Ландау 20 I 1954)

Нами были исследованы ферромагнитные материалы: $MnO \cdot (Fe_2O_3)_5$ и марганцево-цинковый феррит $(MnZn)O \cdot Fe_2O_3$. Эти ферромагнетики мы получили методом реакции в твердой фазе, обеспечивающей практически совершенно чистые вещества (1).

Измерялся g -фактор спектроскопического расщепления в 3-сантиметровом диапазоне длин волн двумя методами: по максимуму мнимой части μ'' и минимуму действительной части μ' комплексной магнитной проницаемости μ^* (первый метод) и минимуму квадрата модуля коэффициента отражения $|R|^2$ (второй метод). Последний измерялся при помощи «двойного тройника», использованного как направленный ответвитель. Оба метода измерения были ранее описаны (2).

На рис. 1 показана типичная картина ферромагнитного резонанса с характерными для него максимумом μ'' и областью отрицательных значений μ' . g -фактор, вычисленный по μ''_{\max} и μ'_{\min} , равен $1,99 \pm 0,02$. На рис. 1 дана также кривая зависимости величины $P = 1 - |R|^2$ от внешнего статического магнитного поля H . Видно, что максимум этой кривой смещен приблизительно на 600 эрст. относительно максимума кривой для μ'' . При достаточно малой толщине образца это смещение исчезает.

На рис. 2 показана зависимость величины P от поля H для образцов марганцево-цинкового феррита различной толщины. Видно, что полученные при этом кривые имеют типичный резонансный характер с одним максимумом величины P каждая. Последний растет с увеличением толщины от 1,2 до 1,85 мм (см. рис. 2). Однако этот рост продолжается лишь до вполне определенной толщины образца; при дальнейшем ее увеличении величина P_{\max} падает, затем снова

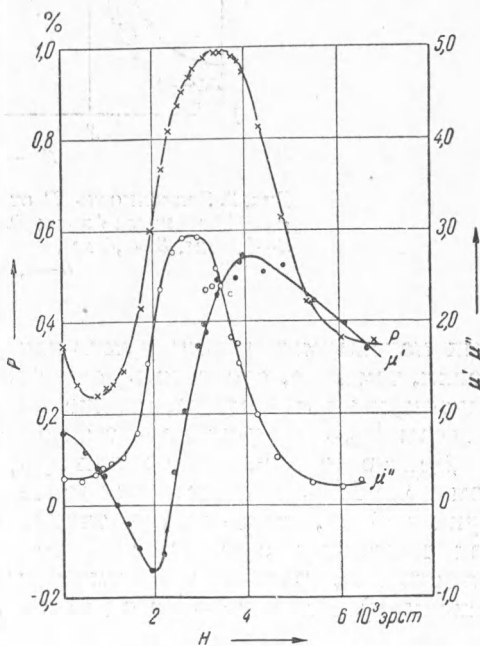


Рис. 1. Зависимость магнитной проницаемости μ' и μ'' и P от H для $MnO \cdot (Fe_2O_3)_5$. Толщина образца $b = 1,5$ мм, длина волны $\lambda = 3$ см

растет и т. д. Периодический характер изменения $P_{\text{макс}}$ с толщиной показан на рис. 3. Подобным образом меняется также и g -фактор. Экстраполяция эффективного значения g -фактора к толщине образца, равной нулю, дает: $g \sim 2$.

Упомянутое выше уменьшение величины $P_{\text{макс}}$ с ростом толщины образца сопровождается появлением на резонансных кривых побоч-

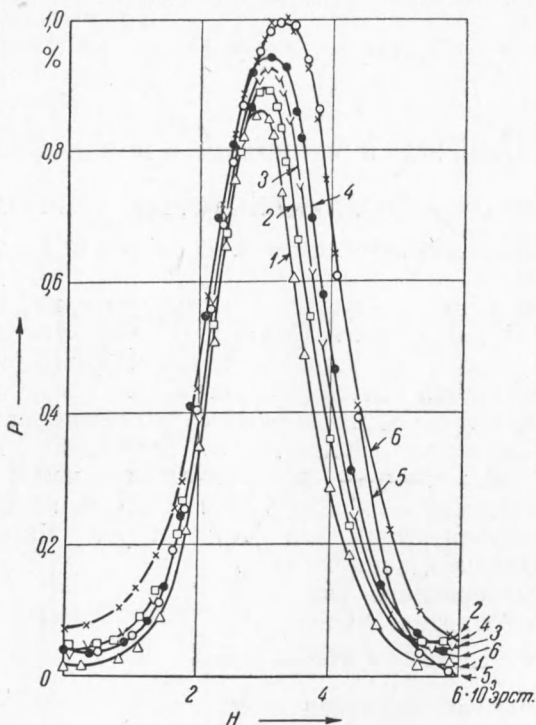


Рис. 2. Зависимость P от H для $(\text{MnZn})\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$. $\mu_0 = 950$ гаусс / эрст; $\lambda = 3$ см. 1— $b = 1,2$ мм, 2— $1,3$ мм, 3— $1,4$ мм, 4— $b = 1,5$ мм, 5— $1,75$ мм, 6— $1,85$ мм

ных максимумов и минимумов как при больших, так и при меньших полях, чем поле, соответствующее основному максимуму. Эти побочные максимумы и минимумы, а также периодический характер изменения величины $P_{\text{макс}}$ и g -фактора с толщиной обусловлены интерференцией.

Действительно, при соответствующей толщине образца и некотором поле H высокочастотная магнитная проницаемость μ , являющаяся функцией H , оказывается такой, что образец можно рассматривать как пластинку с оптической толщиной, близкой к $\lambda/4$. При этом, естественно, величина P имеет максимальное значение (побочный максимум). Если же образец столь тонок, что:

$$|\varepsilon^* \mu^*|(k_0 b) \ll 1,$$

то побочные максимумы отсутствуют. При этом $P_{\text{макс}}$ и $\mu''_{\text{макс}}$ должны совпадать. Здесь $k_0 = 2\pi/\lambda_0$; λ_0 — длина волны в свободном пространстве; b — толщина образца; ε^* — диэлектрическая постоянная; μ^* — магнитная проницаемость.

Упомянутая выше экстраполяция эффективного значения g -фактора к толщине, равной нулю, была взята с целью исключения интер-

ференции при определении истинного значения g -фактора. g -фактор вычислялся по формуле

$$g = \frac{21,4}{\lambda H_{\text{эф}}},$$

где λ — длина волны в см, $H_{\text{эф}}$ — эффективное поле в килоэрстедах. $H_{\text{эф}}$ вычислялось с учетом лишь размагничивающего и внешнего статического магнитного полей, т. е. пренебрегалось внутренним магнитным полем анизотропии, малым для рассматриваемых материалов.

Ошибки при вычислении g -фактора в основном складываются из неточностей при измерении поля H и длины волны λ . Последняя

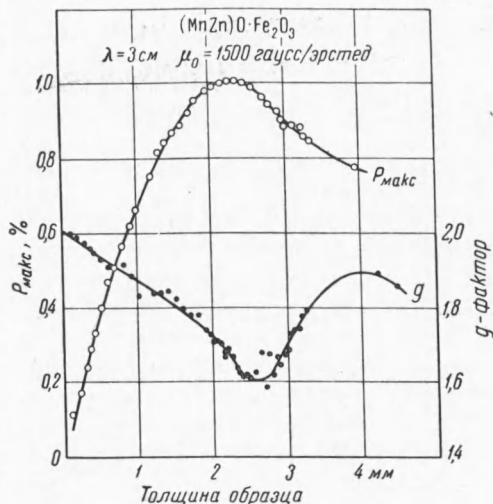


Рис. 3. Зависимость $P_{\text{макс}}$ и g -фактора от толщины образца для $(\text{MnZn})\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \mu_0 = 1500$ гаусс/эрст, $\lambda = 3$ см

определялась с точностью до 0,1%. Ошибка при определении поля H составляет немногим более 1%. Общая максимальная ошибка равна 1%, что при $g = 2$ дает приблизительно 0,02.

Закономерности, аналогичные рассмотренным выше, мы получили при исследовании также и других материалов в 3-сантиметровом диапазоне длин волн.

Поступило
20 I 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ П. Будников и А. Бережной, Реакция в твердых фазах, 1949.
- ² Сборн. Ферромагнитный резонанс и поведение ферромагнетиков в переменных полях, 1952.