

РАДИОЧАСТОТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СПОНТАННОЙ
НАМАГНИЧЕННОСТИ ФЕРРОМАГНЕТИКОВ С МАЛОЙ
АНИЗОТРОПИЕЙ

К. М. Голант, Т. Ю. Дмитриевская

УДК 538.6

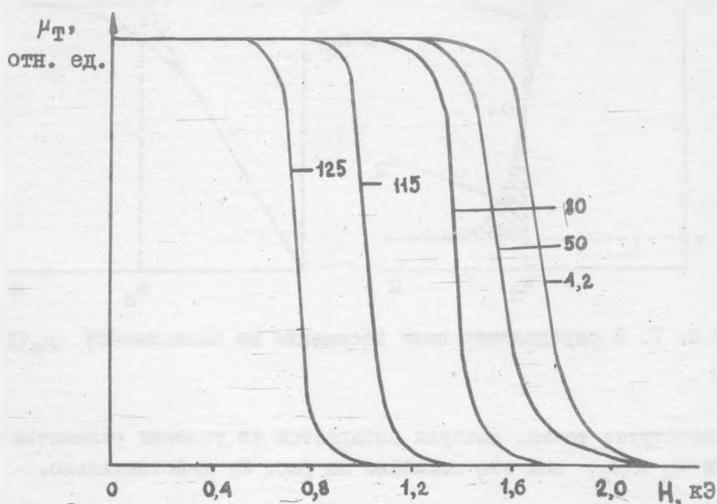
Описан способ определения величины спонтанной намагниченности ферромагнетиков по измерению динамической магнитной проницаемости образца незамкнутой формы. Приведены результаты измерения спонтанной намагниченности ферромагнитного полупроводника CdCr_2Se_4 .

Для определения величины спонтанной намагниченности M_S ферромагнитных материалов обычно используется статическая кривая намагничивания, то есть зависимость $M(H)$, где M — проекция намагниченности исследуемого образца на направление внешнего магнитного поля, H — напряженность этого поля. В этой методике величине M_S соответствует значение намагниченности насыщения, измерение которой позволяет определить M_S с точностью до парапроцента. Статические кривые намагничивания измеряются, как правило, с помощью вибрационных магнитометров. Однако создание вибрационного магнитометра представляет собой серьезную техническую проблему в особенности при работе в области азотных и гелиевых температур, поэтому разработка методики определения M_S , не требующей применения вибрационного магнитометра, но сохраняющей возможности магнитометрического метода является актуальной задачей.

Основа разработанной нами методики заключается в определении поля насыщения H_S ферромагнитного образца незамкнутой формы с помощью полевой зависимости его динамической магнитной проницаемости $\mu_T(H)$ и вычисления M_S из соотношения

$$M_S = \frac{H_S}{D} \quad (1)$$

где D - размагничивающий фактор образца. Известно [1,2], что в отсутствие анизотропии проекция намагниченности незамкнутого образца на направлении внешнего поля при $H < H_S$ определяется равенством $M = H/D$, которое при $H = H_S$ переходит в соотношение (1).

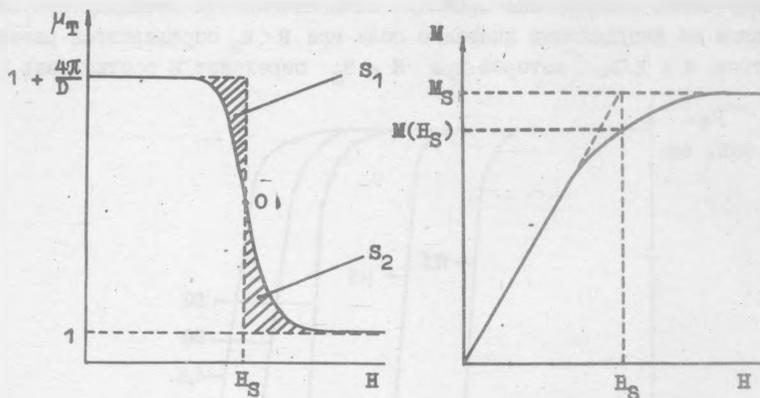


Р и с. 1. Зависимости $\mu_T(H)$ ферромагнитного полупроводника CdCr_2Se_4 , полученные при различных температурах (К) на монокристаллической сфере диаметром 2 мм

Поэтому для ферромагнетиков с малым полем анизотропии ($H_A \ll DM_S$) оказывается возможным определение M_S по значению поля насыщения, если известен размагничивающий фактор D .

На рис. 1 изображены изотермы $\mu_T(H) = 1 + 4\pi M/H$, снятые на сфере диаметром 2 мм, изготовленной из монокристалла ферромагнитного полупроводника CdCr_2Se_4 . При измерениях была использована методика регистрации изменений частоты резонансного контура, содержащего исследуемый образец в качестве сердечника катушки индуктивности [3]. Как видно из рис. 1, на зависимости

$\mu_T(H)$ различаются две области внешних магнитных полей. Область $H < H_S$, где $\mu_T = 1 + 4\pi/D$ и справедливо соотношение $M = H/D$, и область парапроцесса $H > H_S$, где $\mu_T \rightarrow 1$. При этом значению H_S



Р и с. 2. К определению поля насыщения по зависимости $\mu_T(H)$

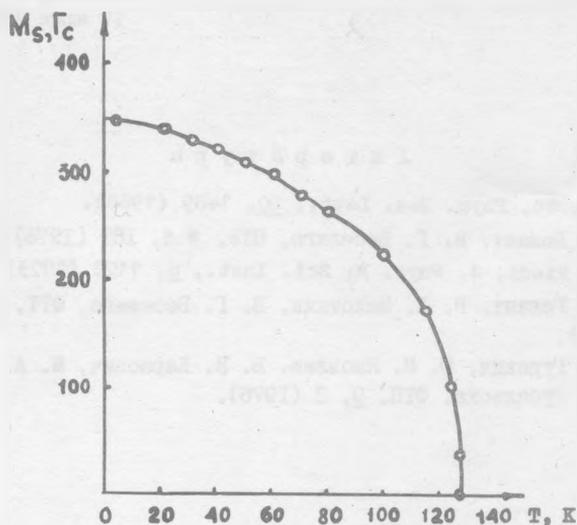
соответствует точка, которая выбирается из условия равенства площадей $S_1 = S_2$, как это показано на рис. 2. Действительно,

$$S_1 = \frac{4\pi H_S}{D} - 4\pi \int_0^{H_S} \frac{\partial M}{\partial H} dH = \frac{4\pi H_S}{D} - 4\pi M(H_S);$$

$$S_2 = 4\pi \int_{H_S}^{\infty} \frac{\partial M}{\partial H} dH = 4\pi M_S - 4\pi M(H_S),$$

и условие $S_1 = S_2$ соответствует $M_S = H_S/D$. Необходимо отметить, что такой способ определения M_S удобен при температурах не слишком близких к точке Кюри T_C , когда восприимчивость парапроцесса близка к единице и спад кривой $\mu_T(H)$ в области насыщения происходит достаточно резко. При этом выбор точки на спадающем участке зависимости $\mu_T(H)$ не является принципиальным, поскольку не приводит к существенной погрешности в определении H_S (см. рис. 1).

В области температур $T \sim T_C$ для определения M_S удобнее воспользоваться методом температурных "коленец" магнитной проницаемости /4



Р и с. 3. Температурная зависимость M_S для $CdCr_2Se_4$, полученная радиочастотным методом

В заключение остановимся на ошибках данного способа измерения M_S . Как следует из вышесказанного, для определения M_S из зависимости $\mu_T(H)$ достаточно измерить изменения магнитной проницаемости, происходящие при намагничивании образца, в относительных единицах. При этом, однако, для вычисления M_S требуется априорное знание величины размагничивающего фактора, что и определяет погрешность эксперимента из-за неизбежного несоответствия формы образца предполагаемой. На рис. 3 изображена зависимость $M_S(T)$ для ферромагнитного полупроводника $CdCr_2Se_4$, полученная с помощью описанного выше метода. Сравнение этих данных с результатами работы /5/, где измерения M_S проводились с использованием вибрационного магнитометра, показывают совпадение получаемых результатов с точностью в 5% во всем температурном интервале.

В заключение авторы приносят благодарность В. Г. Веселаго за поддержку данной работы.

Поступила в редакцию
17 июня 1978 г.

Л и т е р а т у р а

1. A. Arrott, *Phys. Rev. Lett.*, 20, 1489 (1968).
2. К. М. Голант, В. Г. Веселаго, *ПТЭ*, № 4, 189 (1975).
3. P. C. Riedi, *J. Phys. E: Sci. Inst.*, 6, 1172 (1973).
4. К. М. Голант, В. Е. Махоткин, В. Г. Веселаго, *ФТТ*, 17, 2279 (1975).
5. А. Г. Гуревич, Ю. М. Яковлев, В. И. Карпович, М. А. Винник, Э. В. Рубальска, *ФТП*, 9, 3 (1975).