

УДК — 538.245

ФИЗИКА

С. А. Мнацаканян

Уширение линии парамагнитного резонанса в ферритах-гранатах с малыми присадками редкоземельных элементов

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаеляном 13/XII 1971)

Введение небольших примесей ионов редкоземельных (р. з.) элементов в феррит-гранат иттрия (и. ф. г.) приводит к появлению дополнительного канала передачи энергии магнитной системы ионов железа в решетку кристалла. Этот процесс происходит следующим образом (см. например (1)) — ионы р. з. элементов R^{3+} создают большие локальные магнитные поля $H_{лок}$ ($\sim 10^4$ э) в месте расположения ионов Fe^{3+} . В свою очередь R^{3+} быстро релаксируют в решетку, что приводит к быстрой флуктуации $H_{лок}$, которая индуцирует переходы между состояниями железных спинов. Полагая, что ионы R^{3+} взаимодействуют только с ближайшими ионами Fe^{3+} мы должны были получить небольшой эффект, так как ионы Fe^{3+} , находящиеся вне сферы действия $H_{лок}$ оставались бы невозмущенными. Однако, практически, большой спиновый обмен между ионами железа приводит к тому, что все они релаксируют одинаково.

Наличие такого механизма передачи энергии магнитной системы спинов железной подрешетки в решетку кристалла приводит к уширению линии парамагнитного резонанса (ЭПР), пропорциональному концентрации р. з. ионов. Ширина линии ЭПР ферритов-гранатов с присадками ионов р. з. элементов может быть представлена следующим образом:

$$\Delta H \sim \frac{1}{\tau_1} + \frac{n}{\tau_2}, \quad (1)$$

где $\frac{1}{\tau_1}$ — ширина линии ЭПР чистого и. ф. г., $\frac{n}{\tau_2}$ — дополнительное уширение резонансной линии, обусловленное р. з. ионами, n — концентрация р. з. ионов в кристалле, τ_2 — время, за которое энергия спиновой системы ионов Fe^{3+} через ионы R^{3+} передается решетке. $\tau_2 = \tau_2' + \tau_2''$, где τ_2' — время спин-спинового взаимодействия между ионами

R^{2+} и Fe^{3+} , и τ_2 — время спин-решеточной релаксации ионов R^{2+} . При высоких температурах $\tau_2 \ll \tau_1$ и поэтому дополнительное уширение линии целиком определяется временем спин-спинового взаимодействия

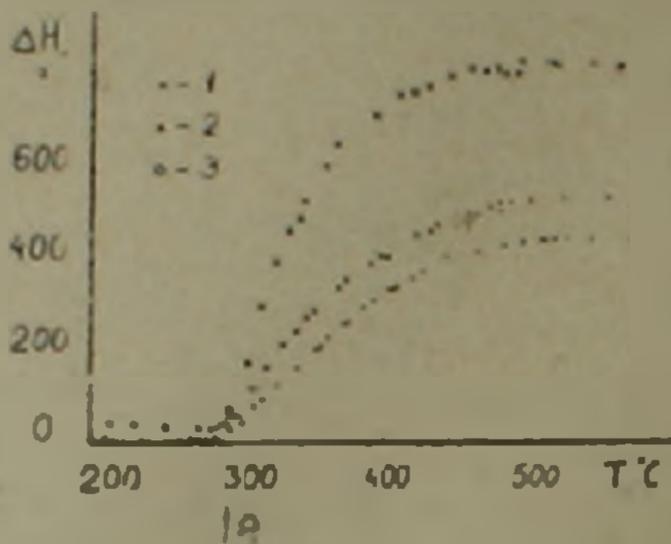


Рис. 1. Температурная зависимость ширины линии ЭПР ферритов-гранатов в окрестности точки Кюри.
1 — и. ф. г.; 2 — и. ф. г. с примесью 1 ат. % эрбия; 3 — 5 ат. % эрбия

между ионами R^{2+} и Fe^{3+} .
На рис. 1. показаны результаты измерения ширины линии резонансного поглощения чистого и. ф. г. ($Y_3Fe_5O_{12}$) и и. ф. г. в котором 1 и 5 атомных процентов иттрия замещены ионами эрбия. При приближении к температуре Кюри (Θ) начинается резкий рост ширины линии ЭПР — ΔH , который продолжается и выше Θ . При температурах примерно на 200° превышающих Θ зависимость ΔH от T выходит на плато и при дальнейшем увеличении температуры мало меняется. Введение в решетку и. ф. г. небольших примесей ионов эрбия приводит к увеличению значения ΔH на 85 ± 5 эрстед на 1 атомный процент примеси. (Берутся значения ΔH на плато). Аналогичные измерения с 0.5 процентной присадкой ионов самария показали увеличение ΔH на 160 ± 30 э на 1 ат. % примеси. Последняя ошибка обусловлена в основном неточностью определения процентного содержания самария в иттриевом гранате. Поскольку уширение линии ЭПР, как это мы предположили выше, определяется спин-спиновым взаимодействием и спина иона эрбия равен $3/2$, а спина самария — $5/2$, то полученные результаты удовлетворительно описываются в рамках предложенной модели. В заключение автор выражает благодарность Э. Г. Шароюну за полезные обсуждения.

Институт физических исследований
Академии наук Армянской ССР

Ս. Ա. ՄԱՅԱԿԱՆՅԱՆ

Պարամագնիսական ռեզոնանսի զծի լայնացումը ֆերիտ-գրանատներում հազվագյուտ հողերի էլեմենտների փոքր հավելանյութերով

Տվյալ աշխատանքում դիտարկվել են հազվագյուտ հողերի փոքր խառնուրդ պարունակող փոքրիումի ֆերիտ-գրանատների էլեկտրոնային պարամագնիսական ռեզոնանսի (EPR) զծի լայնացումը, որը պայմանավորված է էրկաթի սպինների սխտեմի մագնիսական էներգիայի ուղարկման հազվագյուտ հողերի (S, G) իոնների միջոցով:

Ցույց է տրվել, որ լրացուցիչ լայնացումը պետք է լինի համեմատական հ. հ. իոնների կոնցենտրացիային բյուրեղի ցանցում և պայմանավորված է երկաթի և հ. հ. իոնների միջև եղած սպին-սպինային փոխազդեցությամբ:

Փորձարարական հետազոտությունները ցույց են տվել, որ իտրիումի ֆերիտ-գրանատի ցանցի մեջ Fe^{3+} իոնների ներմուծումը հանգեցնում է էՊՄ գծի լայնացմանը 85 ± 5 էրստեդ խառնուրդի ամեն մի ատոմական % -ին ընկած: Իսկ Sm^{3+} իոնի ներմուծումը հանգեցնում է գծի լայնացմանը 160 ± 30 էրստեդ խառնուրդի ամեն մի ատոմական տոկոսին ընկած: Այդ տարբերության պատճառն երկաթի և Fe^{3+} և Sm^{3+} միջև եղած սպին-սպինային փոխազդեցության տարբերության մեջ է, որն իր հերթին պայմանավորված է այդ էլեմենտների սպինների մեծության տարբերությամբ:

Փորձարարական արդյունքները ստանում են զոհացուցիչ բացատրություն առաջարկված մոդելի շրջանակներում:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1 А. Керрингтон, Э. Мак-Лендан, Магнитный резонанс и его применение в химии, изд. „Мир“, М., 1970.