

- [5] Проскуровский Д.И., Пучкарев В.Ф. - ЖТФ, 1979, т. 49, № 12, с. 2611.
- [6] Литвинов Е.А., Месяц Г.А., Проскуровский Д.И. - УФН, 1983, т. 139, № 2, с. 265.
- [7] Пучкарев В.Ф. Кандидатская диссертация, Томск, 1980.
- [8] J ü t t n e r В. Katodenprozesse electrischer Entladungen im Vakuum, Dissertation, Berlin, ZIE, 1982.
- [9] Взрывающиеся проволочки. Пер. с английского под ред. А.А. Рухадзе, М.: ИЛ, 1963.
- [10] Раховский В.Н. Физические основы коммутации электрического тока в вакууме, М.: Наука, 1970.

Институт сильноточной  
электроники СО АН СССР,  
Томск

Поступило в Редакцию  
31 января 1984 г.

Письма в ЖТФ, том 10, вып. 10

26 мая 1984 г.

## ГИГАНТСКИЕ МАГНИТОАКУСТИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ В МЕТАМАГНЕТИКЕ $Gd_3Co$

Н.В. Баранов, А.В. Дерягин,  
Г.М. Квашнин

Интерметаллическое соединение  $Gd_3Co$  является ромбическим антиферромагнетиком с  $T_N = 131$  К, в котором наблюдаются индуцированные магнитным полем метамагнитные фазовые переходы из антиферромагнитного (АФ) в ферромагнитное (Ф) состояние [1, 2]. В указанных работах из анализа кривых намагничивания вдоль кристаллографических осей [100], [010] и [001] делается предположение о неколлинеарной магнитной структуре  $Gd_3Co$ , причем вектора антиферромагнетизма расположены в плоскости (100), образуя структуру типа „крест“. АФ-Ф переход 1-го рода вдоль осей [010] и [001] происходит в кристаллическом поле  $H_{k1} = 8.7 \cdot 10^5$  А/м, тогда как вдоль оси [100] указанный переход осуществляется путем непрерывного вращения векторов намагниченностей подрешеток из плоскости (100) к оси [100] и является скорее фазовым переходом 2-го рода. Поле схлопывания магнитных моментов подрешеток в этом случае  $H_{k2} = 11.2 \cdot 10^5$  А/м.

В настоящей работе сообщаются результаты исследования температурных и полевых зависимостей скоростей распространения продольных ( $V_L$ ) и поперечных ( $V_T$ ) упругих волн вдоль осей [100], [010] и [001] в монокристаллах соединения  $Gd_3Co$  в интервале температур (4.2–300)К и в полях до  $18.4 \cdot 10^5$  А/м. Измерения скоростей проводились на частоте 20 МГц импульсно-

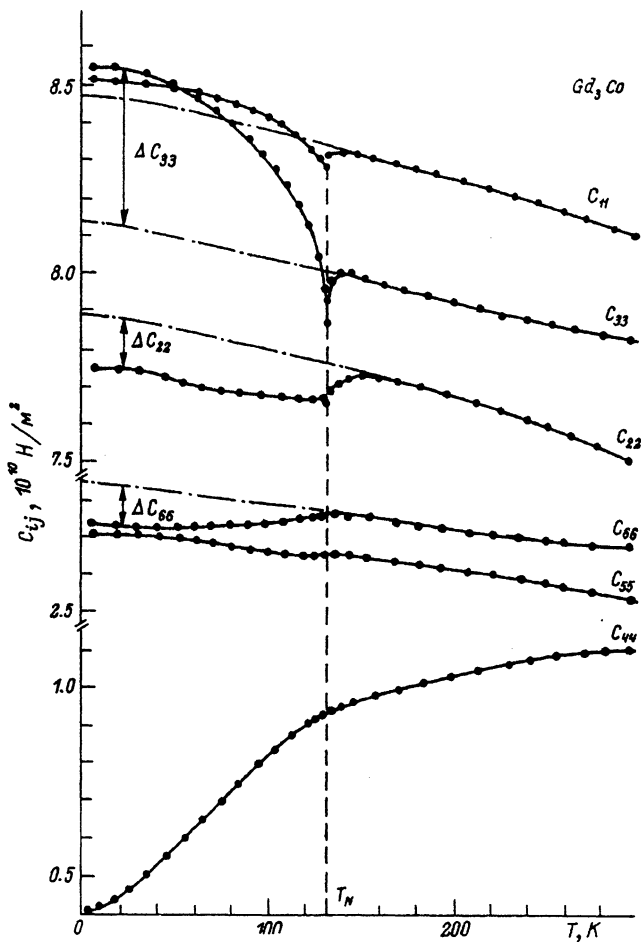


Рис. 1. Зависимости диагональных компонентов тензора упругих постоянных  $Gd_3Co$  от температуры.

фазовым методом [3] с относительной точностью  $10^{-4}$ . Абсолютные значения скоростей измерялись при 300 К с точностью  $2 \cdot 10^{-3}$ . Методика получения и аттестации монокристаллов  $Gd_3Co$  сообщалась ранее в нашей работе [2].

На рис. 1 приведены температурные зависимости диагональных  $C_{ii}$  компонентов тензора упругих постоянных  $Gd_3Co$ , рассчитанные из скоростей распространения продольных  $V_l$  и поперечных  $V_z$  упругих волн с учетом температурных изменений объема элементарной ячейки (рентгеновской плотности  $\rho$ ) [4]. Как видно, общей особенностью поведения упругих постоян-

ных  $Gd_3Co$  является наличие аномалий при  $T_N=131$  К, наиболее отчетливо заметные для  $C_{11}$ ,  $C_{22}$  и  $C_{33}$ . Противоположные знаки магнитоупругих вкладов  $\Delta C_{22} (<0)$  в  $C_{22}$  и  $\Delta C_{33} (>0)$  в  $C_{33}$  и их неодинаковые абсолютные значения ( $|\Delta C_{33}| > |\Delta C_{22}|$ ) ниже  $T_N$ , по-видимому, обусловлены различной величиной суммарной проекции вектора антиферромагнетизма, соответственно, на оси  $[010]$  и  $[001]$ . Отличаются также температурные зависимости  $C_{55}$  и  $C_{66}$ , рассчитанные из скоростей распространения поперечных упругих волн  $V_t$  с волновым вектором  $\vec{k} \parallel [100]$  и поляризацией, соответственно, вдоль осей  $[001]$  и  $[010]$ . Ниже  $T_N$  с понижением температуры отрицательный магнитоупругий вклад  $\Delta C_{66}$  в  $C_{66}$  (рис. 1) возрастает, чего не наблюдается для  $C_{55}$ . Эти факты позволяют говорить о неэквивалентности осей  $[010]$  и  $[001]$  в магнитоупругом и, возможно, в магнитном отношении, несмотря на одинаковый вид кривых намагничивания и очень близкие по величине критические поля АФ-Ф переходов вдоль этих направлений [2].

Отличительной особенностью  $C_{44}$ , рассчитанной из скоростей поперечной упругой волны с волновым вектором  $\vec{k} \parallel [010]$  ( $[001]$ ) и поляризацией  $\vec{u} \parallel [001]$  ( $[010]$ ) соответственно, является ее монотонное уменьшение в парамагнитной области с понижением температуры. Причина этого в настоящее время не ясна. Однако, учитывая, что появление дальнего магнитного порядка ниже  $T_N$  приводит к более резкому уменьшению  $C_{44}$  с понижением температуры, можно предположить, что аномальное поведение  $C_{44}$  выше  $T_N$  также имеет магнитоупругую природу.

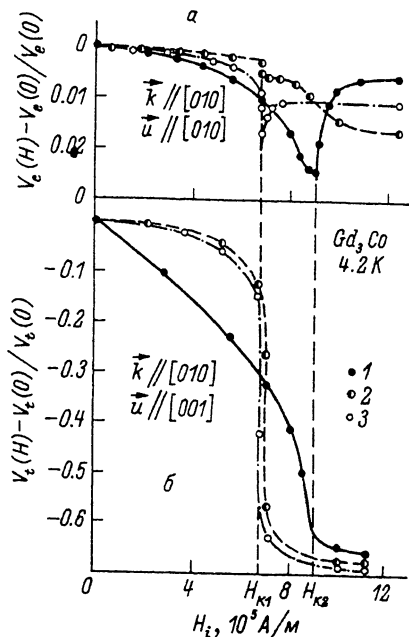
Проведенные нами исследования полевых зависимостей продольных и поперечных упругих волн в  $Gd_3Co$  обнаруживают в некоторых случаях их значительное изменение в области метамагнитного АФ-Ф фазового перехода, причем величина аномалий во всех случаях с понижением температуры в интервале от  $T_N$  до гелиевых возрастает. В качестве примера на рис. 2, а, б показаны зависимости относительных значений скоростей продольных  $V_l$ ,  $\vec{k} \parallel [010]$  и поперечных  $V_t$ ,  $\vec{k} \parallel [010]$ ,  $\vec{u} \parallel [001]$  упругих волн при 4.2 К от величины и ориентации внутреннего магнитного поля  $\vec{H}_i$ . Как видно, резкое уменьшение скоростей продольных (рис. 2, а) и особенно поперечных волн (рис. 2, б) происходит при величине внутреннего магнитного поля  $H_{K1}=6.8 \cdot 10^5$  А/м ( $\vec{H}_i \parallel [010]$  и  $\vec{H}_i \parallel [001]$ ), при котором, согласно измерениям кривых намагничивания [2], наблюдается АФ-Ф фазовый переход 1-го рода. Ожидаемый гистерезис в пределах ошибки эксперимента не был обнаружен. Более плавное уменьшение  $V_l$  и  $V_t$  при  $\vec{H}_i \parallel [100]$  отражает процесс непрерывной переориентации магнитных моментов редкоземельной подрешетки в  $Gd_3Co$  из плоскости (100) к оси  $[100]$ . Поле схлопывания,  $H_{K2}=9.6 \cdot 10^5$  А/м, определенное по положению минимума  $V_l$  (рис. 2, а), близко к значению, полученному из магнитных измерений [2].

Рис. 2. Относительные изменения продольной (а) и поперечной (б) скоростей упругих волн в  $Gd_3Co$  в зависимости от величины и ориентации внутреннего магнитного поля  $H_i$ : 1 -  $H_i \parallel [100]$ ; 2 -  $H_i \parallel [010]$ , 3 -  $H_i \parallel [001]$ .

Наиболее интересным как с научной, так и с практической точки зрения является гигантское уменьшение величины поперечной скорости звука  $V_z$  (рис. 2, б) почти в 3 раза (от 675 м/с при  $H=0$  до 220 м/с при  $H_i = H_{K1}, H_{K2}$ ) или уменьшение сдвиговой упругой постоянной  $C_{44}$  на порядок.

В случае метамангнитных АФ-Ф фазовых переходов в  $Gd_3Co$  аномальное уменьшение  $V_z$  при распространении ультразвука в плоскости (100) монокристалла, по-видимому, обусловлено усилением спинфононного взаимодействия вследствие изменения спектра спиновых волн антиферромагнетика в магнитных полях, близких по величине к обменному, как это наблюдалось, например, в области спин-флоп переходов [5]. На изменение  $V_z$  и  $V_z$  в области переходов, несомненно, должны оказывать влияние магнитострикционные деформации, а также наличие доменных стенок, разделяющих АФ и Ф фазы, в случае переходов 1-го рода вдоль [001] и [010] осей. К сожалению, в литературе практически отсутствуют теоретические исследования поведения упругих волн в метамангнетике в области индуцированных полей фазовых переходов, что затрудняет проведение количественного анализа наших экспериментальных данных.

Рассмотренные выше особенности поперечных упругих волн в  $Gd_3Co$  в плоскости (100) (положительный температурный коэффициент изменения  $V_z$  в широкой области температур, от гелиевых до комнатных при  $H=0$ , а также гигантское уменьшение скорости при индуцированном полем АФ-Ф переходе) могут представлять практический интерес в тех областях техники, где возникает необходимость сильного изменения скорости звука при изменении магнитного поля или температуры.



- [1] P o l d y C.A., T a y l o r K.N.R. Magnetic and structural effects of  $Gd_3(Fe,Co,Ni)$  pseudobinaries.- J.Phys.F: Metal.Phys., 1973, vol. 3, p. 145-156.
- [2] Д е р я г и н А.В., Б а р а н о в Н.В. Магнитные свойства, фазовые переходы и магнитный гистерезис в редкоземельных интерметаллических соединениях  $(Tb_{1-x}Cd_x)_3Co$ .- ФММ, 1980, т. 49, вып. 6, с. 1245-1255.
- [3] M c S k i m i n H.J. Ultrasonic measurement techniques applicable to small solid specimens. - J. Acoust. Soc. Amer., 1950, vol. 22, N 4, p.413-418.
- [4] А н д р е е в А.В., Б а р а н о в Н.В., З а д в о р - к и н С.М., Р е й м е р В.А., С и н и ц ы н Е.В. Магнитная структура и аномалии теплового расширения  $R_3Co$ . - ХУ1 Всесоюзная конференция по физике магнитных явлений. Тезисы докладов. Тула, 1983, 8 сентября, с. 284-285.
- [5] Т у р о в Е.А., Ш а в р о в В.Г. Нарушенная симметрия и магнитоакустические эффекты в ферро- и антиферромагнетиках. - УФН, 1983, т. 140, вып. 3, с. 429-463.

Поступило в Редакцию  
1 февраля 1984 г.

Письма в ЖТФ, том 10, вып. 10

26 мая 1984 г.

## ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ И ТЕПЛОЕМКОСТЬ ПИРОНИОБАТА КАДМИЯ

Ф.М. С а л а е в, Л.С. К а м з и н а,  
Н.Н. К р а й н и к, А.Л. Х о л к и н,  
В.М. Е г о р о в

Необычные сегнетоэлектрические свойства  $Cd_2Nb_2O_7$  и наличие большого числа фазовых переходов привлекают в последнее время внимание многих исследователей. Значительные величины электрооптических коэффициентов и диэлектрической нелинейности делают эти кристаллы перспективными для ряда практических применений.

Однако природа фазовых переходов в этом кристалле не вполне ясна. Для уточнения природы фазовых переходов и температуры возникновения спонтанной поляризации в данной работе были проведены измерения пироэлектрического эффекта и теплоемкости.

Пироэлектрический эффект измерялся динамическим методом в интервале температур 50-250 К на кристаллах толщиной