

## ВЛИЯНИЕ СВЕТА НА МАГНИТНОЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ В $\text{CaCr}_2\text{Se}_4$

Л. В. Анзина, С. Г. Рудов

УДК 538.27

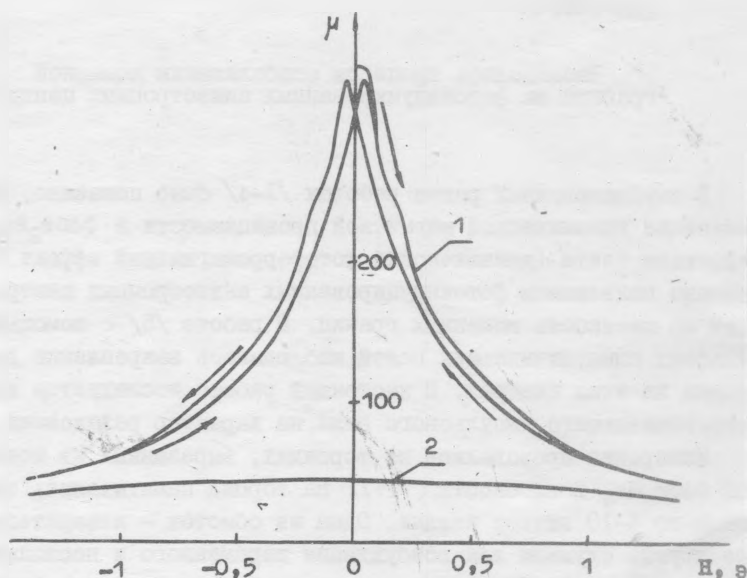
Наблюдались процессы стабилизации доменной границы на фотоиндуцированных анизотропных центрах.

В опубликованных ранее работах /1-4/ было показано, что изменение динамической магнитной проницаемости в  $\text{CaCr}_2\text{Se}_4$  под действием света (динамический фотоферромагнитный эффект - ДФФЭ) вызвано появлением фотоиндуцированных анизотропных центров, влияющих на жесткость доменных границ. В работе /5/ с помощью импульсных намагничивающих полей наблюдалось закрепление доменных границ на этих центрах. В настоящей работе исследуется влияние намагничивающего импульсного поля, на характер релаксации ДФФЭ.

Измерения проводились на тороидах, вырезанных из монокристаллов  $\text{CaCr}_2\text{Se}_4$  в плоскости (111). На тороид наматывались три обмотки по 4-10 витков каждая. Одна из обмоток - измерительная, две другие служили для возбуждения переменного и постоянного магнитных полей. Измерение амплитудной магнитной проницаемости проводилось методом коэффициента передачи /4/ в переменных магнитных полях до  $10^{-3}$  Э на частоте 20 кГц. Относительная погрешность измерений не превышала 3%. Ввиду малости переменных магнитных полей, измеряемая амплитудная магнитная проницаемость совпадала с обратимой магнитной проницаемостью.

На рис. 1 представлена зависимость амплитудной магнитной проницаемости от постоянного магнитного поля в темноте и при облучении светом мощностью  $10^{-3}$  Вт/см<sup>2</sup>. Зависимость темновой магнитной проницаемости от поля имеет гистерезисный вид. Верхняя точка при  $H = 0$  соответствует размагниченному состоянию. Идущая от этой точки ветвь соответствует магнитной проницаемости на кривой первого намагничивания. Кривые от  $+H_{\text{max}}$  до  $-H_{\text{max}}$

и от  $-H_{\max}$  до  $+H_{\max}$  принадлежат, соответственно, нисходящей и восходящей ветвям предельной петли гистерезиса. Магнитная проницаемость на этих ветвях имеет максимумы в полях, равных коэрцитивной силе. В отличие от темновой магнитной проницаемости, магнитная проницаемость при освещении слабо зависит

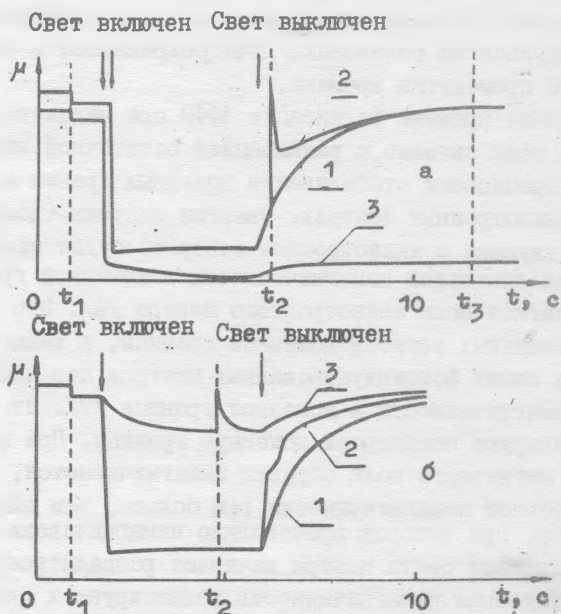


Р и с. 1. Зависимость магнитной проницаемости от постоянного магнитного поля: 1 - в темноте, 2 - при облучении светом мощностью  $10^{-3}$  Вт/см<sup>2</sup>

от постоянного магнитного поля, и ее максимум находится в нулевом магнитном поле.

На рис. 2а представлены зависимости магнитной проницаемости от времени при температурах 78 К и 4,2 К. Размагниченный образец в момент времени  $t_1$  намагничивался импульсным полем длительностью  $10^{-6}$  с. Небольшое уменьшение магнитной проницаемости при этом было связано с остаточной намагниченностью образца. Облучение

образца белым светом мощностью  $10^{-3}$  Вт/см<sup>2</sup> вызывало уменьшение магнитной проницаемости примерно на порядок. При 78 К после выключения света магнитная проницаемость релаксировала к своему темновому значению за время порядка 2 с (кривая 1). Если во время релаксации магнитной проницаемости (в момент времени  $t_2$ ) включить импульсное магнитное поле, то магнитная проницаемость достигнет своего темнового значения за более короткий промежуток времени (кривая 2). При температурах жидкого гелия релаксация магнитной проницаемости к темновому значению происходит в течение двух-трех часов (кривая 3). После включения в момент времени  $t_3$  импульсного магнитного поля магнитная проницаемость незначительно возросла, примерно на 2%.



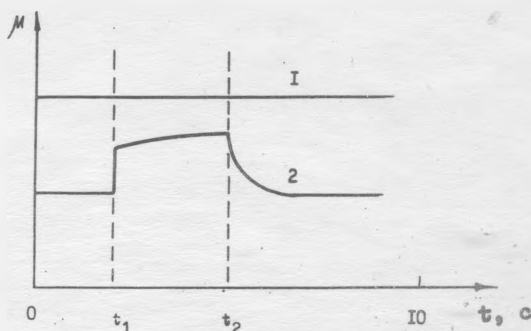
Р и с. 2. Зависимость магнитной проницаемости от времени. В моменты времени  $t_1$ ,  $t_2$  и  $t_3$  включалось импульсное магнитное поле длительностью  $10^{-6}$  с. Для кривых 1 в момент  $t_2$  поле не включалось  
 а) 1, 2 - температура 78 К, 3 - температура 4,2 К, 1, 2, 3 - свет мощностью  $10^{-3}$  Вт/см<sup>2</sup>. б) 1, 2 - свет мощностью  $10^{-3}$  Вт/см<sup>2</sup>, 3 - свет мощностью  $10^{-4}$  Вт/см<sup>2</sup>; 1, 2, 3 - температура 78 К.

Уменьшение времени релаксации ДФФЭ при температурах жидкого азота наблюдалась также и в том случае, когда импульсное магнитное поле включалось во время облучения образца (рис. 2б). Причем при низкой интенсивности света магнитная проницаемость после намагничивающего импульса возрастает и затем медленно спадает к своему стационарному значению при данной интенсивности света (кривая 3). При высоких интенсивностях света магнитная проницаемость практически не меняется после намагничивающего импульса, но ее релаксация после выключения света значительно ускоряется (кривая 2). Влияние намагничивающего импульса на релаксацию ДФФЭ зависит от временного промежутка между намагничивающим импульсом и временем выключения света. Если он превышает 2 мин при интенсивности света  $10^{-3}$  Вт/см<sup>2</sup>, то изменение релаксации уже не наблюдается. С ростом интенсивности света влияние намагничивающего импульса на релаксацию ДФФЭ сохраняется в течение значительно большего промежутка времени.

Уменьшение времени релаксации ДФФЭ при наложении импульсного магнитного поля связано с релаксацией остаточной намагниченности, а также с процессами стабилизации доменных границ на фотоиндуцированных анизотропных центрах. Энергия системы (доменная граница, взаимодействующая с анизотропным центром) будет минимальна, когда направление локальной намагниченности в доменной границе совпадает с легкой осью анизотропного центра /6/. Это достигается за счет локальных изгибов доменной границы, а также в результате подстройки самих фотоиндуцированных центров под направление локальной намагниченности в доменной границе /7/. Эти два процесса стабилизируют покоящуюся доменную границу. При наложении импульсного магнитного поля образец намагничивается, причем величина остаточной намагниченности тем больше, чем выше концентрация центров, при которой происходило намагничивание образца. После выключения света центры начинают распадаться, а вместе с ними и остаточная намагниченность релаксирует к своему темновому значению. При этом доменные границы не стабилизированы и непрерывно перемещаются к своему стационарному темновому положению. Во время такого перемещения доменная граница слабо взаимодействует с центрами, что приводит к резкому росту магнитной проницаемости (рис. 2, кривые 2). Из-за нестационарности центров остаточная намагниченность может релаксировать к темновому уровню, даже если с помощью света непрерывно поддерживать определенную кон-

центрацию центров. В этом случае релаксация остаточной намагниченности происходит за счет локальных изгибов доменных границ. Такой механизм релаксации возможен из-за локальных флуктуаций концентрации фотоиндуцированных центров по объему. При этом скорость релаксации остаточной намагниченности падает с ростом концентрации и времени жизни центров.

Для выявления механизма взаимодействия центров с движущейся доменной границей проводился следующий опыт. Магнитная проницаемость измерялась в переменном магнитном поле амплитудой  $10^{-3}$  Э на частоте 20 кГц. Зависимости магнитной проницаемости от времени в темноте (кривая 1) и при облучении белым светом (кривая 2) приведены на рис. 3. В момент времени  $t_1$ , включалось дополнительное низкочастотное (500 Гц) переменное магнитное поле амплитудой  $2 \cdot 10^{-3}$  Э. При этом магнитная проницаемость сначала скачком возрастает, а затем медленно выходит на новое стационарное положение. После выключения дополнительного переменного магнитного поля в момент времени  $t_2$  магнитная проницаемость релаксирует к своему прежнему уровню за 1–2 с. Наблюдаемая релаксация магнитной проницаемости при включении и выключении дополнительного переменного магнитного поля связана с подстройкой фотоиндуцированных анизотропных центров к новому распределению намагниченности в доменной границе.



Р и с. 3. Зависимость магнитной проницаемости от времени в темноте (1) и при облучении светом мощностью  $2 \cdot 10^{-4}$  Вт/см<sup>2</sup> (2);  $t_1$  и  $t_2$  — время включения и выключения дополнительного подмагничивающего поля с амплитудой  $2 \cdot 10^{-3}$  Э и частотой 500 Гц

В заключение авторы выражают благодарность В. Т. Калинин-  
ну за предоставление образцов.

Поступила в редакцию  
15 апреля 1980 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. W. Lems, P. J. Rijnierse, P. F. Bongers, U. Enz, *Phys. Rev. Lett.*, 21, 1643 (1968).
2. В. Г. Веселаго и др., Письма в ЖЭТФ, 15, 316 (1972).
3. Л. В. Анзина, В. Г. Веселаго, С. Г. Рудов, Письма в ЖЭТФ, 23, 552 (1975).
4. Л. В. Анзина, В. Г. Веселаго, М. П. Рахвальский, С. Г. Рудов, ФТТ, 21, 2947 (1979).
5. В. Е. Махоткин, Г. И. Виноградова, В. Г. Веселаго, Письма в ЖЭТФ, 28, 84 (1978).
6. W. Lems, R. Metselaar, P. J. Rijnierse, U. Enz, *J. of Appl. Phys.*, 41, 1248 (1970).
7. Р. А. Дорошенко, М. М. Фарзалинов, В. Г. Веселаго, В. Т. Калининков, Тезисы докладов Всесоюзной конференции по физике магнитных явлений, г. Харьков, Сб-4, 1979 г.