

УВЕЛИЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КЮРИ  
МАГНИТНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ОСВЕЩЕНИЯ

М.М.Афанасьев, М.Е.Компан, И.А.Меркулов

Излагаются результаты исследования влияния освещения на намагниченность доменов в ферромагнитном сульфиде европия ( $T_c = 16\text{K}$ ). Из результатов эксперимента следует, что освещение приводит к увеличению намагниченности, что интерпретируется как увеличение температуры Кюри  $\text{EuS}$  под действием света на величину порядка  $10^{-1}\text{K}$ .

В настоящем сообщении излагаются результаты исследования влияния освещения на намагниченность доменов в ферромагнитном сульфиде европия ( $T_c = 16\text{K}$ ). Применение высокочастотной модуляции интенсивности света дало возможность выделить нетепловое действие освещения на намагниченность. Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод, что освещение приводит к увеличению намагниченности, что интерпретируется как увеличение температуры Кюри  $\text{EuS}$  под действием света.

Индукцированное поглощением света увеличение температуры Кюри было предсказано в работе Вонсовского и др. [1]. Этот эффект связан с участием в косвенном обмене электронов, возбужденных светом в зону проводимости.

До сих пор индуцированное светом увеличение температуры Кюри, по-видимому [2], не наблюдалось на эксперименте. В [2] предполагается, что это связано с необходимостью создания высокой концентрации фотовозбужденных электронов. Так, по оценкам, проведенным в [3] для увеличения  $T_c$  в  $\text{EuS}$  на  $100\text{K}$  необходимо создать концентрацию неравновесных носителей порядка  $10^{21}\text{ см}^{-3}$ . Создание таких высоких концентраций требует применения мощных источников света. При этом необходимо учитывать, что простой разогрев под действием лазерного излучения может в значительной мере замаскировать повышение  $T_c$ . Следовательно, эксперимент по обнаружению оптически индуцированного увеличения температуры Кюри должен ставиться так, чтобы свести к минимуму тепловое действие света.

Для уменьшения теплового действия света нами применялась высокочастотная модуляция интенсивности воздействующего пучка. Инерционность тепловых процессов приводит к тому, что модуляция температуры уменьшается по мере увеличения частоты модуляции подсветки. В то же время связанная с модуляцией освещения переменная составляющая в температуре Кюри не чувствительна к увеличению частоты модуляции ( $\omega$ ), если  $\omega\tau < 1$ . Здесь  $\tau$  — максимальное из времен, характеризующих процессы установления стационарного распределения электронов в зоне проводимости. К этим процессам относятся — релаксация фотовозбужденных электронов по энергии и импульсу, а так же процесс рекомбинации электронов с дырками. Грубые оценки  $\tau$ , проведенные для  $\text{EuS}$  дают  $\tau \lesssim 10^{-6}\text{ сек}$ . Следовательно, увеличивая час-

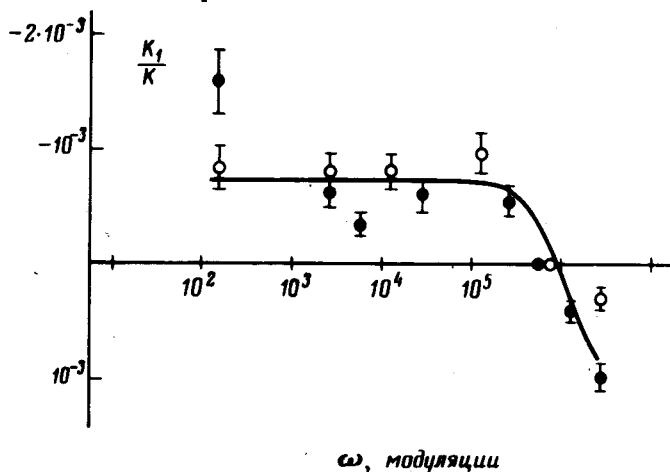
тоту модуляции интенсивности света до значения  $\omega \sim 10^6 \text{ сек}^{-1}$ , можно существенно ослабить тепловое воздействие света, практически изменяя влияния освещения на  $T_c$ .

Для детектирования изменения  $T_c$  нами использовалась зависимость коэффициента поглощения света с длиной волны  $\lambda = 0,63 \text{ мкм}$  от величины микроскопической намагниченности (в доменах). Хорошо известно, что с увеличением порядка в спиновой системе (увеличение намагниченности) край оптического поглощения в  $\text{EuS}$  испытывает значительный "красный сдвиг" [3]. Таким образом, увеличение  $T_c$  под действием освещения должно привести к увеличению намагниченности, а, следовательно, и к увеличению коэффициента поглощения. Разогрев образца светом должен, из-за уменьшения намагниченности, приводить к уменьшению поглощения.

В окрестности  $T_c$  намагниченность существенно зависит от разности  $T - T_c$ . Поэтому тепловое и нетепловое действие света на намагниченность аддитивно складываются.

Эксперимент проводился на установке, описанной в [4]. Плотность возбуждения светом накачки составляла величину порядка  $10^{24} \text{ см}^{-3} \cdot \text{сек}^{-1}$ : при этом температура образца в освещаемой точке была  $10 - 12\text{K}$  (оценка).

Знак модуляции коэффициента поглощения определялся следующим образом. Тракт синхронного детектирования настраивался на частоту и фазу модуляции интенсивности луча накачки, после чего фотоприемник переносился из луча накачки в зондирующий луч. Вызванная модулированной накачкой модуляция интенсивности зондирующего пучка регистрировалась без перестройки измерительной схемы и знаки можно было сравнивать непосредственно.



Зависимость модуляции коэффициента поглощения от частоты модуляции интенсивности подсветки. Для серий измерений мощности лазера накачки могут несколько отличаться

На рисунке представлена зависимость отношения  $K_1/K$  от частоты модуляции интенсивности освещения. Здесь  $K_1$  — амплитуда синфазной с модуляцией накачки переменной составляющей коэффициента поглощения,  $K$  — постоянная составляющая коэффициента поглощения. Вид-

но, что в области  $10^2 \text{ сек}^{-1} < \omega < 10^5 \text{ сек}^{-1}$  отношение  $K_1/K < 0$  и практически не зависит от частоты модуляции.

В этой области значений  $\omega$  характерная глубина проникновения изменений температуры вглубь подложки  $r = \sqrt{2\lambda/c\omega}$  ( $\lambda$  и  $c$  — теплопроводность и теплоемкость подложки) много меньше размеров образца, но много больше размеров светового пятна  $r_0 \approx 10^{-2} \text{ см}$ . Как нетрудно показать, переменная составляющая температуры в этом случае практически постоянна  $T \approx N/2\pi r_0 \lambda$ , где  $N$  — переменная составляющая мощности накачки. При дальнейшем увеличении частоты  $r$  становится меньше размеров сфокусированного светового пятна и модуляция температуры образца начинает быстро убывать с возрастанием  $\omega$ . Полученные на эксперименте для частот  $\omega > 10^6 \text{ сек}^{-1}$  положительные значения  $K_1/K$  свидетельствуют, что освещение в этом случае приводит к увеличению намагниченности, т. е. к увеличению температуры Кюри под действием освещения.

Полученные на эксперименте величины позволяют сделать некоторые оценки. Модуляция температуры в области  $10^2 \text{ сек}^{-1} < \omega < 10^5 \text{ сек}^{-1}$  одного порядка с изменением температуры Кюри и составляет  $T \sim 0,1 \text{ К}$ . Определенная отсюда концентрация фотовозбужденных электронов проводимости  $n \sim 10^{18} \text{ см}^{-3}$ , что соответствует времени жизни электронов до рекомбинации  $\tau \sim 10^{-6} \text{ сек}$ .

Авторы благодарны Б.П.Захарчене, В.И.Перелю и В.Г.Флейшеру за интерес, проявленный к работе, ценные обсуждения и дискуссии.

Физико-технический институт  
им. А.Ф.Иоффе  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
24 апреля 1976 г.

### Литература

- [1] С.В.Вонсовский, А.А.Самохвалов, А.А.Бердышев. *Helv. Ph. Acta*, 43, 9, 1970.
- [2] Э.Л.Нагаев. *УФН*, 117, 437, 1975.
- [3] Сб. Физ. св-ва халькогенидов редкоземельных элементов. Л., изд. Наука, 1973.
- [4] М.М.Афанасьев, Б.П.Захарченя, М.Е.Компан, В.Г.Флейшер, С.Г.Шульман. *Письма в ЖЭТФ*, 21, 486, 1975.