

фактически отскакивает релаксация двойного перегиба, этим влиянием можно пренебречь. Уменьшение величин дилатаций атомов на дислокационной линии с перегибом с течением времени (рис. 1, 2) связано с методикой отвода лишней кинетической энергии атомов при релаксации перегиба, которая детально описана в [8].

Список литературы

- [1] Хирт Дж., Лоте И. Теория дислокаций. М.: Атомиздат, 1972, 425 с.
- [2] Актуальные вопросы теории дислокаций // Под ред. А. Н. Орлова. М.: Мир, 1966. 325 с.
- [3] Klyavin O. V., Likhodedov N. P., Orlov A. N. // Progress in Surface Science. 1990. V. 33. N 4. P. 1—125.
- [4] Seeger A., Donth H., Pfaff F. // Disc. Faraday Soc. 1957. V. 23. P. 19—37.
- [5] Клявин О. В., Лиходедов Н. П., Орлов А. Н. // ФТТ. 1985. Т. 27. № 11. С. 3388—3396.
- [6] Клявин О. В., Лиходедов Н. П., Орлов А. Н. // Сб. «Моделирование на ЭВМ структурных дефектов в кристаллах». Л., ФТИ им. А. Ф. Иоффе АН СССР, 1988. 56 с.
- [7] Appel F., Bethge H., Messerschmidt U. // Phys. Stat. Sol. (a). 1976. V. 38. P. 103—108; 1977. V. 42. p. 61—70.
- [8] Клявин О. В., Лиходедов Н. П., Орлов А. Н. // Препринт ФТИ им. А. Ф. Иоффе АН СССР. 1985. № 955. 56 с.

Физико-технический институт
им. А. Ф. Иоффе РАН
Санкт-Петербург

Поступило в Редакцию
24 октября 1991 г.

УДК 621.315.592

© Физика твердого тела, том 34, № 3, 1992
Solid State Physics, vol. 34, N 3, 1992

ЭФФЕКТ ХОЛЛА В ФЕРРОМАГНИТНОМ ПОЛУПРОВОДНИКЕ HgCr_2Se_4 n -ТИПА В СИЛЬНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

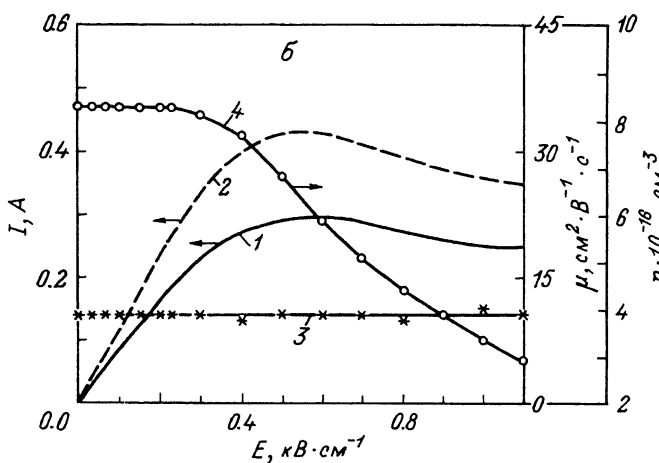
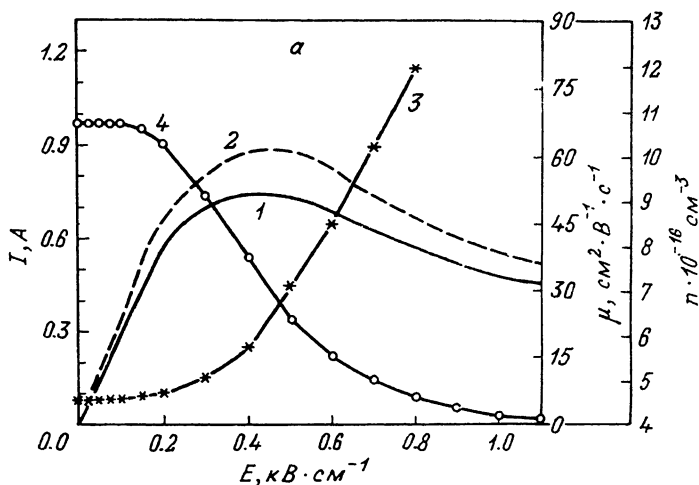
В. А. Костылев, А. А. Самохвалов, Н. М. Чеботаев

В ряде теоретических и экспериментальных работ было показано, что взаимодействие горячих носителей заряда со спиновыми волнами в магнитных полупроводниках приводит к ряду новых явлений, связанных с разогревом и генерацией магнонов [1–5]. В результате в сильном электрическом поле изменяются многие физические свойства и параметры ферромагнитных и антиферромагнитных полупроводников, например: намагниченность, электропроводность, затухание спиновых и магнитостатических волн и т. д. [6–8]. В частности, на вольт-амперных характеристиках (ВАХ) появляются участки отрицательной дифференциальной электропроводности, что представляет существенный научный и практический интерес [9,10].

В работе [9] сообщалось, что нелинейность ВАХ n - HgCr_2Se_4 формировалась за счет изменения электропроводности тонкого приконтактного слоя, и выдвигалось предположение о ганновском механизме отрицательной дифференциальной электропроводности. Результаты ряда новых теоретических и экспериментальных работ по расшивке зонной структуры этого соединения также свидетельствуют в пользу данного предположения [11–14].

Настоящая работа содержит результаты первых исследований эффекта Холла в ферромагнитном полупроводнике n - HgCr_2Se_4 в сильном электрическом поле в области магнитного упорядочения ($T \ll 110$ – 130 К).

Были исследованы ВАХ и эффект Холла монокристаллических образцов HgCr_2Se_4 , которые в парамагнитной области температур обладают дырочным типом электропроводности, а в ферромагнитной — электронным. Образцы пред-



Вольт-амперные характеристики (1, 2) и зависимости концентрации n (3) и подвижности носителей заряда μ (4) от электрического поля при $T=4$ (а) и 40 К (б).

2 — ВАХ в магнитном поле 2 Т.

ставляли собой прямоугольные пластинки размерами $\sim 4 \times 1.5 \times 0.3$ мм. Контакты к образцам изготовлялись путем пайки чистым индием. ВАХ и эффект Холла измерялись обычным четырехконтактным способом с помощью импульсной методики (использовались импульсы длительностью 2—10 мкс, частотой следования до 10 Гц и мощностью до 10 кВт) в магнитных полях до 2.5 Т [9]

В парамагнитной области температурные зависимости удельного электросопротивления исследуемых образцов имели полупроводниковый ход и обладали дырочным типом электропроводности. Ниже точки Кюри электросопротивление резко уменьшалось и происходила смена типа носителей заряда.

ВАХ образцов в парамагнитной области имеют линейный вид. Ниже точки Кюри они становятся нелинейными. При температурах ниже 50 К на ВАХ появляется участок отрицательной дифференциальной электропроводности. На рисунке приведены ВАХ одного из образцов при 4 (а) и 40 К (б). Видно, что с повышением температуры ВАХ спрямляются.

Значения электропроводности σ , коэффициента холла R_H , концентрации n и подвижности μ носителей заряда при некоторых температурах

T, K	$\sigma, (\text{ом} \cdot \text{см})^{-1}$	$n, \text{см}^3$	$\mu, \text{см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$	$R_H, \text{см}^3/\text{Кл}$
4	0.52	$4.7 \cdot 10^{16}$	70	134
9	0.64	$4.6 \cdot 10^{16}$	66	139
15	0.6	$4.4 \cdot 10^{16}$	63	143
20	0.52	$4.2 \cdot 10^{16}$	57	148
30	0.4	$3.9 \cdot 10^{16}$	48	164
40	0.29	$3.6 \cdot 10^{16}$	37	173

Эффект Холла сначала измерялся на постоянном токе стандартным способом. В ферромагнитной области в холловский коэффициент входит небольшой аномальный член (10—20%), которым можно пренебречь при определении концентрации и подвижности носителей заряда [14]. Температурные изменения электросопротивления, подвижности и концентрации носителей заряда приведены в таблице. Из этой таблицы видно, что с повышением температуры подвижность и концентрация носителей заряда уменьшаются. Измерения эффекта Холла в сильных импульсных электрических полях показали, что холловский коэффициент на линейном участке ВАХ совпадает со значением, полученным на постоянном токе. На нелинейном участке ВАХ подвижность и концентрация носителей заряда зависят от величины электрического поля и температуры (рис. 1). При 4 К с увеличением электрического поля концентрация носителей заряда возрастает, а их подвижность уменьшается. При температурах выше 15 К концентрация носителей заряда не зависит от поля и электропроводность уменьшается лишь за счет уменьшения подвижности носителей заряда.

Поскольку с повышением температуры электросопротивление образца увеличивается, то нелинейность ВАХ в больших электрических полях можно было бы объяснить простой причиной — джоулевым нагревом образца. Однако при нагреве рост электросопротивления образца происходит за счет уменьшения подвижности и концентрации носителей заряда. Из эксперимента же следует, что нелинейность ВАХ формируется за счет сильного уменьшения подвижности носителей заряда и, кроме того, ниже 15 К в сильных электрических полях концентрация носителей заряда возрастает. Рост концентрации носителей заряда в электрическом поле можно объяснить эффектом Френкеля-Пула для примесных уровней. Исчезновение этого эффекта при $T > 15 \text{ К}$ объясняется известным «красным сдвигом» дна зоны проводимости [15]. Уменьшение подвижности носителей заряда в сильных электрических полях можно было бы, вероятно, объяснить действием механизма, связанного с разогревом и генерацией магнонов и увеличением рассеяния на них [2]. Однако из анализа известных экспериментальных результатов [12—14] можно прийти к выводу, что в $n\text{-HgCr}_2\text{Se}_4$ вклад магнитного рассеяния в электросопротивление образца пренебрежимо мал по сравнению с другими механизмами рассеяния.

Природа нелинейных ВАХ в $n\text{-HgCr}_2\text{Se}_4$, вероятно, может быть объяснена междолинным перебросом разогретых носителей заряда в зону с меньшей подвижностью (ганновский механизм). Существующие представления о зонной структуре HgCr_2Se_4 не противоречат такому объяснению [13]. Также нельзя исключить возможность существования в магнитных

полупроводниках новых, специфических только для них, механизмов, приводящих к уменьшению подвижности носителей заряда в электрических полях.

Список литературы

- [1] Ахиезер А. И., Барьяхтар В. Г., Пелетминский С. В. Спиновые волны. М.; Л.: Наука, 1972.
- [2] Samokhvalov A. A., Osipov V. V., Solin N. I., Gunichev A. F., Korenblit I. Ja., Galdikas A. P. // JMMM. 1984. V. 46. P. 191—198.
- [3] Korenblit I. Ja., Samokhvalov A. A., Osipov V. V. // Phys. Rev. Sci. 1984. V. 8. P. 449.
- [4] Галдикас А. П., Матуленене И. Б., Самохвалов А. А., Осипов В. В. // ФТТ. 1982. Т. 25. № 6. С. 1645.
- [5] Галдикас А. П., Матуленене И. Б., Самохвалов А. А., Осипов В. В. // ФТТ. 1983. Т. 25. № 6. С. 1990.
- [6] Солин Н. И., Самохвалов А. А., Шумилов И. Ю. // Письма в ЖЭТФ. 1986. Т. 44. № 10. С. 406—409.
- [7] Солин Н. И., Самохвалов А. А., Шумилов И. Ю., Ауслендер М. И. // ЖЭТФ. 1988. Т. 94. № 12. С. 223—233.
- [8] Костылев В. А., Самохвалов А. А., Виглин Н. А., Чеботаев Н. М. // ФТТ. 1991. Т. 33. № 5. С. 1494—1498.
- [9] Осипов В. В., Самохвалов А. А., Костылев В. А. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 9. С. 2809—2811.
- [10] Костылев В. А., Самохвалов А. А. // ФТТ. 1990. Т. 32. № 6. С. 1663.
- [11] Oquchi T., Kambara T., Gondaira K. // Phys. Rev. B. 1981. V. 24. N 6. P. 3441—3444.
- [12] Ауслендер М. И., Бебенин Н. Г. и др. // Препринт. Ин-та физики металлов АН СССР. Свердловск, 1987. № 87/2. 40 с.
- [13] Kostylev V. A., Gizhevskii B. A., et al. // Phys. Stat. Sol. (b). V. 158. P. 307—317.
- [14] Костылев В. А., Гижевский Б. А., Самохвалов А. А., Чеботаев Н. М. // ФТТ. 1990. Т. 32. № 1. С. 38—42.
- [15] Метфессель З., Маттис Д. Магнитные полупроводники. М.: Мир. 1972.

Институт физики металлов УрО РАН
Екатеринбург

Поступило в Редакцию
17 июня 1991 г.
В окончательной редакции
31 октября 1991 г.

УДК 537.611.45

© Физика твердого тела, том 34, № 3, 1992
Solid State Physics, vol 34, N 3, 1992

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯРИТОНА В ГЕОМЕТРИИ ФАРАДЕЯ

О. П. Димитриев, В. З. Лозовский, О. М. Гецко

Магнитный поверхностный поляритон (ПП) подробно изучен теоретически в полубесконечном ферромагнетике [1–4]. Вследствие того что ферромагнитная среда существенно анизотропна (обладает ненулевым вектором намагниченности), характерной особенностью магнитного поляритона является зависимость его свойств от ориентации приложенного магнитного поля относительно поверхности. Большая часть работ (см., например, [1,2,4]) посвящена исследованию этих волн в геометрии Фогта, т. е. когда вектор внешнего магнитного поля \mathbf{H} лежит в плоскости поверхности и перпендикулярен волновому вектору поляритона. Вопрос о существовании магнитных ПП при других конфигурациях магнитного поля является спорным. Так, в [2] указывалось на отсутствие магнитных ПП в геометрии Фарадея (т. е. при ориентации \mathbf{H} параллельно волновому вектору ПП). В то же время в [3] обсуждается возможность возбуждения ПП в этой геометрии и приводится соответствующая дисперсионная зависимость.