

PACS: 62.50.i-p, 72.20.-i

А.Ю. Моллаев¹, И.К. Камилов¹, Р.К. Арсланов¹, У.З. Залибеков¹,
Т.Р. Арсланов¹, В.М. Новоторцев², С.Ф. Маренкин²

ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЕ В p -InAs:Mn И p -CdGeAs₂:Mn, ИНДУЦИРОВАННОЕ ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

¹Учреждение РАН, Институт физики им. Х.И. Амирханова Дагестанского научного центра РАН

ул. Ярагского, 94, г. Махачкала, 367003, Россия

E-mail: a.mollaev@mailru, arslanov@gmail.com

²Учреждение РАН, Институт общей и неорганической химии им. Курнакова

Ленинский пр-т, 31, г. Москва, 119991, Россия

E-mail: vmnov@igic.ras.ru

В p -InAs ($R_H = 22.5 \text{ cm}^3/\text{C}$, $\rho = 0.15 \text{ }\Omega\text{-cm}$) и в новом ферромагнитном материале p -CdGeAs₂ ($R_H = 5 \text{ cm}^3/\text{C}$, $\rho = 0.62 \text{ }\Omega\text{-cm}$), легированном магнитной примесью (Mn), измерены удельное электросопротивление ρ , коэффициент Холла R_H и поперечное магнитосопротивление $\Delta\rho_{xx}/\rho_0$ при высоком гидростатическом давлении до $P \leq 9 \text{ GPa}$ в области комнатных температур. На зависимостях $\Delta\rho_{xx}/\rho_0(P, H)$ в p -InAs:Mn и p -CdGeAs₂:Mn обнаружен магниторезистивный эффект.

Тройные полупроводниковые соединения типа $A^{II}B^{IV}C_2^V$ по своим физико-химическим параметрам являются аналогами широко используемых в науке и технике полупроводниковых соединений $A^{III}B^V$. Недавно были получены новые высокотемпературные ферромагнетики на основе полупроводников группы $A^{II}B^{IV}C_2^V$ с точкой Кюри $T_C = 355 \text{ K}$ для CdGeAs₂ [1] и $T_C = 320 \text{ K}$ для CdGeP₂ [2,3]. Характерными свойствами для этой группы тройных полупроводников являются высокие подвижности носителей заряда, малые эффективные массы электронов и большие величины отношения подвижности электронов к подвижности дырок. Контролируемое введение атомов переходных элементов (Mn, Fe, Cr и др.) в кристаллическую решетку в принципе позволяет обеспечить переход этих полупроводников в ферромагнитное состояние с достаточно высокой точкой Кюри. В настоящей работе представляло интерес изучить влияние Mn на электромагнитные свойства полупроводников группы $A^{II}B^{IV}C_2^V$, в частности p -CdGeAs₂:Mn и его кристаллохимического аналога p -InAs:Mn.

В аппарате высокого давления типа «тороид» измерены барические зависимости удельного электросопротивления ρ , коэффициента Холла R_H и магнитосопротивления $\Delta\rho_{xx}/\rho_0$ в различных магнитных полях (рис. 1, 2). Более подробно методика и техника эксперимента описаны в работах [4,5].

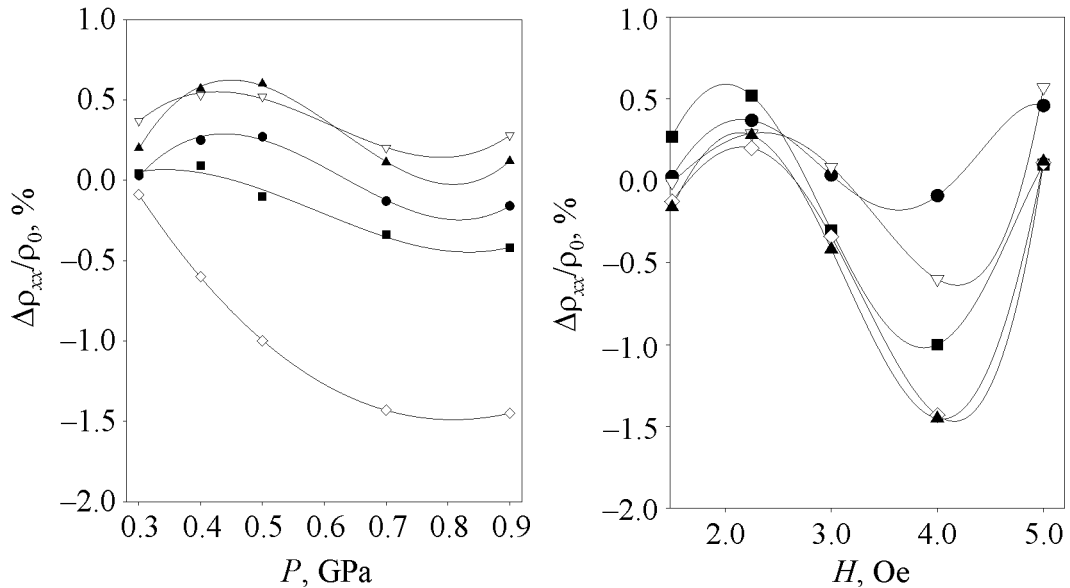


Рис. 1. Барические зависимости магнитосопротивления образцов p -InAs:Mn в различных магнитных полях H , kOe: ● – 1, ▽ – 2, ■ – 3, ◇ – 4, ▲ – 5

Рис. 2. Полевые зависимости магнитосопротивления образцов p -InAs:Mn при различных давлениях P , GPa: ● – 0.3, ▽ – 0.4, ■ – 0.5, ◇ – 0.7, ▲ – 0.9

Поперечное магнитосопротивление в p -InAs:Mn при атмосферном давлении положительно в диапазоне магнитных полей $H \leq 5$ kOe. При давлении $P = 0.4$ GPa величина $\Delta\rho_{xx}/\rho_0$ в магнитных полях $H \leq 1.5$ kOe положительная, в диапазоне $H = 1.5$ –3 kOe отрицательная и при $P > 3$ GPa вновь становится положительной. С ростом давления увеличиваются амплитуда и область отрицательного магнитосопротивления. При давлении $P \approx 0.9$ GPa значение $\Delta\rho_{xx}/\rho_0$ положительно в диапазоне магнитных полей до $H \leq 3$ kOe, амплитуда отрицательного магнитосопротивления максимальная. Дальнейшее повышение давления уменьшает амплитуду и область отрицательного магнитосопротивления.

На кристаллохимическом аналоге полупроводников A^3B^5 CdGeAs₂, легированном Mn (магнитная примесь) также исследовано и обнаружено отрицательное магнитосопротивление. На рис. 3, 4 показано влияние давления и напряженности магнитного поля на поперечное магнитосопротивление в образцах CdGeAs₂:Mn (содержание марганца 30%) при фиксированных значениях напряженности магнитного поля и давления. Из рис. 3 видно, что до давлений $P = 2.7$ GPa магнитосопротивление положительно и достигает максимума при $P = 1.2$ GPa ($H = 5$ kOe). Дальнейшее увеличение давления

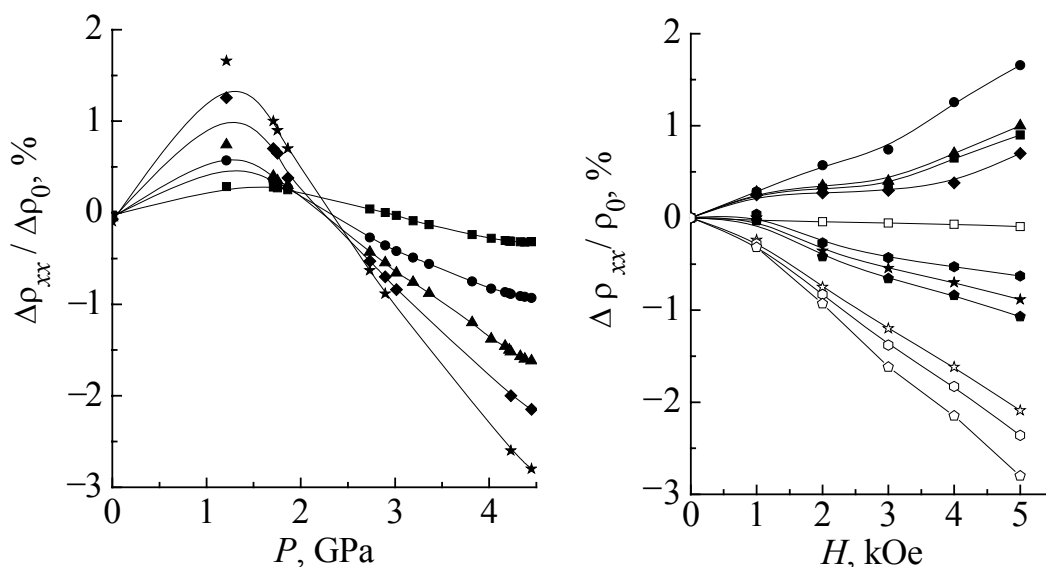


Рис. 3. Барические зависимости магнитосопротивления образцов $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{GeAs}_2$ ($x = 0.30$) в различных магнитных полях H , кОе: ■ – 1.0, ● – 2.0, ▲ – 3.0, ◆ – 4.0, ★ – 5.0

Рис. 4. Полевые зависимости магнитосопротивления образцов $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{GeAs}_2$ ($x = 0.30$) при различных давлениях: P , ГПа: □ – 0, ● – 1.2, ▲ – 1.7, ■ – 1.75, ◆ – 1.8, ● – 2.7, ★ – 2.9, ● – 3.0, ☆ – 3.2, ◻ – 3.4, ◻ – 4.5

приводит к подавлению положительного магнитосопротивления. При $P > 2.7$ ГПа магнитосопротивление становится отрицательным. При давлении $P \approx 4.5$ ГПа и $H = 5$ кОе отрицательное магнитосопротивление составляет $\sim 3\%$. До давления $P < 1$ ГПа существенный вклад в магнитосопротивление может вносить рассеяние носителей тока на флуктуациях намагниченности – магнитосопротивление положительно. С ростом давления и магнитного поля происходит упорядочение спина ионов марганца, что снижает рассеяние и приводит к отрицательному магнитосопротивлению. Это подтверждается наблюдаемым при $P = 1.6$ ГПа магнитным фазовым переходом ферромагнетик–антиферромагнетик [6], который приходится на область перехода магнитосопротивления из положительного значения в отрицательное. При сбросе давления обнаружен гистерезис магнитосопротивления.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы Президиума РАН «Теплофизика и механика экстремальных энергетических воздействий и физика сильно сжатого вещества», секция «Физика сильно сжатого вещества».

1. С.Ф. Маренкин, В.М. Новоторцев, К.К. Палкина и др., Неорган. материалы **40**, 135 (2004).
2. В.М. Новоторцев, В.Т. Калинин, Л.И. Королева, Р.В. Демин, С.Ф. Маренкин, Т.Г. Аминов, Г.Г. Шабунина, С.В. Бойчук, В.А. Иванов, Журн. неорган. химии **50**, 552 (2005).

3. Г.А. Медведкин, Т. Ишибаши, Т. Ниши, К. Сато, ФТП **35**, 305 (2001).
4. L.G. Khvostantsev, L.F. Vereshchagin, A.P. Novikov, High Temp.–High Pressures **9**, 637 (1977).
5. A.Yu. Mollaev, R.K. Arslanov, L.A. Saypulaeva, S.F. Marenkin, Inorganic materials **37**, 405 (2001).
6. А.Ю. Молаев, И.К. Камілов, Р.К. Арсланов, Т.Р. Арсланов, У.З. Залибеков, М.В. Новоторцев, С.Ф. Маренкин, Неорган. материалы (в печати).

А.Ю. Молаев, И.К. Камілов, Р.К. Арсланов, У.З. Залибеков, Т.Р. Арсланов, М.В. Новоторцев, С.Ф. Маренкин

НЕГАТИВНИЙ МАГНІТООПІР В p -InAs:Mn І p -CdGeAs₂:Mn, ІНДУЦІЙОВАНИЙ ВИСОКИМ ТИСКОМ

У p -InAs ($R_H = 22.5 \text{ cm}^3/\text{C}$, $\rho = 0.15 \text{ }\Omega\cdot\text{cm}$) і новому ферромагнітному матеріалі p -CdGeAs₂ ($R_H = 5 \text{ cm}^3/\text{C}$, $\rho = 0.62 \text{ }\Omega\cdot\text{cm}$), легованому магнітною домішкою (Mn), зміряно питомий електроопір ρ , коефіцієнт Хола R_H і поперечний магнітоопір $\Delta\rho_{xx}/\rho_0$ при високому гідростатичному тиску до $P \leq 9 \text{ GPa}$ в області кімнатних температур. На залежностях $\Delta\rho_{xx}/\rho_0(P, H)$ у p -InAs:Mn і p -CdGeAs₂:Mn виявлено магніторезистивний ефект.

A.Yu. Mollaev, I.K. Kamilov, R.K. Arslanov, U.Z. Zalibekov, T.R. Arslanov, V.M. Novotorzev, S.F. Marenkin

NEGATIVE MAGNETORESISTANCE IN p -InAs:Mn AND p -CdGeAs₂:Mn INDUCED BY HIGH PRESSURE

In p -InAs ($R_H = 22.5 \text{ cm}^3/\text{C}$, $\rho = 0.15 \text{ }\Omega\cdot\text{cm}$) and in a new ferromagnetic material p -CdGeAs₂ ($R_H = 5 \text{ cm}^3/\text{C}$, $\rho = 0.62 \text{ }\Omega\cdot\text{cm}$), alloyed with the magnetic impurity (Mn) the specific electroresistance ρ , Hall coefficient R_H and transverse magnetoresistance $\Delta\rho_{xx}/\rho_0$ have been measured at high hydrostatic pressure to $P \leq 9 \text{ GPa}$ in the region of room temperatures. On dependences $\Delta\rho_{xx}/\rho_0(P, H)$ for p -InAs:Mn and p -CdGeAs₂:Mn the magnetoresistance has been detected.

Fig. 1. Baric dependences of magnetoresistance for samples p -InAs:Mn in various magnetic fields H , kOe: ● – 1, ▽ – 2, ■ – 3, ◇ – 4, ▲ – 5

Fig. 2. Field dependences of magnetoresistance for samples p -InAs:Mn at various pressures P , GPa: ● – 0.3, ▽ – 0.4, ■ – 0.5, ◇ – 0.7, ▲ – 0.9

Fig. 3. Baric dependences of magnetoresistance for samples Cd_{1-x}Mn_xGeAs₂ ($x = 0.30$) in various magnetic fields H , kOe: ■ – 1.0, ● – 2.0, ▲ – 3.0, ◆ – 4.0, ★ – 5.0

Fig. 4. Field dependences of magnetoresistance for samples Cd_{1-x}Mn_xGeAs₂ ($x = 0.30$) at various pressures P , GPa: □ – 0, ● – 1.2, ▲ – 1.7, ■ – 1.75, ◆ – 1.8, ● – 2.7, ★ – 2.9, ● – 3.0, ☆ – 3.2, ○ – 3.4, ○ – 4.5