

Тематика исследований

Магнитные и магниторезонансные свойства полупроводников:

- магнитное и зарядовое упорядочения в полупроводниках со смешанной валентностью;
- гетероструктуры для задач спиновой электроники.

Ответственные: Бекиров Б.Э. (н.с.), Иванченко И.В., Попенко Н.А.

Экспериментальное оборудование.

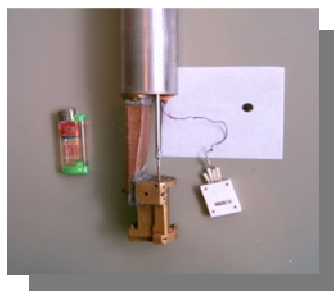
Многофункциональные возможности криомагнитного комплекса ($T=4.2 - 300\text{K}$, магнитные поля $H=0 - 6.5\text{кЭ}$) позволяют проводить исследования полупроводников следующими методами: ЭПР ($f=9\text{-}10\text{ГГц}$), эффекта Холла, измерения вольт-амперных характеристик, НПВО ($125 - 145\text{ГГц}$).



Многофункциональный криомагнитный комплекс

Практическая реализация перечисленных методов исследования обеспечивается посредством использования ряда измерительных модулей для проведения комплексных исследований полупроводников:

- резонансной ячейки 3-х сантиметровой ЭПР спектрометра, представляющей собой одномодовый прямоугольный резонатор. Определены условия повышения чувствительности спектрометра для исследования магниторезонансных свойств веществ с высокой проводимостью в широком интервале температур;
- измерительного модуля для исследований методом Холла, который позволяет устанавливать две кассеты с различными образцами и проводить измерения их гальваномагнитных характеристик;
- электродинамического модуля НПВО, предназначенного для изучения свойств поверхности кристаллов с использованием призматического преобразователя ЭМ волн с гранью полного внутреннего отражения, вблизи которой размещается исследуемый образец.



а



б



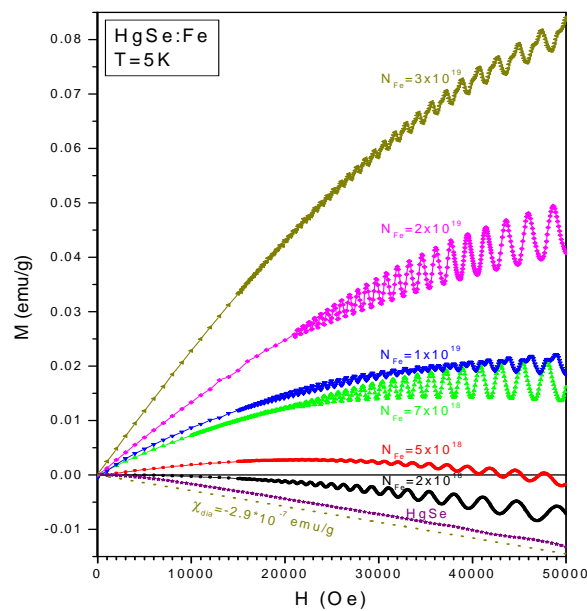
в

Измерительные модули для исследования характеристик полупроводников: ЭПР модуль (а), холловская ячейка (б), модуль НПВО (в).

Результаты исследований:

В результате комплексного исследования многокомпонентных твердых полупроводниковых растворов $Hg_{1-x}X_xSe$ ($X=Co, Gd, Cr, V, Fe$) как перспективных элементов гетероструктур установлены следующие закономерности поведения их температурных и магнитных характеристик:

- в полумагнитных полупроводниках $HgCrSe$ и $CdHgCrSe$ определены механизмы перехода в ферромагнитное упорядочение, а именно: для $HgCrSe$ переход обусловлен образованием кластеров шпинели $HgCr_2Se_4$, а для $CdHgCrSe$ - РККИ взаимодействием;
- в новой контактной паре $HgCdCrSe/HgMnTe$ экспериментально обнаружен нелинейный участок вольт-амперной характеристики, косвенно свидетельствующий о наличии спин-поляризованного тока в данной гетероструктуре;
- впервые зарегистрированы и проанализированы спектры ЭПР бесщелевого полумагнитного полупроводника $HgSe:Fe$ в диапазоне температур $77K < T < 300K$ с концентрацией примесного железа $2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3} - 3 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Установлена немонотонная температурная зависимость ширины линии поглощения и эффективного g – фактора этих кристаллов, что связано с формированием в них упорядоченного состояния заряженных доноров;
- определены: интервал концентраций примесного железа, где наблюдается смена доминирующего вклада в намагниченность кристаллов $HgSe:Fe$ ее диамагнитной и парамагнитной составляющих; критическая концентрация примеси, при которой происходит резкое возрастание температуры Кюри-Вейса, обусловленное спонтанной спиновой поляризацией системы гибридизированных электронных состояний.



Полевые зависимости намагниченности кристаллов $HgSe:Fe$ с различной концентрацией железа и селенида ртути $HgSe$ при температуре $T = 5K$.

Детальное изложение результатов представлено в публикациях:

1. N.N. Beletskii, S.A. Borysenko, I.V. Ivanchenko, N.A. Popenko. Investigation of solid state surfaces by non-linear polaritons. Surface Science, 2000, Vol.454-456, pp.1063-1068.
2. Beletskii N.N., Borysenko S.A., Ivanchenko I.V., Popenko N.A. Nonlinear surface polaritons in semimagnetic semiconductors. Surface Science, 2002, Vol.507-510, pp.512-516.

3. S.E. Ostapov, I.N. Gorbatyuk, S.G. Dremlyuzhenko, V.V. Zhikharevich, I.M. Rarenko, R.A. Zaplitnyy, I.M. Fodchuk, V.G. Deibuk, N.A. Popenko, I.V. Ivanchenko, A.A. Zhigalov, S. Yu.Karelin. HgCdMnZnTe: Growth and physical properties. *Journal of Alloys and Compounds*, 423 (2006), pp.139-143
4. K. Lamonova, I. Ivanchenko, S. Orel, S. Paranchich, V. Tkach, E. Zhitlukhina, N. Popenko, and Yu. Pashkevich. Spectroscopic evidence of spinel phase clustering in solid solutions $\text{Hg}_{1-x}\text{Cr}_x\text{Se}$ ($0.03 \leq x \leq 0.1$). “*Journal of Physics: Condensed Matter*”, vol. 21, no. 4, (045603), Jan. 2009.
5. Бекиров Б. Э., Иванченко И.В, Попенко Н.А., Чернобровкин Р.Е. Резонансная ячейка спектрометра ЭПР для исследований образцов с высокой проводимостью. *Радиофизика и электроника*, № 2, 2012, сс. 87-94.
6. B. Bekirov, I. Ivanchenko, N. Popenko, V. Tkach. HgCrCdSe as the element of new heterostructure HgCrCdSe/HgMnTe. “*Functional Materials*”, Vol. 19, No. 3, 2012, pp.319-324.
7. Б. Бекиров, И. Иванченко, А. Луханин, Н. Попенко. ЭПР спектрометр миллиметрового диапазона для исследования образцов с высокой проводимостью. *Радиофизика и Электроника*, 2013, т. 4(18), № 4, сс. 86-91.
8. B. Bekirov, I. Ivanchenko, N. Popenko, A. Bludov, V. Pashchenko, V. Tkach. Magnetic and magnetoresonance properties of the solid solution $\text{Hg}_{0.5}\text{Cd}_{0.4}\text{Cr}_{0.1}\text{Se}$. “*Applied Magnetic Resonance*”, vol. 45, No 1, 2014, pp. 75-82.
9. Б. Бекиров, И. Иванченко, Н. Попенко, К. Ламонова, Е. Житлухина, В. Бурховецкий, С. Орел, Ю. Пашкевич. Особенности температурного поведения ЭПР спектров селенида ртути, легированного железом, “*ФНТ*”, 2014, т. 40, № 7, с. 842–850.
10. N. Popenko, B. Bekirov, I. Ivanchenko, A. Bludov, and V. Pashchenko. Concentration Anomalies of the Magnetization of HgSe:Fe Crystals. “*JETP Letters*”, 2014, Vol. 100, No. 4, pp. 247–250.