

Эффекты неупорядоченности в разбавленных магнитных полупроводниках

Б. А. Аронзон

Российский научный центр «Курчатовский институт», Москва, Россия

Разбавленные магнитные полупроводники (РМП), прежде всего типа (III,Mn)V, содержащие магнитные примеси в больших концентрациях, являются перспективными материалами для создания устройств спинтроники. Из-за высокой концентрации Mn эти системы представляют собой сильно неупорядоченную среду. На принципиальную роль беспорядка при описании свойств РМП обращено внимание лишь недавно [1].

В однофазных материалах типа GaAs:Mn с относительно «малой» концентрацией Mn (менее 5%) эффекты неупорядоченности связаны с крупномасштабным флуктуационным потенциалом, порожденным свойственной этим материалам высокой степенью компенсации, и дополнительным беспорядком из-за случайного характера распределения магнитных ионов Mn.

Эти эффекты ярко проявляются в квантовых ямах GaAs/InGaAs/GaAs с δ -слоем Mn. В них наблюдается: немонотонная температурная зависимость проводимости вблизи температуры Кюри, обусловленная флуктуациями намагниченности и влиянием перестройки магнитной подсистемы на спин-зависящее рассеяние; необычное поведение магнитных свойств, в частности аномальный эффект Холла (АЭХ), наблюдается лишь в узкой области температур (30–80 K), его исчезновение при низких температурах связано с локализацией носителей заряда; проявление квантовых поправок к проводимости на фоне температурной и магнитополевой зависимостей спин-зависящего рассеяния.

Неоднородное распределение магнитных атомов в РМП ведет к образованию кластеров. В пленках GaMnSb с содержанием Mn ≈ 10 ат.% с понижением температуры сопротивление образцов (R_{xx}) увеличивалось, а затем падало, причем уменьшение R_{xx} достигало 4 раз. Подобное поведение, в рамках кластерной модели, связывается с «мягким» переходом изолятор-металл [2].

При больших концентрациях Mn ($N_{\text{Mn}} \approx 10^{21} \text{ см}^{-3}$) беспорядок связан не только со случайным характером распределения магнитных ионов Mn, но и с возможностью образования ферромагнитных нанокластеров типа MnSb. Наличие барьеров Шоттки на границе кластеров приводит к необычной концентрационной зависимости АЭХ и объясняет интенсивно обсуждаемое различие магнитных характеристик РМП, найденных из магнитных и транспортных измерений.

В $\text{CdGeAs}_2\text{:Mn}$ наличие двух позиций для Mn (Mn_{Ge} и Mn_{Cd}) дало возможность экспериментального подтверждения нового механизма обменного взаимодействия [3], а образование слабовзаимодействующих ферромагнитных кластеров объясняет переход при $T \approx 200$ К от закона Кюри к закону Кюри–Вейса.

Литература

- [1] C. Timm, J. Phys.: Condens. Matter **15**, R1865 (2003).
- [2] G. Alvarez, E. Dagotto, Phys. Rev. B **68**, 045202 (2003).
- [3] P.M. Krstajic, *et al.*, Phys. Rev. B **70**, 195215 (2004).