

Исследование динамики ядерных спинов и ЯМР в AlAs квантовой яме посредством ЭПР

Д.Д. Фролов, А.В. Щепетильников, Ю.А. Нефёдов

Институт физики твёрдого тела РАН

Спиновая динамика ядер в асимметрично легированной 16 нм AlAs квантовой яме, выращенной вдоль направления [001] с низкотемпературной концентрацией $n=1.8 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ [2], была исследована экспериментально по затуханию сдвига Оверхаузера парамагнитного резонанса электронов проводимости с течением времени [1]. Ненулевая спиновая поляризация ядер, обуславливающая начальный наблюдаемый сдвиг Оверхаузера, образовывалась при релаксации неравновесной спиновой поляризации электронов вблизи парамагнитного резонанса в ядерную подсистему за счёт сверхтонкого взаимодействия.

Электронный парамагнитный резонанс детектировался непрямым методом, основанным на чрезвычайно сильной чувствительности продольного магнетосопротивления R_{xx} двумерной электронной системы в режиме квантового эффекта Холла к поглощению микроволнового излучения [16]. Образец облучался электромагнитным излучением миллиметрового диапазона, доставляемым по сверхразмерному волноводу. Источником микроволнового излучения служила лампа обратной волны. При фиксированной частоте излучения в магнитолевой зависимости $R_{xx}(B)$ наблюдался резкий пик, отвечающий ЭПР. Пример пика ЭПР, измеренного на частоте $F = 165 \text{ GHz}$, показан на Рисунке 1, на том же рисунке приведен ход R_{xx} в отсутствие излучения.

Время релаксации ядер вблизи единичного фактора заполнения зависело от фактора заполнения двумерной системы. Времена релаксации более чем на порядок превышают характерные времена релаксации ядер в GaAs/AlGaAs гетероструктурах. Сдвиг Оверхаузера резко уменьшался при подаче радиоизлучения на образец с определёнными частотами. Такое уменьшение сдвига было связано с ЯМР. Чувствительность методики позволила наблюдать квадрупольное расщепление ядер ^{75}As .

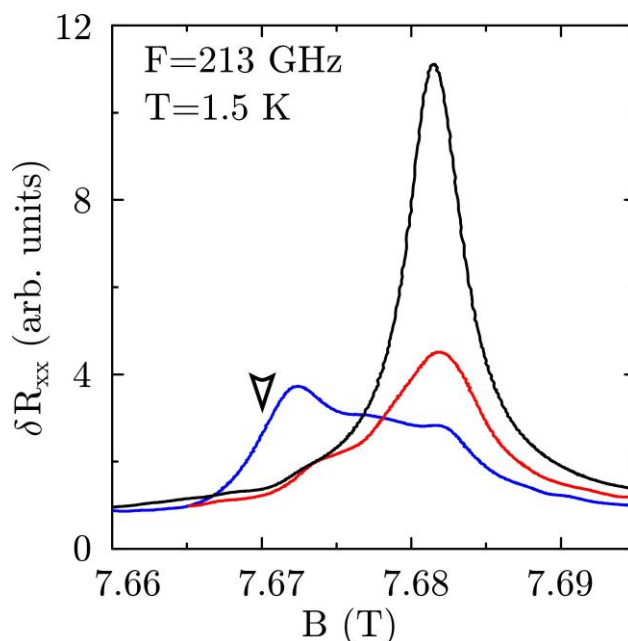


Рис. 1. Зависимость продольного магнитного сопротивления вблизи ЭПР вблизи фактора заполнения 1.04, при частоте 213 ГГц и температуре 1.5 К. Черной линии соответствует исходный вид ЭПР, синей линии ЭПР после динамической поляризации ядер, красной ЭПР после ЯМР.

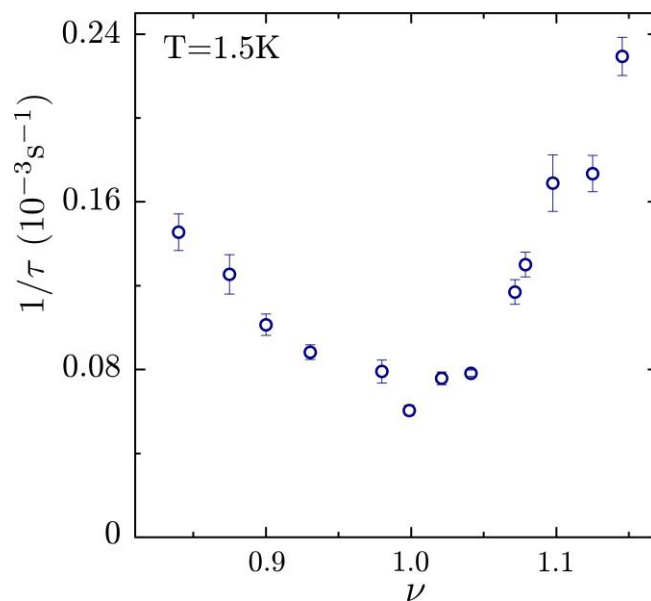


Рис. 2. Времена спиновой релаксации ядер оценённые из сдвига Оверхаузера, измерения проводились при 1.5K.

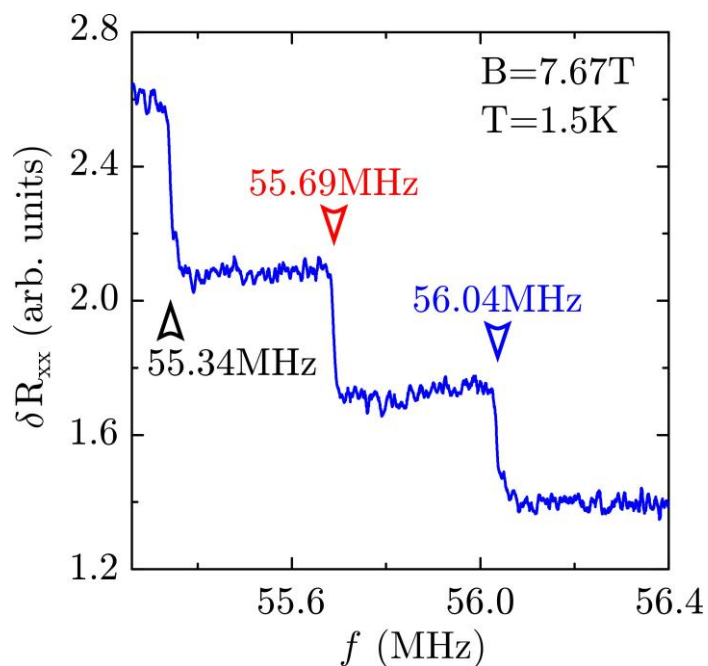


Рис. 3. Типичный вид зависимости магнетосопротивления при ЯМР, видны три частоты соответствующие квадрупольному расщеплению ядра ^{75}As (ядерный спин $I=3/2$).

Литература

1. *Dobers M. et al.* Electrical Detection of Nuclear Magnetic Resonance in GaAs– Al x Ga 1– x As Heterostructures //Physical review letters. – 1988. – Т. 61. – №. 14. – С. 1650.
2. *Shchepetilnikov A. V. et al.* Electron g-factor anisotropy in an AlAs quantum well probed by ESR //Physical Review B. – 2015. – Т. 92. – №. 16. – С. 161301. *B. Julsgaard et al., Appl. Phys. Lett., 98, 093101 (2011).*

