

ДРОБНОЕ КВАНТОВАНИЕ ХОЛЛОВСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В КРЕМНИЕВЫХ СТРУКТУРАХ МДП

В.М.Пудалов, С.Г.Семенчинский

Обнаружены аномалии компонент тензора сопротивления в Si-структурах МДП, соответствующие дробным значениям коэффициента заполнения уровней Ландау $\nu = 4/3$ и $\nu = 2/3$.

Как известно, в двумерных слоях ($2M$) носителей заряда в полупроводниковых гетероструктурах, помещенных в магнитное поле, перпендикулярное $2M$ -слою, наблюдаются аномалии компонент тензора магнитосопротивления ρ_{xx} и ρ_{xy} при нецелых числах заполнения уровней Ландау ν . Этот эффект был открыт и наиболее полно изучен на гетеропереходах $Al_x Ga_{1-x} As - GaAs$ ^{1, 2}, где были обнаружены особенности ρ_{xx} и ρ_{xy} при $\nu = 2/7; 1/3; 2/5; 3/5; 2/3; 4/5; 4/3$ и $5/3$. Природа этого эффекта продолжает оставаться загадочной, несмотря на ряд теоретических попыток его объяснения³⁻⁵.

В данной работе мы сообщаем о наблюдении аномалий компонент ρ_{xx} и ρ_{xy} (при $\nu = 2/3$ и $4/3$) тензора сопротивления $2M$ -слоя носителей в МДП-структурах, на поверхности (100) кремния.

Эксперименты проводились на двух образцах с подвижностью носителей в максимуме $\mu > 4 \cdot 10^4$ см²/В·с (измеренной при $T = 1$ К) в магнитном поле 90 кЭ, при температуре 1 К. Через образец пропускался ток $J_x \simeq 2$ мкА и измерялось напряжение на потенциальных контактах – продольных V_x и холловских V_y – в зависимости от напряжения на затворе структуры V_3 . При $V_3 \lesssim 3$ В из-за неидеальности источника тока и большого сопротивления областей вблизи контактов стока и истока ток через структуру зависел от V_3 . Эта зависимость учтена при нанесении масштаба на оси ординат приведенных ниже графиков, из-за чего этот масштаб оказался непостоянным вдоль оси ординат.

На рис. 1 изображена зависимость холловской компоненты тензора сопротивления $\rho_{xy} = V_y / J_x$ от концентрации носителей n_3 в $2M$ -слое, измеренная для образца А. Концентрация приведена в единицах числа заполнения уровней Ландау $\nu = n_3 / n_H$, где $n_H = He / (ch)$ – концентрация мест на уровне Ландау. Из рисунка видно, что помимо плато вблизи целых $\nu = 1, 2, 3, 4$, соответствующих "нормальному" квантовому эффекту Холла, имеются аномалии ρ_{xy} и при $\nu = 2/3$ и $4/3$. Значения ρ_{xy} в этих аномалиях, близки, соответственно к $h / ((2/3)e^2)$ и $h / ((4/3)e^2)$.

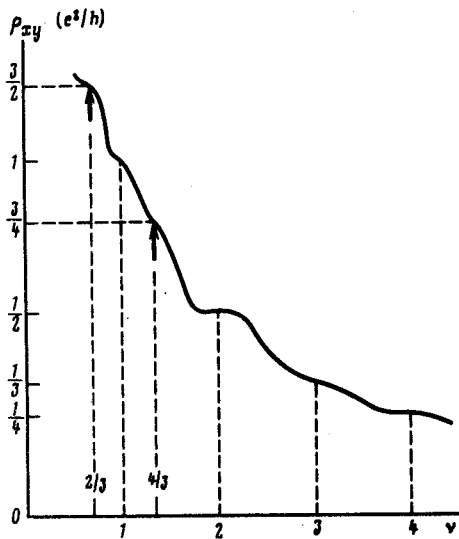


Рис. 1. Зависимость ρ_{xy} от затворного напряжения V_3 (и числа заполнения уровней Ландау ν) для образца А

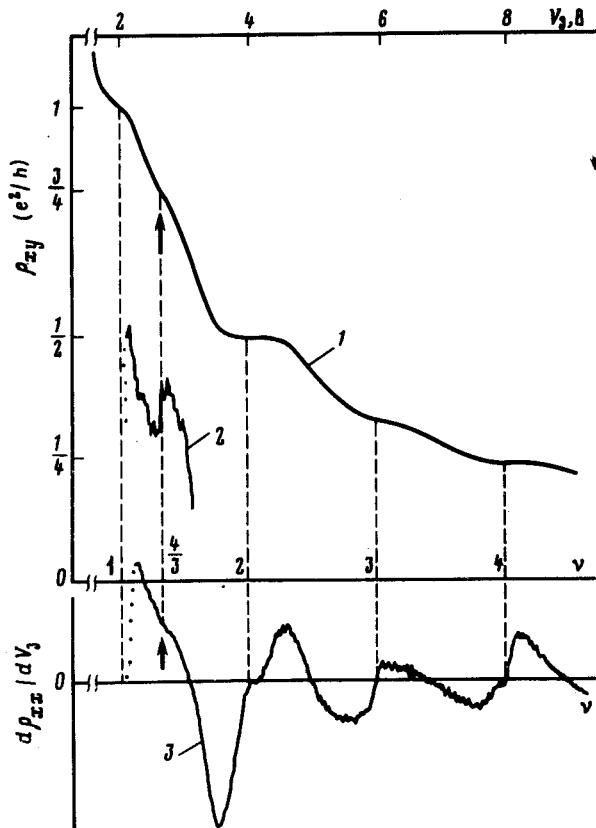


Рис. 2. Образец Б: 1 – зависимость ρ_{xy} от затворного напряжения и концентрации носителей; 2 – увеличенная в 32 раза разность между ρ_{xy} и средней касательной к графику $\rho_{xy}(\nu)$ вблизи $\nu = 4/3$; 3 – график зависимости $d\rho_{xx}/dV_3$ (в относительных единицах) от ν

На рис. 2 изображена аналогичная зависимость для образца Б. Аномалии при $\nu = 2/3$ в данном случае не видно, так как граница металлической проводимости у этого образца лежит вблизи $\nu = 1$. Аномалия при $\nu = 4/3$ хорошо видна на кривой 2, представляющей собой увеличенную в 32 раза разность между функцией $\rho_{xy}(\nu)$ и прямой, близкой к средней касательной к этой функции в точке $\nu = 4/3$, а также на производной $d\rho_{xx}/dV_3$ (кривая 3). Для обоих образцов аномалии пропадают при повышении температуры.

Обнаружение дробного квантования холловского сопротивления ρ_{xy} и соответствующих аномалий ρ_{xx} в кремниевых МДП структурах доказывает, что этот эффект присущ не только полупроводниковым гетероструктурам, но по-видимому, является универсальным свойством двумерных систем носителей заряда. Изучение деталей этого явления на различных объектах, несомненно, окажется полезным для выяснения природы этого явления.

Авторы благодарны М.С.Хайкину, И.Я.Краснополюину за обсуждение результатов, А.Н.Копчикову за содействие в проведении измерений, А.К.Яньшу и Н.С.Иванову за техническую помощь.

Литература

1. Tsui D.C., Störmer H.L., Gossard A.C. Phys. Rev. Lett., 1982, 48, 1559.
2. Störmer H.L., Chang A., Tsui D.C., Hwang J.C.M., Gossard A.C., Wiegman W. Phys. Rev. Lett., 1983, 50, 1953.

3. *Laughlin R.B.* Phys. Rev. Lett., 1983, 50, 1395.
4. *Haldane F. D.M.* Phys. Rev. Lett., 1983, 51, 605.
5. *Tao R., Thouless D.J.* Phys. Rev. B, 1983, 28, 1142.

ВНИИ метрологической службы

Поступила в редакцию
27 декабря 1983 г.
