

Дополнение в конец параграфа 2.2.

Содержит два дополнительных рисунка (поскольку они идут после рис. 2.10 основного текста, то они имеют номера 2.10.1 и 2.10.2) и две дополнительные ссылки — [11a] и [11b].

Цилиндрическая форма пленки выделяет определенную группу диффузионных траекторий и сводит усреднение по всем возможным площадям проекций S к сумме вкладов от траекторий с площадями $S = 0$ и $S = \pi r^2$. Неполноценное усреднение возможно не только за счет особой формы образца; оно может возникнуть также и в образце произвольной формы, но достаточно малого размера $L \lesssim L_\varphi$. При изменении магнитного поля вклад в проводимость от каждой замкнутой диффузионной траектории осциллирует со своим периодом. Количество замкнутых траекторий в малом образце ограничено, поэтому полного усреднения их осциллирующих вкладов с периодами (2.21) не происходит, и при изменении поля возникают так называемые *универсальные флуктуации кондактанса*.

Обычно универсальные флуктуации кондактанса наблюдают при измерениях транспортных свойств тонких проволок, в которых поперечные размеры много меньше диффузионной длины L_φ . На рис.2.10/1 показано расположение нескольких контактов на проволоке из Sb сечением 0.12×0.08 мкм². В принципе, для измерения сопротивления любой из них можно использовать и как токовый и как потенциальный. Обозначение $R_{m,n;j \rightarrow k}$ означает, что измеряется разность потенциалов $V_m - V_n$ между контактами m и n при токе $J_j \rightarrow k$, пропускаемом через контакты j и k , и $R_{m,n;j \rightarrow k} = (V_m - V_n)/J_j \rightarrow k$.

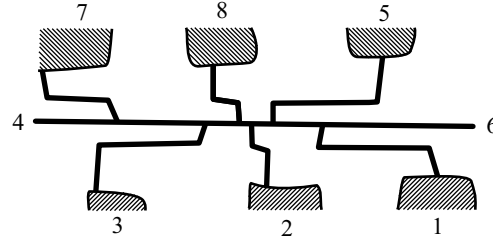


Рис. 2.10/1: Расположение контактов на проволоке Sb сечением 0.12×0.08 мкм², изготовленной для изучения универсальных флуктуаций кондактанса [11a]

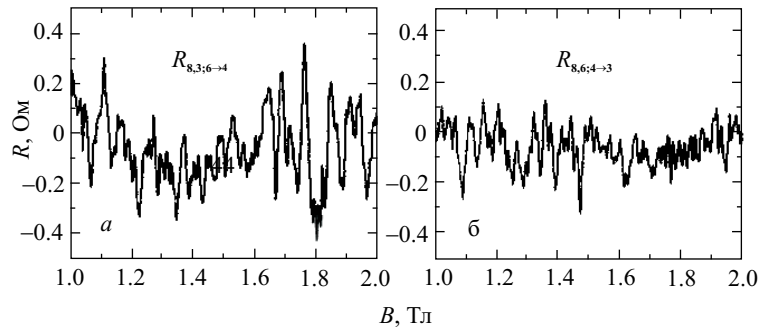


Рис. 2.10/2: (а) Локальные и (б) нелокальные флуктуации сопротивления на проволоке Sb, изображенной на рис. 2.10/1, при изменении магнитного поля. Температура $T = 0.048$ К, ток $J_{j \rightarrow k} = 20$ нА [11a]

На рис. 2.10/2 приведены результаты измерения сопротивления $R_{8,3;6 \rightarrow 4}$ по обычной четырехконтактной схеме на участке цепи длиной 0.66 мкм между контактами 8 и 3 [11a]. Амплитуда осцилляций кондактанса $\Delta\sigma$ должна иметь тот же масштаб e^2/\hbar , что и сам эффект слабой локализации, определяемый уравнениями (2.11). Поэтому естественным масштабом для осцилляций сопротивления является величина

$$\frac{\Delta R_\varphi}{R_\varphi} = R_\varphi \Delta Y_\varphi = \frac{R_\varphi}{\hbar/e^2},$$

где R_φ и Y_φ , соответственно, — сопротивление и кондактанс проволоки длиной L_φ , так что $Y_\varphi = 1/R_\varphi$. В эксперименте на рис. 2.10/2а длина $L_\varphi \approx 1$ мкм, а средняя амплитуда осцилляций $\Delta R/\Delta R_\varphi \approx 0.4 \div 0.5$.

Универсальные флуктуации кондактанса обладают специфическим свойством нелокальности: они приводят к осцилляциям напряжения не только на активном участке цепи, через который идет ток, но и на окрестных пассивных участках цепи, находящихся от активного участка не слишком далеко, на расстояниях $L < L_\varphi$. Это эффектно демонстрирует измерение сопротивления $R_{8,6;4\rightarrow 3}$ (рис. 2.10/2б). С классической точки зрения разность потенциалов на контактах 8 и 6 должна тождественно равняться нулю. Однако, к нулю близко лишь среднее значение напряжения $\overline{V_8(B)} - \overline{V_6(B)}$, а амплитуда флуктуаций того же порядка, что и на рис. 2.10/2а: $\Delta R/\Delta R_\varphi \approx 0.2 \div 0.3$. Нелокальные флуктуации напряжения $V_8 - V_6$ возникают из-за того, что на активном участке проволоки между контактными площадками 4 и 3 имеется неравновесная добавка к функции распределения. Входящие в нее электроны, диффундируя вдоль проволоки, проходят, в частности, замкнутые диффузионные траектории и приобретают в результате слабой локализации добавку к волновой функции. Она имеет характерный размер L_φ , т.е. захватывает также и участок между контактами 8 и 6. Электронная плотность на этом участке отклоняется от равновесной, что вызывает появление электрического поля и разности потенциалов.

К вопросу о терминологии и классификации. Обсуждая универсальные флуктуации кондактанса, мы столкнулись с типичной мезоскопической задачей. Мезоскопика это раздел физики твердого тела, занимающийся системами, в которых числом частиц недостаточно для использованием стандартных методов статистики и флуктуации характеризующих систему величин порядка их средних значений [11b]. В мезоскопике принципиальным является сравнение размера системы L с длиной сбега фазы L_φ : в системах с $L < L_\varphi$ рассмотрение должно быть принципиально квантовомеханическим, так как необходимо учитывать интерференцию электронных волн. Поэтому все аспекты слабой локализации очень важны для мезоскопии. По существу слабая локализация является мостиком между мезоскопией и физикой макросистем.

[11a] H.Naucke, S.Washburn, A.D.Benoit, C.P.Umbach, and R.A.Webb, Phys.Rev. B **41**, 12454 (1990)

[11b] Y.Imry, Introduction to Mesoscopic Physics. Oxford University Press, 1997

[Есть русский перевод: Й.Имри, Введение в мезоскопическую физику, Физматлит, Москва, 2002]