

Лабораторная работа № 5.10.1
Электронный парамагнитный резонанс

Илья Прамский

Октябрь 2024

1 Теоретическая справка

Энергетический уровень электрона в присутствии магнитного поля с индукцией B расщепляется на два подуровня, расстояние между которыми равно

$$\Delta E = E_2 - E_1 = 2\mu B \quad (1)$$

Где μ - абсолютная величина проекции магнитного момента на направление поля.

Резонансное значение частоты (частота электромагнитного поля, необходимая для перехода между уровнями) определяется из формулы

$$\hbar\omega_0 = \Delta E \quad (2)$$

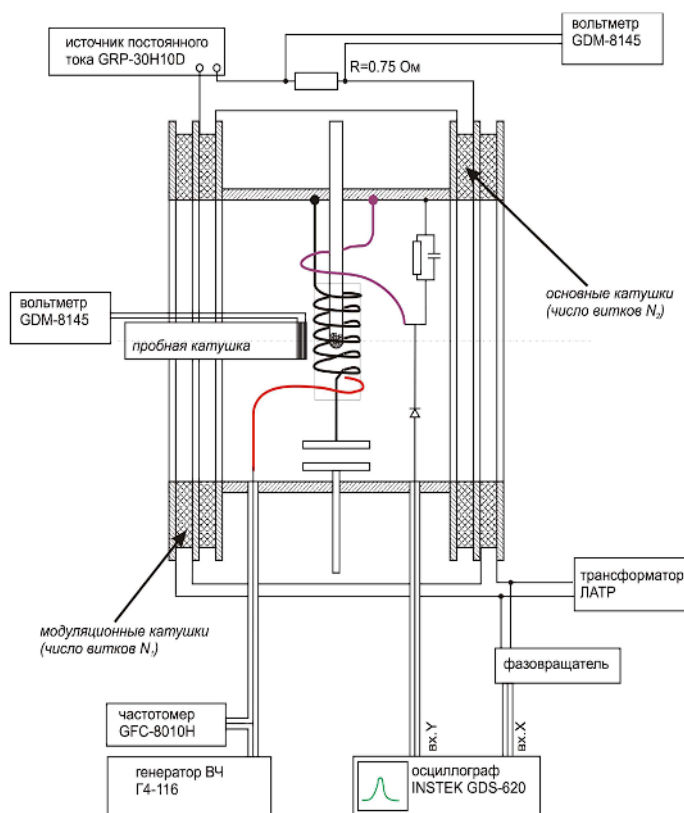
Возбуждение электронных резонансных переходов электромагнитным полем, имеющим частоту, определяемую формулой (2), носит название электронного парамагнитного резонанса (ЭПР).

Связь магнитного момента электрона с его механическим моментом определяется с помощью формулы

$$\mu = \gamma \mathbf{M} \quad (3)$$

Из соотношений выше можно получить выражение для g-фактора

$$g = \frac{\hbar\omega_0}{\mu_B B} \quad (4)$$



Показания лампового милливольтметра и величина магнитного поля связаны через соотношение

$$V = nB_0S\omega_{\simeq} \quad (5)$$

где n - число витков и S - площадь сечения пробной катушки, ω_{\simeq} - угловая частота переменного тока.

2 Ход работы

Получение сигнала ЭПР на свободном радикале ДФПГ и измерение g-фактора электрона

Значение частоты резонанса $f_{\text{рез}} = 163,15 \pm 0,01$ МГц.

$f_{\text{мод}} = 1$ кГц, $m = 20\%$

Значение напряжения в цепи основных катушек при резонансном поглощении $U_0 = 129,8 \pm 0,1$ мВ.

Показания лампового милливольтметра при настройке установки на вычисление магнитного поля по формуле (5):

Спереди $U_1 = 14,5 \pm 0,1$ мВ;

Сзади $U_2 = 14,9 \pm 0,1$ мВ;

Получается $V = 14,7 \pm 0,1$ мВ.

Характеристики пробной катушки: $D = 15,2 \pm 0,1$ мм. $n_0 = 45$. Также $\omega_{\simeq} = 2\pi \cdot 50$

По формуле (5)

$$B_0 = \frac{4V}{n_0\omega_{\simeq}\pi D^2} = 5,73 \pm 0,08 \text{ мТл}$$

Тогда найдём g-фактор, зная $\mu_B = 0,927 \cdot 10^{-23}$ Дж/Тл

$$g = 2,03 \pm 0,03$$

Измерение ширины линии ЭПР

Для начала найдём магнитное поле модуляции при помощи формулы (5), не забыв учесть, что вольтметр в данном случае показывает эффективное значение напряжение, а не максимальное

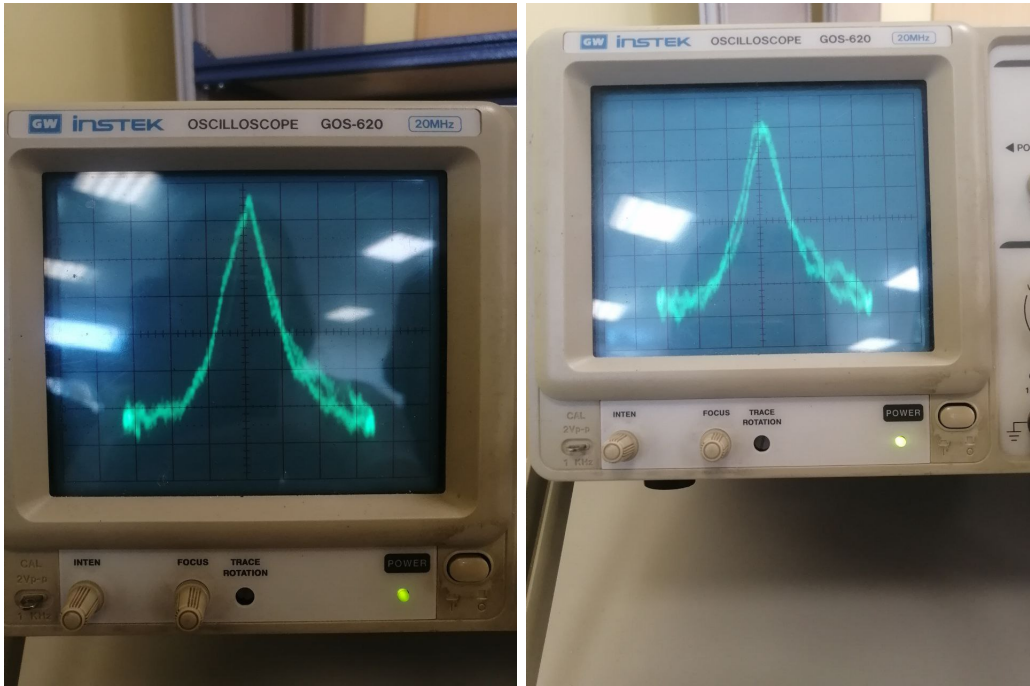
Спереди $U_1 = 1,52 \pm 0,1$ мВ;

Сзади $U_2 = 1,34 \pm 0,1$ мВ;

$V = 1,43 \pm 0,3$ мВ.

$$B_{\text{мод}} = \frac{4 \cdot \sqrt{2}V}{n_0\omega_{\simeq}\pi D^2} = 0,79 \pm 0,17 \text{ мТл}$$

Ширина по X соответствует $2B_{\text{мод}}$.



Из картины на осциллографе видно, что ширина по $X \approx 6$ клетки, значит одна клетка соответствует $\frac{2B_{\text{мод}}}{6}$.

Тогда ширина $\Delta B = 0,9 \cdot \frac{2B_{\text{мод}}}{6} = 0,24 \pm 0,05$ мТл.

3 Вывод

В ходе работы был измерен g-фактор электрона. Получилось $g = 2,03 \pm 0,03$, когда справочное значение $g_{\text{ист}} = 2$. Также было получено значение ширины линии ЭПР $\Delta B = 0,24 \pm 0,05$ мТл.