

Работа 10.1 Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР)

Задание

I. Получение сигнала ЭПР на свободном радикале ДФПГ

и измерение g-фактора электрона

1. Включите питание генератора, осциллографа, частотомера и вольтметров. Подключите кабель, передающий сигнал ЭПР от спектроскопа к вертикальному усилителю осциллографа (канал II). Переведите осциллограф в режим временной развертки (ручка (29) – «TIME/DIV» не находится в положении «X-Y»). Утопите клавишу «ГВЧ» (генератор высокой частоты).
2. Настройте генератор на резонансную частоту контура. Для этого следует промодулировать высокочастотное колебание генератора низкой частотой и подключить генератор к контуру. Утопите клавишу «АМ» (амплитудная модуляция). Частота внутренней модуляции равна 400 Гц. Установите ручку глубины модуляции порядка 20%. Подберите удобную для наблюдения сигнала величину вертикального усиления осциллографа. Плавно меняя частоту генератора, наблюдайте за величиной огибающей модулированных колебаний генератора. При точной настройке генератора на частоту контура спектроскопа, амплитуда колебаний на экране осциллографа оказывается наибольшей. Выключите модуляцию, переведя ручку глубины модуляции на нулевую отметку и отжав клавишу «АМ».
3. Для питания основных катушек спектроскопа (ближних к контуру) постоянным током используется источник напряжения GPR-30H10D. Перед его включением токовые регулировочные ручки «CURRENT COARSE», «CURRENT FINE» переведите в крайнее правое положение, а ручки регулировки напряжения «VOLTAGE» – в крайнее левое положение. Подключите основные катушки к источнику GPR-30H10D, а модуляционные катушки – к ЛАТРу. Для этого переключатель на лабораторной установке переведите в положение «1» (основные катушки соединены с источником GPR-30H10D, модуляционные катушки соединены с ЛАТРОм). Выведя ручку напряжения ЛАТРа на минимум (до упора против часовой стрелки), подключите питание ЛАТРа к сети 220 В. Установите на модулирующих катушках напряжение не более 50 В. Включите источник напряжения GPR-30H10D, нажав кнопку «POWER». Напряжение на основных катушках устанавливается с помощью ручек «VOLTAGE COARSE» (грубая настройка) и «VOLTAGE FINE» (точная настройка).

4. Увеличьте чувствительность вертикального отклонения сигнала осциллографа до 1 мВ/дел, а ручку плавной регулировки чувствительности переведите в крайнее правое положение.
5. Плавно меняя напряжение на основных катушках, найдите сигнал ЭПР. Добейтесь того, чтобы расстояние между резонансными пиками на экране осциллографа было одинаковым (см. рис. 5 к работе 10.1).
6. Измерьте g -фактор электрона, для чего найдите резонансные значения частоты ω_0 и индукции B_0 . Частота генератора определяется по частотомеру. Полезно сравнить это значение со значением, определенным по лимбу генератора.

Индукцию постоянного магнитного поля, создаваемого основными катушками, найдите двумя способами – расчетным и экспериментальным. Расчетную величину следует вычислить по размеру катушек, числу витков провода на них и силе тока, измеряемой прибором. Данные катушек указаны на их торцах. Измерение индукции поля производится при помощи пробной катушки и вольтметра. Измерять постоянное поле с помощью пробной катушки неудобно. Значительно проще измерить переменное поле. Поэтому сначала следует заметить показание падения напряжения на омическом сопротивлении, включенном последовательно с основными катушками (переключатель на вольтметре в положении «DC», т.е. вторая слева кнопка отжата). Затем надо переключить катушки на переменный ток. Для этого переключатель на лабораторной установке переведите в положение «2» (основные катушки соединены с ЛАТРом). Подберите положение ручки напряжения ЛАТРа такое, чтобы показание вольтметра (переключатель на вольтметре в положении «АС», т.е. вторая слева кнопка утоплена) было равно замеченному ранее значению. Эффективное значение переменного тока при этом будет равно силе постоянного тока. Величина переменного магнитного поля измеряется следующим образом. Осторожно введите пробную катушку внутрь основных катушек до касания с контуром спектроскопа; измерьте показание V второго вольтметра, с которым соединена измерительная катушка. Зная число витков n и площадь сечения S пробной катушки (эти величины указаны на ней), определите величину магнитного поля B_0 из соотношения:

$$V = n B_0 S \omega_~$$

где $\omega_~$ – угловая частота сети переменного тока.

Вычислите g -фактор для электрона с помощью формулы (8).

Оцените достоверность полученного результата.

II. Определение ширины линии ЭПР

Ширина линии поглощения измеряется в единицах B или в герцах. Измерение ширины в единицах B производится по экрану осциллографа.

1. Получив сигнал ЭПР на ДФПГ, как было рекомендовано в предыдущем пункте, переключите осциллограф с временной развертки на развертку от модуляционных катушек. Для этого ручку (29) – «TIME/DIV» переведите в положение «X-Y» на лицевой стороне осциллографа. На экране осциллографа могут оказаться два несовмещенных сигнала ЭПР; их можно совместить с помощью фазовращателя, ручка которого расположена сбоку установки. Длина развертки соответствует удвоенной амплитуде модулирующего поля. Амплитуду этого поля определите при помощи вольтметра и соединенной с ним пробной катушки, как это было описано в задании I. Обратите внимание, что вторым вольтметром измерялось эффективное значение напряжения на пробной катушке, тогда как размер изображения по горизонтальной оси осциллографа пропорционален удвоенной амплитуде напряжения на модулирующих катушках.

2. Ширина линии ΔB в Гц может быть получена из соотношения:

$$\Delta B / (2 B_{\text{мод}}) = \Delta l / (2L),$$

где Δl – ширина линии поглощения на полувысоте кривой поглощения,

а $2L$ – полный размах по горизонтали луча осциллографа

(см. рис. 6 к работе 10.1).

Ширину линии в герцах можно получить, воспользовавшись формулой (2).

3. Оцените достоверность полученных результатов в определении g -фактора электрона и ширины линии ЭПР в кристаллическом ДФПГ.