

Ферромагнитный резонанс в тонких магнитных пленках

Салтыкова Дарья, 604-104

11 декабря 2024 г.

Цель работы

Изучить основы теории ферромагнитного резонанса, методы регистрации ФМР, а также конструктивные особенности измерительных установок при использовании микрополосковых линий для передачи СВЧ-мощности. Измерить поглощение СВЧ-мощности и оценить ширину линии резонанса для исследуемого образца.

Экспериментальная установка

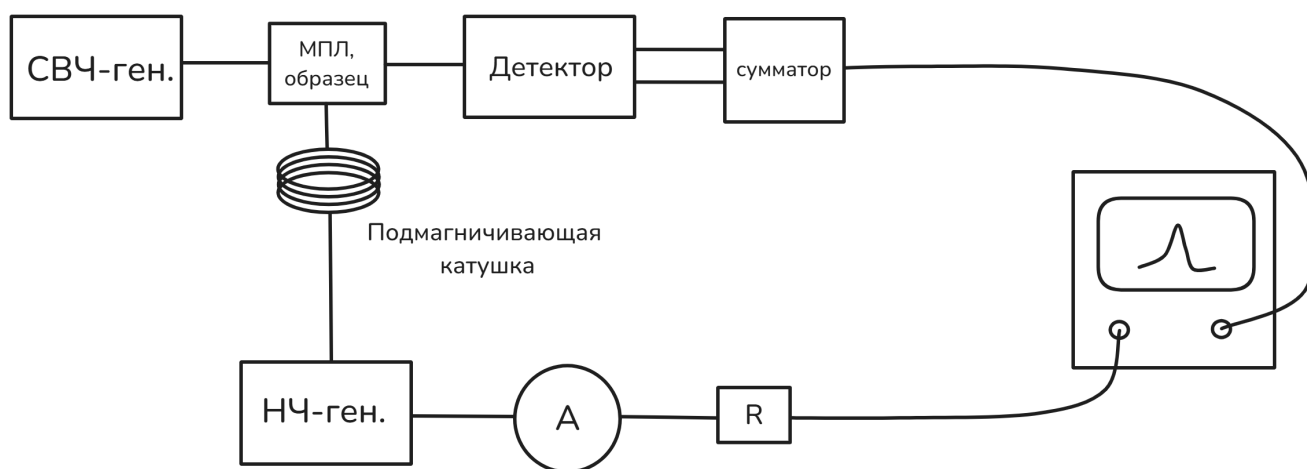


Рис. 1: Принципиальная схема экспериментальной установки

В состав установки входят: генератор СВЧ, микрополосковая линия, образец, СВЧ-детектор, сумматор напряжений, милливольтметр, графопостроитель, соленоид (внутри соленоида находится постоянный магнит и дополнительная катушка для создания прецизионного магнитного поля), управляемый источник тока.

Работа установки заключается в следующем: СВЧ-мощность от генератора проходит через МПЛ и попадает на СВЧ-детектор, где происходит преобразование СВЧ-сигнала в постоянное напряжение, квадрат амплитуды которого пропорционален мощности СВЧ. В области ФМР образец поглощает часть СВЧ-мощности, в результате напряжение на выходе детектора уменьшается. Далее, поскольку изменение напряжения может составлять всего доли процентов от суммарного, то прямое точное измерение изменения напряжения при ФМР весьма

затруднительно и может привести к существенным ошибкам при измерении ширины линии поглощения. Поэтому здесь применена следующая схема измерения: напряжение с выхода детектора поступает на сумматор, на второй вход которого поступает эталонное напряжение от источника так, чтобы при отсутствии поглощения в образце напряжение на выходе сумматора было равно нулю. Таким образом, при наступлении ФМР на входе сумматора появляется постоянное напряжение порядка нескольких милливольт, измерение которого не представляет сложности.

Для оперативной оценки волновых возбуждений в образце целесообразнее использовать переменный режим. Для этого в установке соленоид подключается к источнику постоянного тока, а в качестве источника питания подмагничивающей катушки применяется НЧ-генератор переменного тока.

Ход работы

Переменный режим

В первой части работы в качестве графопостроителя использовался осциллограф. В ручном режиме, меняя величину поля смещения соленоида добьемся резонанса на осциллографе. Из показаний амперметра (среднеквадратичное значение, т.к. ток переменный) с учетом коэффициента перевода ампер в эрстеды получаем, что размах на осциллографе (10 клеток) примерно равен 10 Э. Ширина линии ФМР составляет 1,5 клетки, т.е. 1,5 Э.

Квазистационарный режим

Далее будем использовать в качестве графопостроителя самописец. Подмагничивающую катушку подключим к управляемому источнику напряжения, настроенному на линейное по времени изменение напряжения. Сигнал с нее будем записывать по горизонтальной оси. По вертикальной – сигнал с сумматора. Получив график, оценим ширину ФМР. По показаниям на источнике напряжения видим, что размах между крайними положениями самописца по горизонтали составляет 1,2 А. Это соответствует ширине рабочей области 30 см, отсюда получаем для ширины линии ФМР (3,5 см): $\frac{1,2 \text{ А}}{30 \text{ см}} \cdot 3,5 \text{ см} \cdot 10 \text{ Э/А} = 1,4 \text{ Э}$.

Вывод

В ходе работы было изучено явление ферромагнитного резонанса в тонких магнитных пленках, а также способы его регистрации. В переменном и квазистационарном режимах получено приближенное значение ширины линии ФМР для исследуемого образца: 1,5 Э.