

ГЕНЕРАТОР ОПОРНЫХ ЧАСТОТ СПЕКТРОМЕТРА ЭПР

($\lambda = 2,1 \div 2,4$ см)

Сиразиева Г.В.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

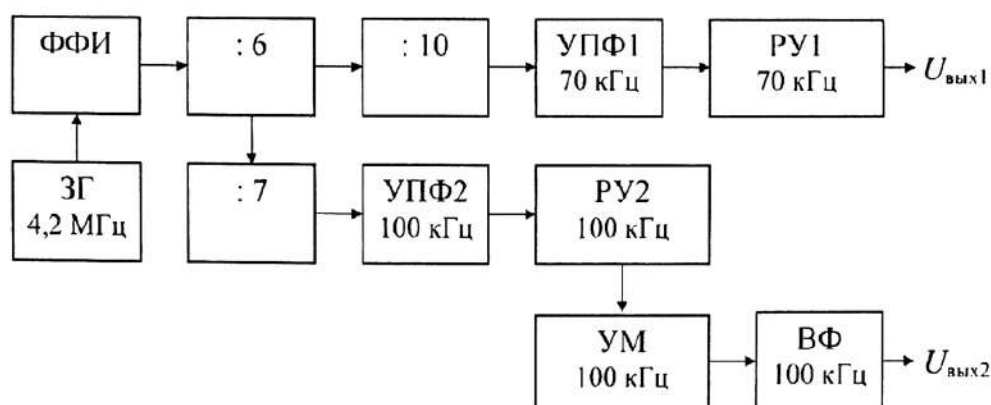
Науч. рук. проф. Уланов В.А.

Метод электронного парамагнитного резонанса является одним из самых мощных и самых информативных методов контроля параметров материалов электроники и нанoeлектроники. В основу метода положен эффект резонансного поглощения мощности электромагнитной волны в результате переходов между квантовыми уровнями энергии парамагнитных центров, находящихся под воздействием постоянного внешнего магнитного поля и содержащихся в большинстве кристаллических материалов электроники и нанoeлектроники [1, 2]. Оригинальный спектрометр ЭПР, работающий в промежуточном диапазоне электромагнитных волн ($\lambda = 2,1 \div 2,4$ см) и требующий модернизации блока АПЧ клистрона и блока модуляции внешнего магнитного поля, был создан Сафаровым И.М. на кафедре ПЭС КГЭУ в качестве прибора для выполнения лабораторных работ по предмету «Методы и средства контроля параметров материалов электроники и нанoeлектроники». Однако к настоящему времени некоторые из блоков данного прибора перестали удовлетворять требованиям высокой чувствительности и стабильности работы.

Целью данной работы являлось создание стабильного генератора опорных частот со строго гармонической формой генерируемых напряжений с частотами 100 кГц и 70 кГц. Первое из этих напряжений (с частотой 100 кГц) предназначено для модуляции внешнего магнитного поля, действующего на исследуемый образец, а второе (с частотой 70 кГц) – для модуляции напряжения, подаваемого на отражатель сверхвысокочастотного клистрона. При работе спектрометра очень важным является стабильность не только частот генерируемых опорных напряжений, но и высокая стабильность отношения этих частот ($f_1/f_2 = \text{const}$).

В разработанном генераторе стабильность генерируемых частот и стабильность отношения f_1/f_2 обеспечивается тем, что в нем используется один и тот же задающий генератор (ЗГ), частота которого (4,2 МГц) стабилизирована применением в его схеме кварцевого резонатора (см. рисунок ниже). Чтобы получить импульсы со стабильными частотами 100 кГц и 70 кГц, в разработанной схеме использованы делители частоты напряжения ЗГ («:6», «:7» и «:10»). Однако изучение формы фронтов импульсов ЗГ показало, что они имеют недостаточную крутизну, чтобы обеспечить безошибочную работу делителей частоты. Поэтому между задающим генератором и делителем

частоты «:6» был включен формирователь фронтов импульсов (ФФИ), представляющий собой цепочку из четырех логических элементов «И-НЕ». В результате деления частоты импульсов 3Г на 60 получаются импульсы с частотой 70 кГц, а деление импульсов 3Г на 42 дает импульсы с частотой 100 кГц.



Структурная схема разработанного генератора опорных частот

Далее оба вида импульсов (70 кГц и 100 кГц) подаются на отдельные узкополосные фильтры (УПФ1 и УПФ2), которые предназначены для фильтрации всех гармоник входных сигналов, кроме первой гармоники. Кроме того, оба УПФ не пропускают на свой выход и постоянную составляющую импульсов. В результате на выходе обоих УПФ присутствуют гармонические колебания соответствующих частот. Чтобы согласовать выходы УПФ с нагрузкой, в схеме предусмотрены резонансные усилители РУ1 и РУ2, снабженные автоматическими регуляторами усиления. Следует отметить, что нагрузкой первого выхода является высокорезистивная цепь питания отражателя клистрона, поэтому здесь не требуется дополнительного усилителя мощности. Однако нагрузкой второго выхода является модуляционная катушка с малым сопротивлением на частоте 100 кГц. Поэтому между РУ2 и модуляционной катушкой включен усилитель мощности (УМ), на выходе которого ставится выходной узкополосный фильтр (УФ), настраиваемый на частоту 100 кГц при включенной модуляционной катушке.

Источники

1. Абрагам А. Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов / Абрагам А., Блини Б. – М.: Изд. Мир. 1972. – Т.1. – 672 с.
2. Weil J.A. Eltentron paramagnetic resonance: Theory and practical applications / Weil J.A., Bolton J.R. – John Wiley & Sons, – New Jersey, Canada, 2012. – 664 p.

