

ИМПУЛЬСНЫЙ СПЕКТРОМЕТР-РЕЛАКСОМЕТР ЯМР

Известные импульсные ЯМР спектрометры-релаксометры [1—3] обладают высокой степенью автоматизации за счет применения встроенных микропроцессоров и математических методов обработки спектров, но сложны конструктивно и дороги. В данной работе описывается недорогой спектрометр, созданный на основе стандартной аппаратуры, элементов и материалов, позволяющий наблюдать протонный ЯМР при импульсном возбуждении — сигнал спада свободной индукции (ССИ) и спиновое эхо, измерять время спин-решеточной и спин-спиновой релаксации различными импульсными методами. Точность измерения времени релаксации без стабилизации постоянного магнитного поля и температуры датчика и образца $\pm 5\%$.

В спектрометре (рис. 1) применяются следующие приборы: электромагнит (магнитный зазор 30 мм, диаметр полюсных наконечников 100 мм, сопротивление катушек при последовательном включении 5 Ом), источник питания магнита ТЭС-18, осциллограф С1-76, приемно-передающее устройство (ППУ) с датчиком, цифровой программатор (ЦП). Для создания контролируемого градиента поля служат катушки, которые крепятся на полюсных наконечниках.

Основные технические данные цифрового программатора

T — задержка между сериями импульсов	10 мс — 9 с
τ_1 — задержка между первым и вторым импульсами в последовательности	1 мс — 0,9 с
τ_2 — задержка между вторым и третьим импульсами в последовательности	1 мс — 0,9 с
Длительность первого импульса	60 — 200 мкс
Длительность второго импульса	40 — 225 мкс

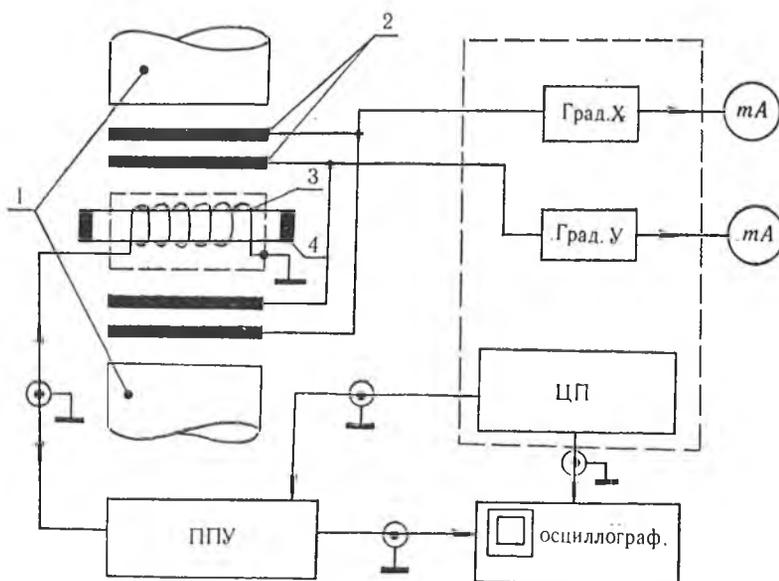


Рис. 1. Блок-схема спектрометра:

1 — полюсные наконечники электромагнита; 2 — градиентные катушки; 3 — катушка датчика; 4 — ампула с исследуемой жидкостью

Цифровой программатор вырабатывает периодические последовательности управляющих импульсов. В каждой из них может быть установлено 1, 2, 3, 4, 7, 19 или 67 импульсов. Имеется возможность регулировки длительности отдельных импульсов, задержки между ними и частоты повторения серии. ЦП позволяет реализовать различные импульсные методы, в том числе Хана, Карра-Парселла, прогрессивного насыщения, инверсии-восстановления (рис. 2).

Приемно-передающее устройство включает два функциональных блока: передатчик и приемник. Передатчик состоит из работающего в непрерывном режиме задающего кварцевого генератора на 12,9 МГц, выполненного на элементах $D1.1 - D1.2$ микросхемы К531ЛА4П (рис. 3). Сигнал с генератора подается на вход цифрового ключа $D1.3$. На второй его вход поступает сигнал управления от цифрового программатора. Таким образом, на выходе ключа формируются пакеты высокочастотных колебаний, которые через последовательный контур $L2, C19, C20, C21$ подаются на усилитель мощности, собранный на транзисторах $VT3, VT4$, и на последовательный контур $L3, C24, C25, C26$. Последний, в свою очередь, нагружен на параллельный колебательный контур $L4, C9, C10$, в катушку индуктивности которого помещается ампула с исследуемой жидкостью. При правильном согласовании всех резонансных контуров напряжение на катушке датчика составляет около 30 В.

Сигнал ЯМР, индуцированный в катушке датчика, подается на резонансный предусилитель с полосой пропускания 1 МГц и коэффициентом усиления 20 дБ, выполненный на полевом транзисторе $VT1$ [4]. При поступлении мощного высокочастотного импульса коэффициент усиления предусилителя минимален, так как встречно-параллельные диоды $VD1$ и $VD2$ шунтируют его вход, а диоды $VD3$ и $VD4$ — резонансный контур $L1, C2, C3$, включенный в цепь стока полевого транзистора $VT1$. В отсутствие импульса диоды закрыты и коэффициент усиления первого каскада максимален. После истокового повторителя происходит амплитудное детектирование и усиление сигналов ССИ и спинного эха.

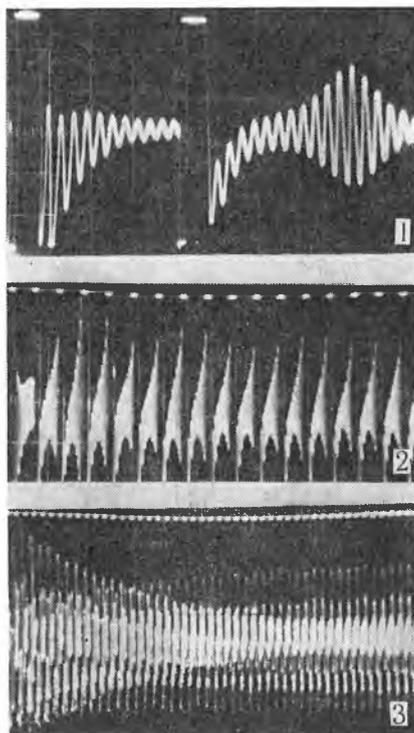


Рис. 2. Основные импульсные методы, реализуемые спектрометром.

Сверху вниз: двухимпульсный метод спинного эха Хана (образец — глицерин, длительность первого импульса 60 мкс, второго — 120 мкс, задержка между импульсами 4 мс, амплитуда сигнала спинного эха 15 В); метод прогрессивного насыщения (задержка между импульсами 3 мс); многоимпульсная последовательность Карра-Парселла (раствор $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ в воде; $\tau_1 = 2$ мс; $\tau_2 = 4$ мс; $m = 67$ импульсов)

Основные технические данные спектрометра

Диапазон измеряемых времен релаксации	20 мс — 2 с
Рабочая частота	12,9 МГц
Амплитуда высокочастотных импульсов	30 В
Длительность высокочастотных импульсов	40—225 мкс
Напряжение питания	+5 В; ± 15 В

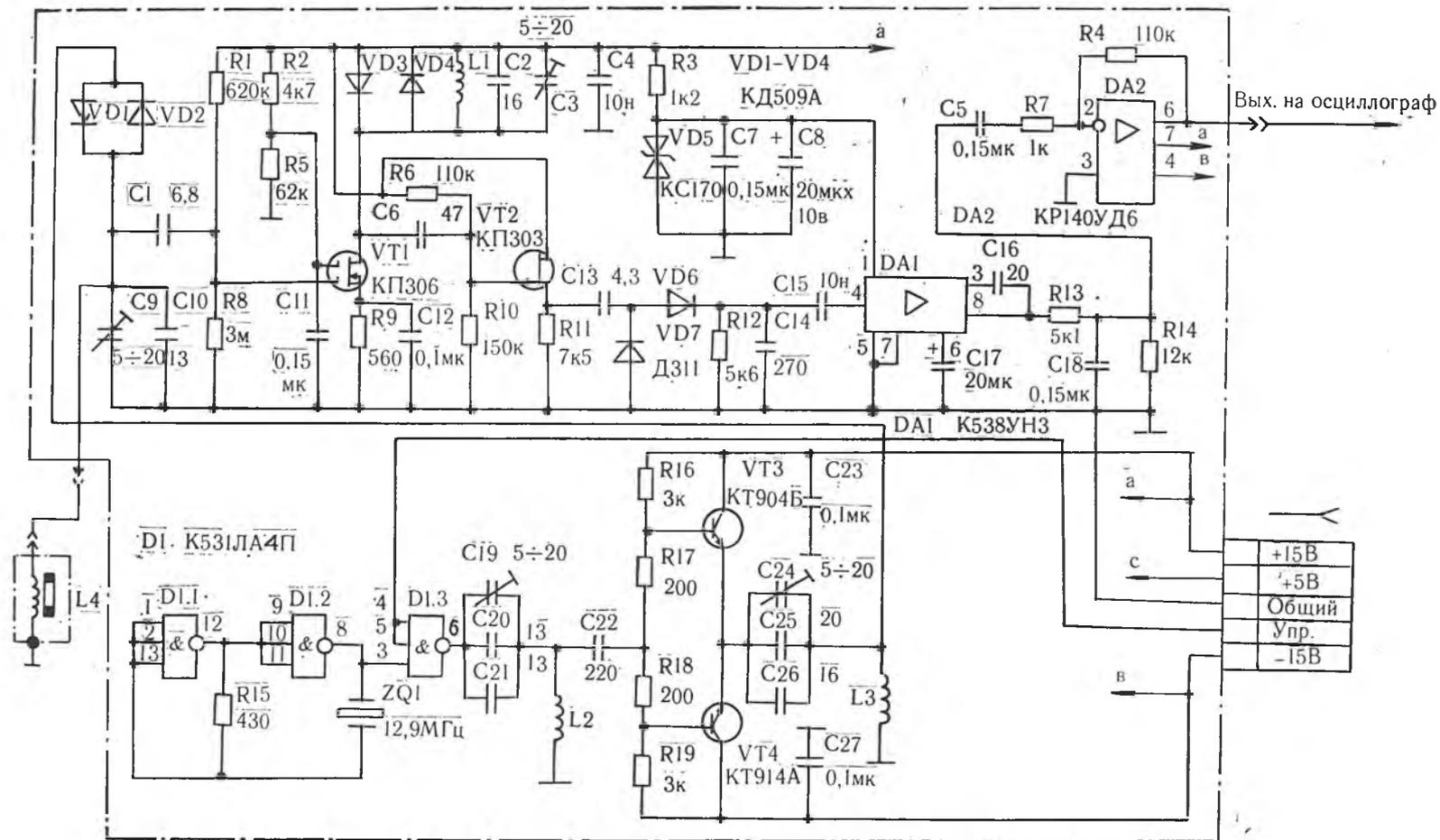


Рис. 3. Схема приемно-передающего устройства

Индукция постоянного магнитного поля порядка . . .	0,35 Тл
Диаметр ампулы	8 мм
Время восстановления приемника от перегрузки после действия высокочастотного импульса (мертвое время)	2 мс

Список литературы

1. Сороко Л. М. Интроскопия на основе ядерного магнитного резонанса. М., 1986.
2. Вашман А. А., Пронин И. С. Ядерная магнитная релаксационная спектроскопия. М., 1986. С. 31.
3. Лундин А. Г., Федин Э. И. ЯМР-спектроскопия. М., 1986. С. 53.
4. Muller V. H., Noble J. D., Burnett L. J., Harmon J. F., Mckay D. R. // Amer. Journ. Phys. 1974. V. 48. P. 58.

Поступила в редакцию 15.02.90.

УДК 517.535.3+517.55

С. В. РОГОЗИН, ЛЕ МАЮ ХАЙ (СРВ)

ПРОДОЛЖЕНИЕ МЕРОМОРФНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ СО ЗНАЧЕНИЯМИ В КОМПАКТНОМ КЭЛЕРОВОМ МНОГООБРАЗИИ

Задача продолжения голоморфных и мероморфных отображений в Римановы области над многообразием Штейна на ее оболочку голоморфности в случае, когда областью значений отображений являются различные комплексные многообразия, рассмотрена многими авторами [1—7].

В данной статье исследуется задача продолжения мероморфных отображений, когда областью значений отображений является компактное кэлерово многообразие. Подобная задача изучалась в [5 и 6], однако настоящая работа придает их результатам более совершенный вид.

Определение 1 [5]. Пусть N и M — комплексные многообразия; M — компактно.

Отображение $f: N \rightarrow M$ называется мероморфным, если существует собственное аналитическое множество $P(f) \subset N$ такое, что $f|_{N \setminus P(f)}$ является голоморфным отображением и $\Gamma(f)$ (замыкание графика голоморфного отображения $f|_{N \setminus P(f)}$) — аналитическим множеством в $N \times M$. Множество $P(f)$ называется множеством особенностей мероморфного отображения f . Если $\sigma: N \times M \rightarrow N$ — каноническая проекция на первую компоненту, то $\sigma: \Gamma(f) \setminus \sigma^{-1}(P(f)) \rightarrow N \setminus P(f)$ является биголоморфным.

В работе [6] дано определение мероморфных отображений в смысле Реммерта для аналитических пространств. Определение 1 есть определение в смысле Реммерта, применимое в случае, когда N и M — комплексные многообразия, M — компактно.

В случае, когда $N = D \subset C^n$ и $M = CP^1$, определение 1 есть классическое определение мероморфных функций [3. С. 281].

При получении основного результата будем использовать следующее дополнительное ограничение на многообразии M , называемое условием дисков.

Определение 2 [3]. Пусть $\bar{U} = \{\xi: |\xi| \leq 1\}$ — замкнутый круг и $A_r = \{r \leq |z| \leq 1\}$ — кольцо в нем. Рассмотрим произвольную последовательность $\{f^v\}$ голоморфных отображений \bar{U} в комплексное многообразие M и через $f^v|_{A_r}$ обозначим сужение f^v на кольцо A_r для некоторого $r < 1$. Будем говорить, что M удовлетворяет условию дисков, если из равномерной сходимости $f^v|_{A_r}$ в A_r к отображению $f \in O(A_r, M)$ следует, что f^v равномерно сходится в \bar{U} к некоторому отображению $\bar{f} \in O(\bar{U}, M)$.

В [7] доказано, что если многообразие M удовлетворяет условию дис-