

# Краткие сообщения

УДК 621.374.32 : 621.317.421

А. Е. ПРЯХИН

## ИЗМЕРИТЕЛЬ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ С ЦИФРОВЫМ ОТСЧЕТОМ В СИСТЕМЕ СИ

В настоящее время широкое распространение получили измерители магнитной индукции, основанные на явлении ядерного магнитного резонанса. Измерение индукции однородного постоянного магнитного поля  $B_0$  сводится к измерению пропорциональной ему резонансной частоты  $f_0$  электромагнитных колебаний:  $B_0 = \sigma f_0$ . Для наиболее часто применяемых датчиков, содержащих протоны (децимолярный раствор  $\text{FeCl}_3$  в воде), коэффициент  $\sigma = 2,34874 \cdot 10^{-2}$  Т/МГц. Частота  $f_0$  обычно измеряется цифровым частотомером. Таким образом, для получения результатов измерения в единицах индукции магнитного поля показания частотомера необходимо умножать на коэффициент  $\sigma$ , что представляет неудобство и заметно уменьшает оперативность измерений.

Существует ряд способов, позволяющих производить отсчет резонансной частоты непосредственно в единицах поля. Так, в работе [1] предлагается переделка частотомера. Время счета периодов измеряемой частоты выбирается кратным величине  $\sigma$ . Можно также поставить на входе частотомера делитель с коэффициентом пересчета  $\frac{1}{\sigma}$ . Неудобство этого способа состоит в том, что делитель должен иметь высокое быстродействие (для поля  $B_0 = 1$  Т,  $f_0 = 42,6$  МГц). Существует, однако, способ не требующий переделки частотомера и пересчетных схем высокого быстродействия. Состоит он в следующем: на вход А цифрового частотомера подается измеряемая резонансная частота, а на вход Б — деленная на коэффициент пересчета  $K = 234874$  частота 10 МГц с выхода того же частотомера. Переключатель «Род работы» устанавливается в положение «Измерение отношения частот», при этом частотомер будет показывать значение измеряемого магнитного поля с точностью до положения десятичной запятой. Действительно:  $f_A/f_B = 2,34874 \cdot 10^{-2} f_0 = B_0$ .

В некоторых частотомерах (например, ЧЗ-33) запятую можно установить на нужное место с помощью переключателя «Время измерения» (рис. 1). Естественно, при использовании датчиков с другим рабочим веществом делитель должен иметь другой коэффициент деления.

Реализовать цифровой делитель с  $K = 234874$  сложно, так как этот коэффициент представляет собой произведение простых чисел 2 и 117437. Гораздо проще сделать делитель с  $K = 234876$ , который является произведением простых чисел  $2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 23 \cdot 23 \cdot 37$ . Ошибка по сравнению с истинным коэффициентом составляет  $8,5 \cdot 10^{-6}$ , что вполне приемлемо. От делителя требуется быстродействие 10 МГц. Такой делитель можно собрать на широко распространенных интегральных микросхемах серии 155 или 133.

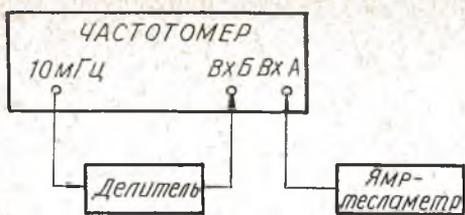


Рис. 1. Блок-схема измерения

Схема делителя показана на рис. 2. Источковый повторитель на транзисторе Т1 служит для согласования выхода частотомера с уровнями сигналов ТТЛ-схем. Элементы М1-1 и М1-2 являются формирователями импульсов. В качестве делителя на 12 используется элемент М2. Делитель на 37 выполнен на элементах М3—М6 по схеме безвентильного счетчика [2] по принципу  $37 = 2 \cdot 6 \cdot 3 + 1$ . Элементы М1-3 и М1-4 служат для увеличения числа входов элемента М6. Делители с коэффициентом пересчета 23 собраны на элементах М7—М13 по принципу  $23 = 2 \cdot 2 \cdot 6 - 1$ .

Состояние счетчика 1011 дешифруется элементом М13-1 (М13-2), выход которого подключен ко входам К первых двух разрядов делителя. По следующему счетному импульсу происходит синхронная установка этих разрядов в единичное состояние и счетчик переходит в состояние 1111, минуя состояние 0111.

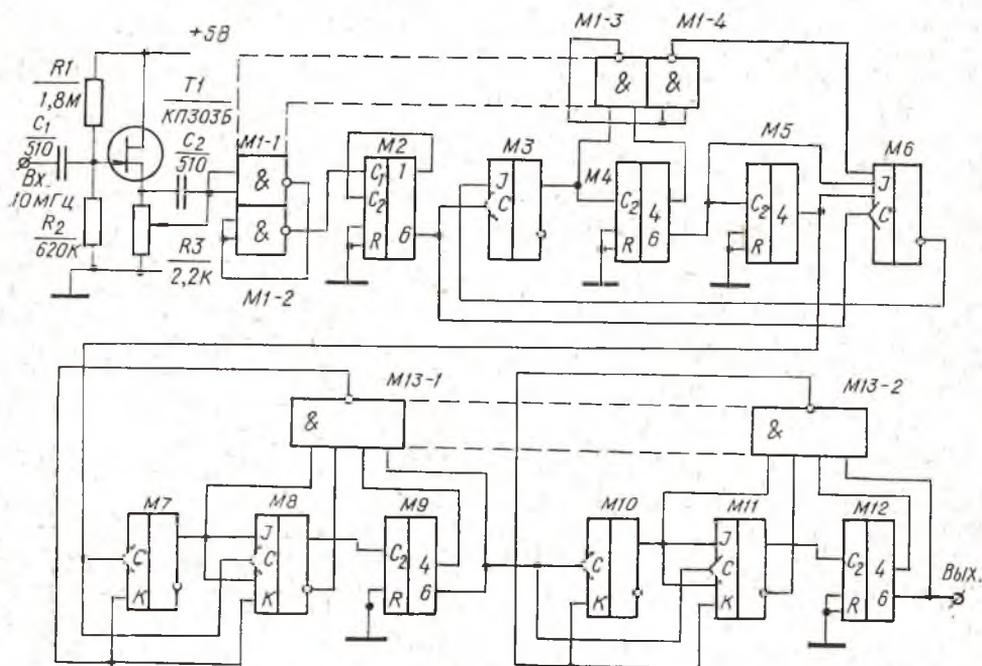


Рис. 2. Принципиальная схема приставки-делителя:

М1—К1ЛБ553; М3, М6—М8, М10, М11—К1ТК551; М2, М4, М5, М9, М12—К155ИЕ4, М13—К1ЛБ551

Делитель с  $K = 234876$  собран в виде отдельной приставки, питается от нестабилизированного источника напряжением 5 В и потребляет ток 250 мА. На выходе делителя имеются импульсы с периодом 0,0234876 с. В сочетании с кварцевым генератором на 10 МГц такой делитель может быть использован для создания простого специализированного частотомера-измерителя магнитной индукции, работающего по принципу, описанному в [1].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Муха Г. М.— Приборы для научных исследований, 1965, № 4, с. 143.
2. Букреев И. Н., Мансуров Б. М., Горячев В. И. Микроэлектронные схемы цифровых устройств.— М., 1975.

Поступила в редакцию  
23.01.80

*Кафедра ядерной физики  
и мирного использования атомной энергии*

УДК 621.382.2.029.64

Ю. М. КАЛИНИН

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СПЛАВНЫХ GaAs И Ge ТУННЕЛЬНЫХ ДИОДАХ

В работе [1] установлено, что изменение температуры выдержки сплавных GaAs и Ge туннельных диодов ТД приводит к обратным изменениям (релаксации пикового тока ПТ), и высказано предположение о том, что такая термическая нестабильность ПТ связана с протеканием реакции



лимитирующей стадией которой является диффузия одного из компонентов.

Исследование температурной зависимости процессов релаксации могло бы помочь идентифицировать подвижный компонент реакции (1).

С этой целью в данной работе изучалась кинетика релаксации ПТ  $I_j^i(t)$  GaAs и Ge ТД ( $i$  — температура, при которой выдерживался диод до проведения измерений;  $j$  — температура, при которой проводились измерения, °С). Методика измерения ПТ описана в [1]. Погрешность измерений ПТ не превышала 0,03 %, а стабильность температуры была не хуже 0,1 °С.

Анализ кинетики релаксации спада ( $i < j$ ) и нарастания ( $i > j$ ) ПТ показал, что при малых временах

$$\Delta I_j^i(t) = K \sqrt{t}, \quad (2)$$

где  $\Delta I_j^i(t)$  — изменение ПТ в процессе релаксации;  $K$  — некоторая постоянная при фиксированных температуре измерений и величине релаксационных изменений ПТ.

Для определения зависимости  $K$  от величины релаксационных изменений ПТ варьировалась температура предварительной выдержки; температура измерений была фиксирована; начальное значение находили экстраполяцией зависимости (2) к нулю. Типичные результаты представлены на рис. 1. Как видно, можем записать

$$K = D \ln \frac{I_j^i(\infty)}{I_j^i(0)} \left( \ln \frac{I_j^i(\infty)}{I_j^i(0)} + F \right), \quad (3)$$

где  $D$  и  $F$  — некоторые постоянные при фиксированной температуре измерений.

Используя (3) для анализа процесса кинетик релаксации ПТ, устанавливаем, что  $F$  не зависит от температуры. Температурная зависимость  $D$  изображена на рис. 2. Величина наклонов температурных зависимостей  $D$  для Ge и GaAs ТД:  $0,17 \pm 0,015$  и  $0,26 \pm 0,014$  эВ соответственно. Оценки получены методом линейной регрессии при повторных наблюдениях [2].

В [1] показано, что величина  $\ln I_j^i(\infty)/I_j^i(0)$  пропорциональна изменению концентрации носителей в процессе релаксации, поэтому полученные результаты (см. рис. 1) свидетельствуют о протекании бимолекулярной реакции. В GaAs ТД концентрации реагирующих дефектов (примесей) равны, в Ge — существенно различаются.