

С. РЕЙМАН, Э. РЕАЛО

АВТОМАТИЧЕСКИЙ МЁССБАУЭРОВСКИЙ СПЕКТРОМЕТР, РАБОТАЮЩИЙ В РЕЖИМЕ ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТИ

Описан полностью автоматизированный спектрометр для измерения мёссбауэровских спектров. Диапазон скоростей ± 10 мм/сек разбивается либо на 200, либо на 400 точек. Дается описание генератора опорного напряжения, схемы обратной связи и блока автоматики. Вывод информации осуществляется на двухкоординатный самописец или на цифрочитающее устройство. Мертвое время спектрометра менее 30%, стабильность скорости — $\pm 0,03$ мм/сек.

В практике мёссбауэровских исследований часто возникает необходимость детального изучения отдельного участка более сложного спектра или спектра, смещенного относительно нулевой скорости. Известные спектрометры с переменной скоростью модуляции энергии γ -квантов [¹⁻³] малопригодны для решения таких задач, так как из-за большого содержания в требуемом опорном сигнале высокочастотных компонентов технически трудно конструировать подходящие системы движения.

Удобным методом улучшения ситуации является применение спектрометра с постоянной скоростью движения источника (или поглотителя) γ -квантов [^{4,5}], особенно при использовании несимметричной П-образной формы сигнала скорости [⁶]. Это позволяет уменьшить неэффективное время работы спектрометра. Неудобства, связанные с одноканальной регистрацией, можно преодолеть автоматизацией процесса измерения и вывода информации. Ниже приводится описание спектрометра с постоянной скоростью, построенного на основе названных выше принципов.

Полная блок-схема спектрометра представлена на рис. 1. γ -Кванты от источника 1 регистрируются детектором, состоящим из кристалла NaJ-Tl толщиной 1 мм и ФЭУ 2. С выхода катодного повторителя 3 импульсы поступают на линейный усилитель 4 и затем на вход одноканального анализатора 5. С выхода анализатора импульсы поступают на ключ 6, который пропускает импульсы только в то время, когда скорость строго линейна (см. рис. 4). Прошедшие импульсы считаются пересчетным прибором 10. Регистрирующим прибором является двухкоординатный самописец 11, на вход Y которого через цифро-аналоговый преобразователь 12 поступает информация о числе импульсов, накопленных в пересчетном приборе. На вход X самописца подается на-

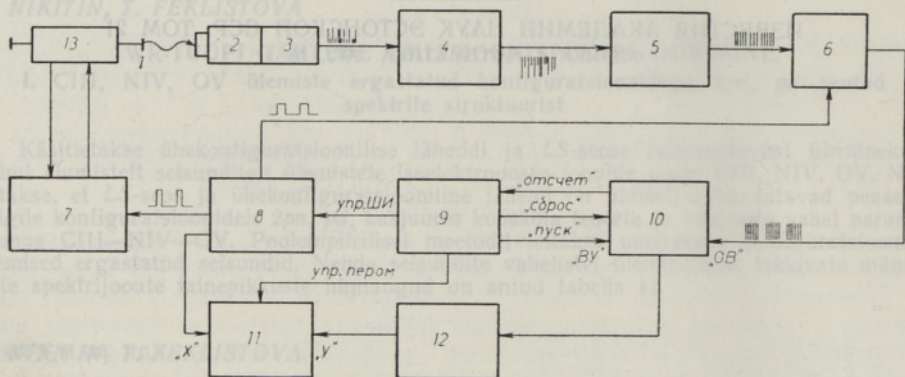


Рис. 1. Блок-схема спектрометра:

1 — источник γ -квантов; 2 — ФЭУ типа S12FS35; 3 — катодный повторитель; 4 — источник высокого напряжения и линейный усилитель VA-V-87; 5 — одноканальный анализатор амплитуды импульсов ПД-2-1; 6 — электронный ключ; 7 — схема обратной связи; 8 — генератор опорного напряжения; 9 — блок автоматики; 10 — пересчетный прибор ПП-15; 11 — двухкоординатный самописец Endim 2200; 12 — цифро-аналоговый преобразователь; 13 — вибратор.

пряжение, пропорциональное механической скорости поглотителя. Движителем является электромеханический вибратор 13 со схемой отрицательной обратной связи 7. Опорное напряжение формируется генератором 8. Всей работой спектрометра управляет блок автоматики 9.

1. Схема вибратора с обратной связью

Принципиальная схема вибратора с отрицательной обратной связью представлена на рис. 2. Конструкция вибратора аналогична описанной в работе [1]. Помимо силовой катушки (КС) и катушки обратной связи (КОС) имеется контрольная катушка (КК), намотанная поверх КОС.

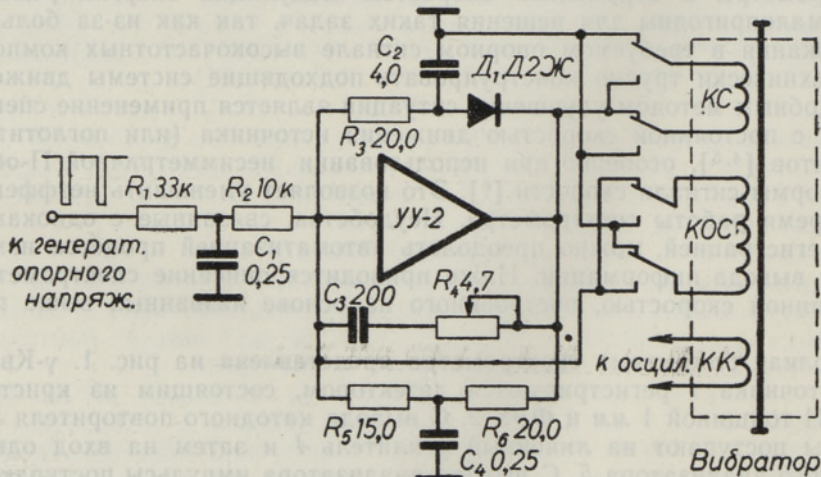


Рис. 2. Схема вибратора с отрицательной обратной связью.

Наличие КК облегчает налаживание системы обратной связи и позволяет контролировать форму сигнала скорости во время работы спектрометра.

Операционным усилителем является усилитель постоянного тока УУ-2, который имеет автоматическую компенсацию дрейфа нуля.

Схема обратной связи работает следующим образом. Опорный сигнал через интегрирующую цепочку $R_1R_2C_1$ поступает на вход усилителя, где суммируется с пропорциональным сигналом от КОС. Сигнал ошибки усиливается и поступает на КС. Изменение знака скорости движения поглотителя относительно источника достигается одновременным переключением концов КОС и КС.

Цепочка R_4C_3 служит для ограничения усиления в области высоких частот. Величина резистора R_4 выбирается такой, чтобы полоса пропускания усилителя была максимальной, но чтобы еще не наступало самовозбуждение. Применением цепочки $R_3C_2D_1$ удалось значительно уменьшить дрейф нулевого уровня усилителя, связанного с дрейфом частоты и амплитуды опорного сигнала.*

2. Генератор опорного напряжения

На рис. 3 представлена блок-схема генератора опорного напряжения. Генератор состоит из двух ждущих фантастронов 1 и 2, охваченных обратной связью таким образом, что задний фронт генерируемого одним фантастроном импульса запускает другой. Получаются колебания стабильной частоты (стабильность не хуже 0,5%), причем имеется возможность раздельной регулировки длительности полупериодов. Получаемое напряжение несимметричной П-образной формы подается на усилитель-формирователь. В качестве усилителя применена каскодная схема на двойном триоде 6Н6П, а в качестве формирующих элементов — стабилитроны Д808 и СГ202Б. Длительность полупериодов подобрана таким образом, чтобы на выходе получалось напряжение без постоянной составляющей. Это напряжение подается на усилитель-аттенюатор УУ-2.

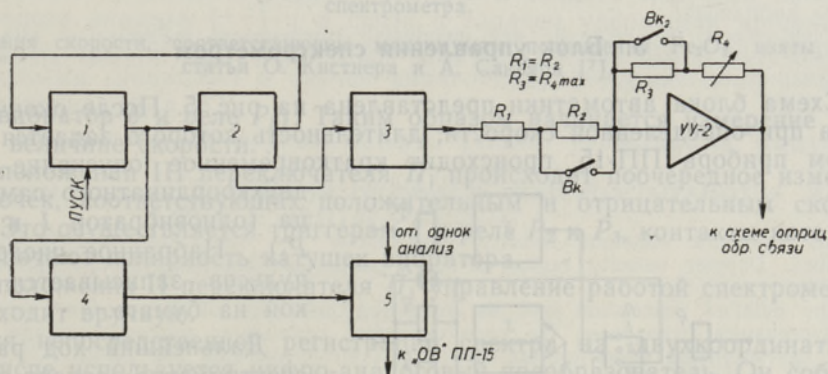


Рис. 3. Блок-схема генератора опорного напряжения и схема управления ключом:

1, 2, 4 — ждущие фантастроны; 3 — усилитель-формирователь; 5 — электронный ключ.

* Например, если соотношение амплитуд полупериодов изменилось на 1 мВ, то благодаря этому появляется постоянная составляющая на входе усилителя в 1 мВ. При коэффициенте усиления $\sim 10^4$ это приводит к появлению на выходе сигнала ~ 10 В, что крайне нежелательно. То же самое происходит и при изменении соотношений полупериодов опорного сигнала.

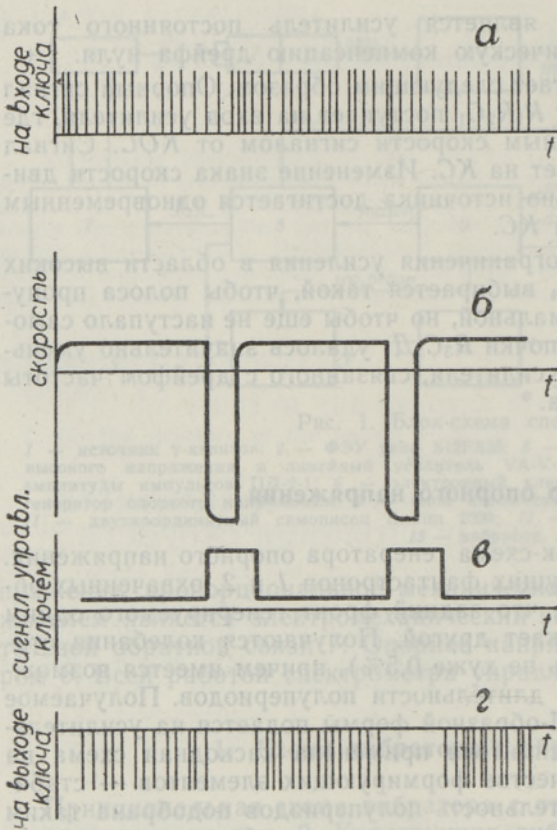


Рис. 4. Временные диаграммы работы электронного ключа.

Резистор R_4 составлен из 100 последовательно включенных резисторов типа БЛП величиной 100 ом каждый. Переключающим элементом является шаговый искатель ШИ-25/4. Благодаря системе, состоящей из резисторов $R_1—R_4$ и ключей B_{k_1} и B_{k_2} , становится возможным разбить диапазон скоростей ($-10 \div +10$) мм/сек либо на 200, либо на 400 точек. Например, при замкнутых B_{k_1} и B_{k_2} этот диапазон разбивается на 200 точек. При замкнутом B_{k_2} и разомкнутом B_{k_1} на 200 точек разбивается диапазон ($-5 \div +5$) мм/сек. При разомкнутых B_{k_1} и B_{k_2} на 100 точек разбивается диапазон ($-10 \div -5$) мм/сек и ($+5 \div +10$) мм/сек каждый.

На рис. 3 представлена также схема управления ключом, а на рис. 4 приведены временные диаграммы, иллюстрирующие его работу.

3. Блок управления спектрометром

Схема блока автоматики представлена на рис. 5. После окончания счета при определенной скорости, длительность которого задается таймером прибора ПП-15, происходит кратковременное опускание пера двухкоординатного самописца (одновибратор 1 и реле P_1). Набранное число импульсов записывается точкой на бумаге.

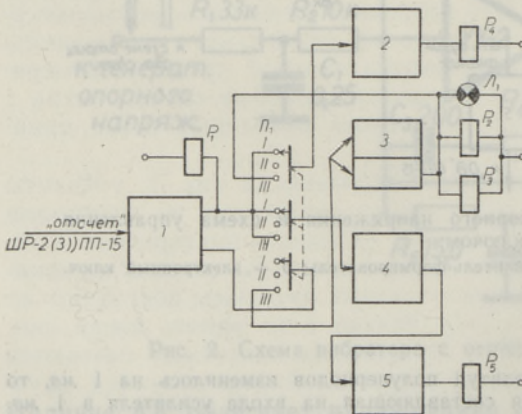


Рис. 5. Схема блока автоматики:
1, 2, 4, 5 — ждущие мультивибраторы; 3 — триггер.

Дальнейший ход работы спектрометра зависит от положения переключателя Π_1 .

В положении I запускается одновибратор 2 и происходит переключение позиции шагового искателя (P_4). Затем с небольшой задержкой, определяемой одновибратором 4, происходит операция «сброс» и «пуск»

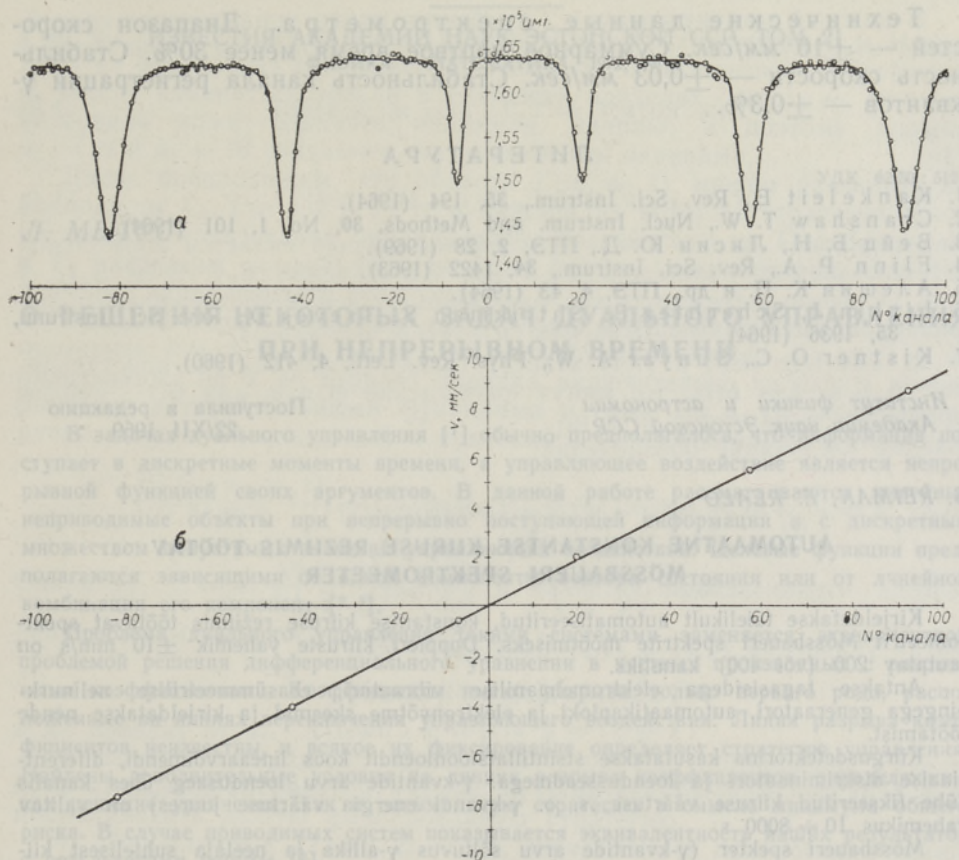


Рис. 6. *а* — Мёсбауэровский спектр сверхтонкой структуры соединения Fe_2O_3 (природное железо), источник ^{57}Co в хrome; *б* — калибровочная прямая спектрометра.

Значения скорости, соответствующие максимумам поглощения Fe_2O_3 , взяты из статьи О. Кистнера и А. Саньяра [7].

(одновибратор 5 и реле P_5). Таким образом начинается измерение при новой величине скорости.

В положении III переключателя P_1 происходит поочередное измерение точек, соответствующих положительным и отрицательным скоростям. Это осуществляется триггером 3 и реле P_2 и P_3 , контакты которых переключают полярность катушек вибратора.

В положении II переключателя P_1 управление работой спектрометра происходит вручную.

Для непосредственной регистрации спектра на двухкоординатном самописце используется цифро-аналоговый преобразователь. Он собран по обычной схеме преобразования десятичного кода в напряжение. Достаточная точность получается при преобразовании трех десятичных разрядов. Кроме того, в ПП-15 предусмотрен вывод информации на цифро-печатающую машину.

На рис. 6, *а* представлен калибровочный спектр магнитного расщепления железа в Fe_2O_3 (природное железо) с источником ^{57}Co в Сг. На рис. 6, *б* представлена калибровочная прямая, из которой видно, что спектрометр обладает хорошей линейностью скорости. Наблюдается лишь некоторое уширение внешних линий спектра.

Технические данные спектрометра. Диапазон скоростей — ± 10 мм/сек. Суммарное мертвое время менее 30%. Стабильность скорости — $\pm 0,03$ мм/сек. Стабильность канала регистрации γ -квантов — $\pm 0,3\%$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kankaleit E., Rev. Sci. Instrum., **35**, 194 (1964).
2. Granshaw T. W., Nucl. Instrum. and Methods, **30**, No. 1, 101 (1964).
3. Бейц Б. Н., Лисин Ю. Д., ПТЭ, **2**, 28 (1969).
4. Flinn P. A., Rev. Sci. Instrum., **34**, 1422 (1963).
5. Алешин К. П. и др., ПТЭ, **4**, 43 (1964).
6. Lipkin J., Schechter B., Shtrikman S., Treves D., Rev. Sci. Instrum., **35**, 1936 (1964).
7. Kistner O. C., Sunyar A. W., Phys. Rev. Lett., **4**, 412 (1960).

Институт физики и астрономии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
22/XII 1969

S. REIMAN, E. REALO

AUTOMAATNE KONSTANTSE KIIRUSE REZIIMIS TÖÖTAV MÖSSBAUERI SPEKTROMEETER

Kirjeldatakse täielikult automatiseeritud, konstantse kiiruse režiimis töötavat spektromeetrit Mössbaueri spektrite mõõtmiseks. Doppleri kiiruste vahemik ± 10 mm/s on jaotatud 200 (või 400) kanaliks.

Antakse tagasisidega elektromehaanilise vibraatori, ebasümmeetrilise nelinurkpingega generaatori, automaatikaploki ja elektronvõtme skeemid ja kirjeldatakse nende loõtamist.

Kiirgusdetektorina kasutatakse stintillatsioonloendit koos lineaarvõimendi, diferentsiaalse diskriminaatori ja loendusseadmega. γ -kvantide arvu loendusae ühes kanalisis (ühe fikseeritud kiiruse väärtuse, s. o. γ -kvandi energia väärtuse juures) on valitav vahemikus $10 \div 8000$ s.

Mössbaueri spekter (γ -kvantide arvu sõltuvus γ -allika ja neelaja suhtelisest kiirusest) registreeritakse kanalite kaupa XY-isekirjutaja diagrammpaberil. XY-isekirjutaja Y-sisend on 3-dekaadilise arv-analoogmuundi kaudu ühendatud loendusseadmega, X-sisendile antakse kiirustega proportsionaalne pinge. On võimalik elektrilise trüki-masina kasutamine.

Spektromeetri nn. «surnud» aeg moodustab summaarsest mõõtmisajast alla 30%. Esitatakse kiiruste kalibreerimisgraafik ühendi Fe_2O_3 järgi. Kiiruste ajaline stabiilsus on parem kui $\pm 0,03$ mm/s.

S. REIMAN, E. REALO

AN AUTOMATIC CONSTANT VELOCITY MÖSSBAUER SPECTROMETER

An automatic constant velocity spectrometer for Mössbauer investigations is described. Doppler velocity region of ± 10 mm/s can be divided into 200 or 400 channels.

The detailed description and the operation principles of the feedback-controlled electromechanical transducer, the nonsymmetrical rectangular reference voltage generator, the automatic operation system and an electronic gate are given.

As a radiation detector, a scintillation counter with a linear amplifier and a differential discriminator is used.

The pulses corresponding to Mössbauer γ -quanta at certain energy (velocity) are collected during the time interval of 10 to $8 \cdot 10^3$ s predetermined by a quartz-controlled timer of the scaler ПП-15.

The Mössbauer spectra are automatically plotted point-by-point by means of a XY-recorder, the Y-input of which is coupled to the scaler via a 3-decade digit-to-analog converter. The X-input (velocity axis) of the recorder is connected to the reference voltage generator.

The "dead" time of the spectrometer is less than 30 per cent. A better stability of the velocity than $\pm 0,03$ mm/s can be achieved.

A typical velocity calibration spectrum of Fe_2O_3 is presented.