

РЕНТГЕНОВСКИЙ ПОЛЯРИМЕТР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК

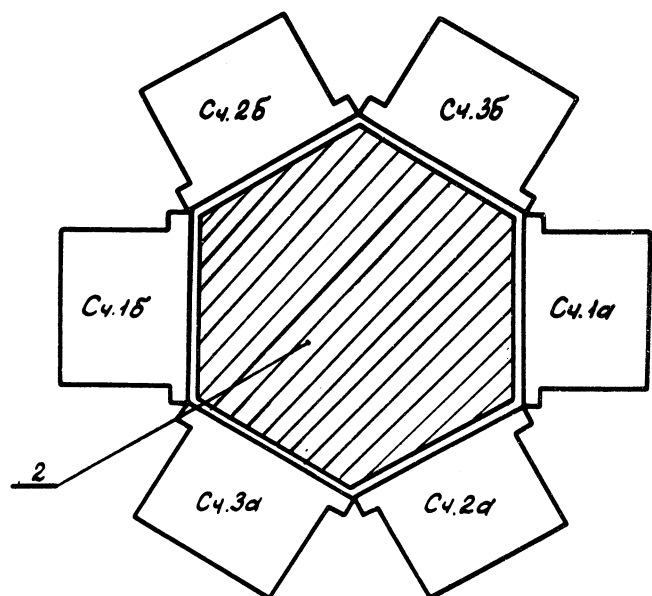
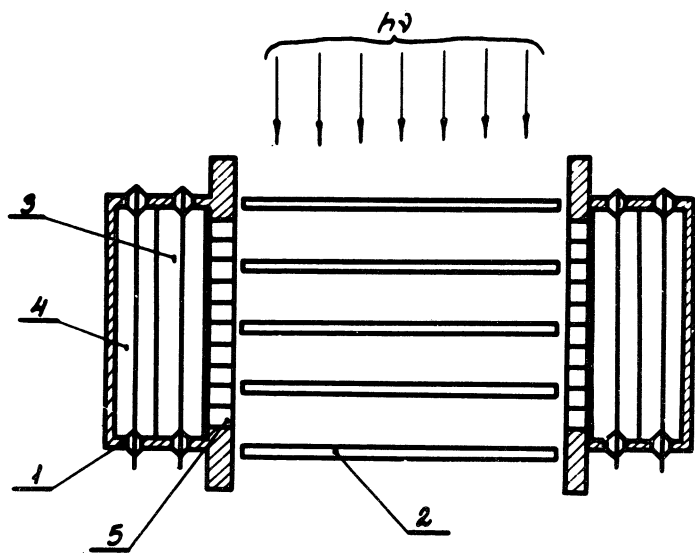
И. П. Тиндо, А. И. Шурыгин, В. А. Савельев,
В. Д. Иванов, Н. Н. Комяк, Д. А. Гоганов

Имеющиеся данные оптических, рентгеновских и радионаблюдений пока не позволили выяснить, какой из механизмов генерации жесткого излучения (тормозной, синхротронный, комптоновский) является доминирующим, в нетепловых вспышках¹. Обнаружение и исследование возможной поляризации рентгеновского излучения солнечных вспышек однозначно подтвердило бы их нетепловую природу и помогло бы выяснить конкретный механизм излучения²⁻³.

Измерение рентгеновской поляризации возможно при использовании томсоновского рассеяния, фотоэлектрического эффекта и эффекта "аномальной прозрачности" кристаллов⁴⁻⁸.

Для поляризационного эксперимента, проведенного на спутнике "Интеркосмос-1", в лаборатории спектроскопии ФИАН был разработан прибор, основанный на использовании эффектов томсоновского рассеяния. На рис. 1 схематически показано устройство блока датчиков поляриметра^{*}). Исследуемое поляризованное излучение анизотропно рассеивается бериллиевыми плас-

*) В разработке и испытаниях прибора приняли участие Л. И. Каганов, В. Ф. Суханов, Н. А. Шацкий и Н. П. Кирюшин, которым авторы приносят искреннюю благодарность.



Р и с. 1. Схематическое устройство блока датчиков поляриметра.

1 - счетчик фотонов, 2 - бериллиевая пластина, 3 - рабочая (верхняя) секция, 4 - нижняя секция, 5 - коллимирующее устройство. Импульсы от каждой пары счетчиков 1а, б, 2а, б и 3а, б регистрируются общим усилителем.

тинами, вокруг которых симметрично расположены три пары рентгеновских счетчиков фотонов. Степень поляризации P и положение плоскости поляризации, измеряемое углом φ , однозначно определяются по различию скоростей счета импульсов в трех измерительных каналах с помощью формул, приведенных ниже.

В поляриметре установлены двухсекционные пропорциональные счетчики СРПО-30М, разработанные и изготовленные СКБ рентгеновской аппаратуры совместно с ФИАНом. Вторые (нижние) секции счетчиков использовались в схемах антисовпадения для снижения уровня фоновых отсчетов. Для дальнейшего снижения фона проводилась также дискриминация импульсов от основных (верхних) секций по верхнему уровню. Диапазон чувствительности поляриметра $0,6 + 0,9 \text{ \AA}$.

Общая эффективность поляриметра (при регистрации неполяризованного излучения) составляет около 3%, его коэффициент качества K по данным лабораторной калибровки составляет около 1,5, что близко к расчетной величине для данной конфигурации рассеивателя и приемников излучения^{ж)}. Степень поляризации $P_{\text{изм}}$ и угол φ (угол поворота плоскости поляризации по отношению к первой паре счетчиков - Сч. 1а и Сч. 1б) определяются по числу импульсов N_1 , N_2 и N_3 , зарегистрированных в отдельных измерительных каналах, по формулам:

$$P_{\text{изм}} = \frac{2K \sqrt{N_1^2 + N_2^2 + N_3^2 - N_1N_2 - N_1N_3 - N_2N_3}}{N_1 + N_2 + N_3}$$

ж) $K = \frac{\eta_{\text{max}} - \eta_{\text{min}}}{\eta_{\text{max}} + \eta_{\text{min}}}$, где η - максимальный и минимальный отсчеты, наблюдаемые при регистрации полностью поляризованного излучения с произвольным положением плоскости поляризации по отношению к прибору.

$$\frac{1}{\cos 2\varphi} = \frac{2\sqrt{N_1^2 + N_2^2 + N_3^2 - N_1N_2 - N_1N_3 - N_2N_3}}{N_2 + N_3 - 2N_1}$$

Предел чувствительности поляриметра ($P_{\text{ист}})_{\min}$ определяется статистической ошибкой в определении числа сосчитанных импульсов. При малом числе зарегистрированных импульсов даже при полностью неполяризованном излучении ($P_{\text{ист}} = 0$), прибор данного или любого другого типа зафиксирует в среднем поляризацию $P_{\text{изм}} \neq 0$. Для получения требуемой чувствительности (в обнаружении поляризации) и достаточной достоверности полное число зарегистрированных импульсов за время измерения должно составлять $N_0 \geq 10^3$. Однако даже при меньшем числе импульсов, сосчитанных при одной вспышке, достоверность обнаружения может быть повышена при регистрации ряда вспышек, что возможно при значительном общем времени патрулирования.

Импульсы от рабочих секций счетчиков после усиления и формирования поступают на счетные схемы с синхронизированным циклом работы. На протяжении одного цикла измерений входы схем отпираются на время 4 сек или 16 сек*). Затем входы блокируются на 8 сек — время последовательного опроса бортовым запоминающим устройством трех сумматоров каждого измерительного канала. После окончания опроса показания ячеек сбрасываются, и цикл измерений повторяется. Управление работой счетных схем производится от бортовых часов.

Для более полного использования емкости аналоговых каналов телеметрии информация о состояниях одиннадцати старших ячеек счетной схемы преобразовывается в аналоговую форму с помощью сумматоров. Форма сигнала, поступающего на телеметрическую систе-

*) Длительность экспозиции устанавливалась по радиокомандам с Земли.

му при опросе линейки одного измерительного канала, показана схематически на рис.2а. Для обеспечения возможности однозначной расшифровки при записи произвольных чисел был применен специальный набор уровней в записи первого сумматора с $U(0) \neq 0$, что позволяет использовать его в качестве "маркера", отмечающего место на пленке, соответствующее окончанию очередной экспозиции.

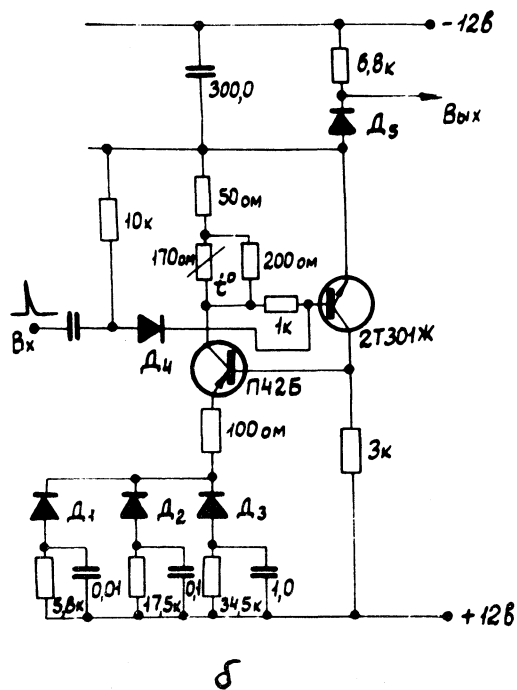
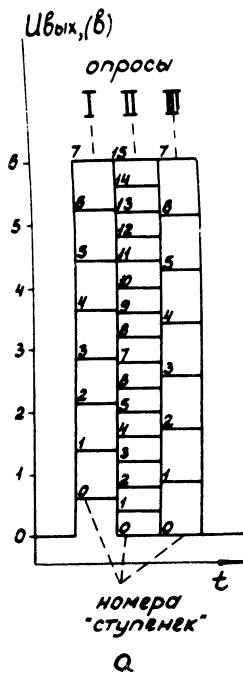
Показания гейгеровских счетчиков регистрируются с помощью логарифмических интесиметров, выполненных на основе одновибраторов с автоматическим регулированием длительности импульса⁹. Схема интесиметра приведена на рис. 2б.

Высоковольтное питание пропорциональных и гейгеровских счетчиков осуществляется с помощью преобразователя с шестью каскадами умножения и последующей стабилизацией выходного напряжения коронными стабилизаторами серии СГ. Низковольтный преобразователь с высоким КПД, разработанный для питания электронных схем поляриметра, описан в работе¹⁰.

Схема использованного в приборе коммутатора приведена на рис.3. Коммутатор управляется односекундными импульсами, поступающими на входы его счетных ячеек, собранных на триггерах $T_{r1} \div T_{r4}$ и $T_{r6} \div T_{r8}$.

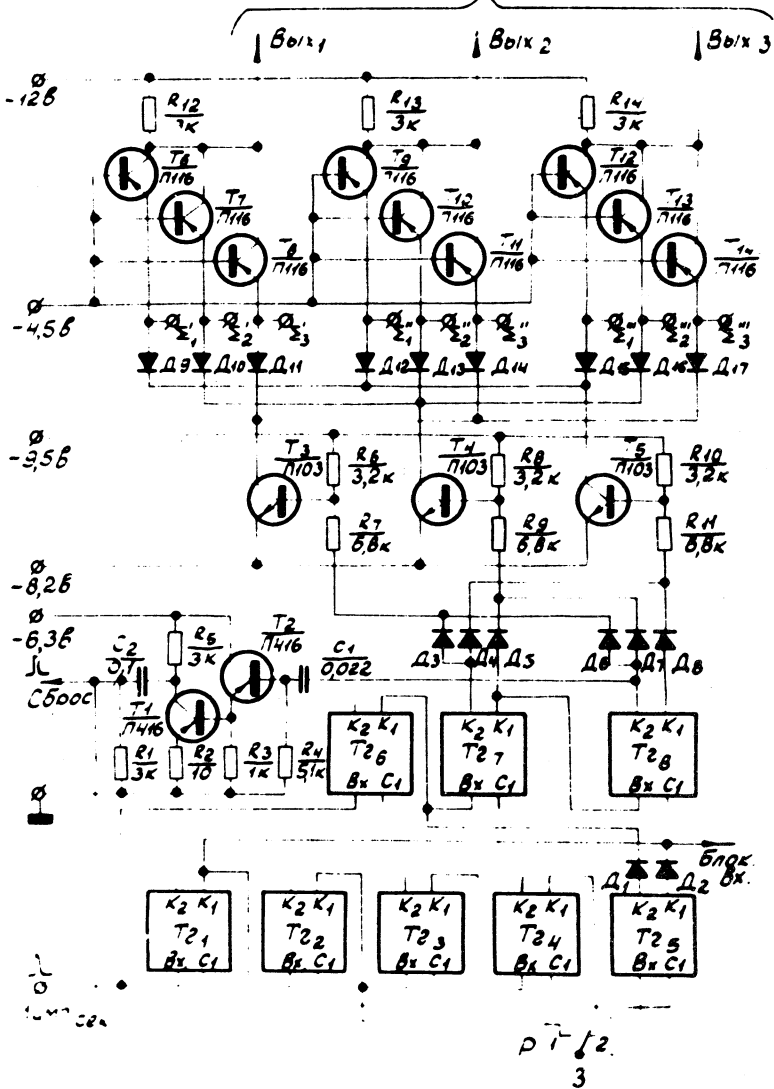
Счетная линейка $T_{r1} \div T_{r4}$ задает длительность экспозиции 4 или 16 сек при замыкании контакта 3 реле Р соответственно с контактами 1 или 2. Счетная линейка $T_{r6} \div T_{r8}$ вместе с диодами $D_3 \div D_8$ образует диодный дешифратор, определяющий время и последовательность опроса сумматоров каждого измерительного канала бортовым запоминающим устройством.

Диодный дешифратор управляет ключевыми транзисторами $T_3 \div T_5$, находящимися в открытом состоянии в течении времени экспозиции. При этом токи всех сумматоров $\Sigma_1' \div \Sigma_3'''$ замыкаются через транзисторы $T_3 \div T_5$ и соответствующие разделительные диоды $D_9 \div D_{17}$, минуя эмиттерные цепи усилительных



Р и с. 2. а) Форма телеметрической записи показаний измерительного канала поляриметра (схематически).
б) Схема логарифмического интенсиметра.

К телеметрич. системе



Р и с. 3. Схема коммутатора.

транзисторов $T_6 \div T_{14}$, включенных по схеме с общей базой.

Два основных режима работы прибора – экспозиция или опрос, определяются состоянием триггера T_5 . Триггеры T_7 и T_8 совместно с диодным дешифратором $D_3 \div D_8$ поочередно закрывают транзисторные ключи T_3 , T_4 и T_5 на время, равное 2 сек. При этом на выходах коммутатора $Вых_1$, $Вых_2$, $Вых_3$ последовательно появляются сигналы, напряжение которых пропорционально току соответствующего сумматора.

Окончание опроса старших сумматоров всех трех измерительных каналов происходит в момент опрокидывания триггера T_8 . При этом на шине "сброс" образуется положительный импульс, сформированный каскадами на транзисторах T_1 и T_2 , переводящий счетные линейки в нулевое положение и одновременно опрокидывающий триггер T_5 . Изменение потенциалов коллекторов K_1 и K_2 триггера T_5 открывает входные ключи измерительных каналов, блокирует триггер T_6 и открывает триггер T_1 . После этого счетная линейка из триггеров $T_1 \div T_4$ начинает отсчет следующей экспозиции.

Результаты эксперимента по обнаружению поляризации, выполненного с помощью описываемого прибора на спутнике "Интеркосмос-1", приведены в работах ^{11,12}.

Поступила в редакцию
13 апреля 1970 г.

Л и т е р а т у р а

1. Корчак А. А. Астрон. ж., 44, 328 (1967).
2. Корчак А. А. ДАН СССР 173, 291 (1967).
3. Elwert G. Simp. 2 Structure and Development of Solar Active Regions, Budapest, 1967. Ed. Klepenheuer, 1968, p. 444.
4. Санин А. А., Жарко А. В. Вестник МГУ, серия 3, № 4, 105 (1967).
5. Dolan J. F. Astron. J. 71, 160 (1966).
6. Angel J. R. P., Novick R., P. Van den Bout, Wolff R. Phys. Rev. Lett. 22, 861 (1969).
7. Schnopper H. W., Kalata K. Astron. J., 74, 854 (1969).
8. Bingham R. G., Lytle F. W., Clark C. D. Bull. Am. Phys. Soc., 13, 1412 (1968).
9. Шурыгин А. И. Диссертация, ФИАН 1969 г.
10. Савельев В. А. Вестник высш. учебн. зав., сер. радиотехн. (в печати).
11. Тиндо И. П., Иванов В. Д., Мандельштам С. Л., Шурыгин А. И., Савельев В. А. Космич. исслед. (в печати).
12. Tindo I. P., Ivanov V. D., Mandelstam S. L., Shurygin A. I. Solar Physics (in press).