

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОНИТОРА ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ МАЛОГАБАРИТНОГО БЕТАТРОНА

А. В. РАТНИКОВ, М. М. ШТЕЙН

(Представлена научно-исследовательским институтом
ядерной физики, электроники и автоматики)

В отличие от стационарных установок переносный малогабаритный бетатрон предъявляет более жесткие требования к монитору излучения. Габариты существующих серийно выпускаемых рентгенометров мало отличаются от габаритов такого ускорителя, как ПМБ-6 [1]. Очевидно, что для малогабаритных бетатронов в целях повышения мобильности и других эксплуатационных характеристик, связанных со спецификой их

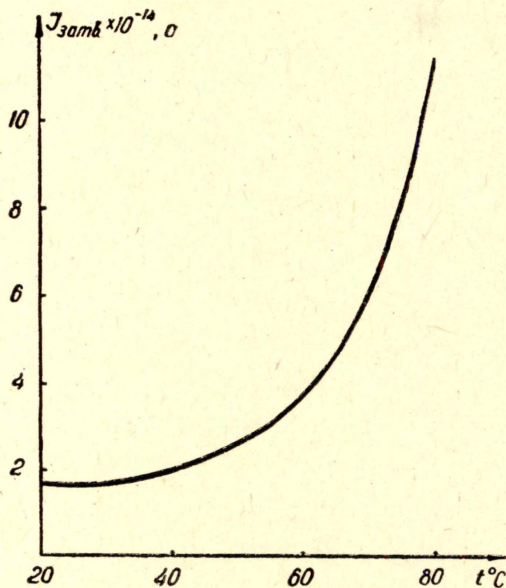


Рис. 1. Зависимость тока затвора полевого транзистора от температуры

применения, необходим компактный надежный монитор с простой электронной схемой, который бы не представлял собой отдельного блока ускорительной установки, а размещался в полезном объеме излучателя. Установленный в излучателе монитор подвергается его тепловому воздействию и должен обеспечивать стабильность своих характеристик в широком интервале температур.

Монитор, состоящий из малогабаритного ФЭУ-60 и кристалла $\text{NaI}(\text{Te}) \text{ } \varnothing 10 \times 10$, которым в настоящее время оснащен промышленный образец ПМБ-6, имеет ряд существенных недостатков, связанных с природой сцинтилляционного метода.

Явление «утомления» диодов при больших импульсных токах, резкая зависимость коэффициента усиления ФЭУ от напряжения питания, явление «насыщения» — все это обуславливает неоднозначность показаний прибора. Изменение с течением времени эффективности кристалла и чувствительности ФЭУ требует частой калибровки такого монитора, что затрудняет эксплуатацию ускорителя в нестационарных условиях.

Эти причины привели к необходимости разработки нового монитора для малогабаритных бетатронов.

Как известно, одним из лучших измерителей является ионизационная камера, ток которой пропорционален мощности дозы излучения. Единственный недостаток при этом заключается в малой величине тока, что требует применения усилителей, выполняемых обычно на специальных электрометрических лампах [2]. Усилитель или его электрометрический каскад, как правило, конструктивно объединяется с ионизационной камерой. Это приводит к увеличению размеров выносного блока и затрудняет его размещение в излучателе малогабаритного бетатрона. Кроме этого, усилители постоянного тока на электрометрических лампах имеют большой временной дрейф.

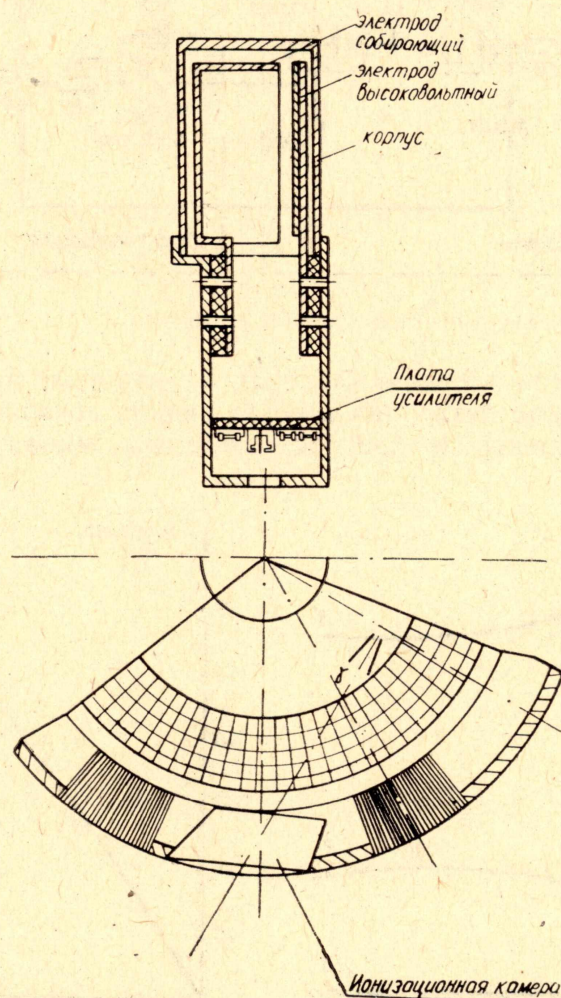


Рис. 2. Схематическая конструкция монитора на основе ионизационной камеры и его размещение в излучателе бетатрона ПМБ-6

Авторами была исследована возможность применения в усилителе монитора полевых транзисторов, обладающих малым током утечки управляющего электрода-затвора. Исследования различных типов полевых транзисторов позволили установить, что наилучшими характеристиками обладают транзисторы с изолированным затвором КП301Б.

Усредненная температурная зависимость тока затвора при напряжении стока — 10 в и токе стока 1 ма, снятая для 20 транзисторов КП301Б, приведена на рис. 1. Полученные данные показывают, что транзисторы

КП301Б могут быть применены для усиления токов порядка 10^{-12} а в широком температурном диапазоне. При этом следует отметить, что относительный разброс токов затвора отдельных экземпляров не превышает $2 \div 3$ в исследованном интервале температур.

Схематичная конструкция разработанного монитора и его размещение показаны на рис. 2.

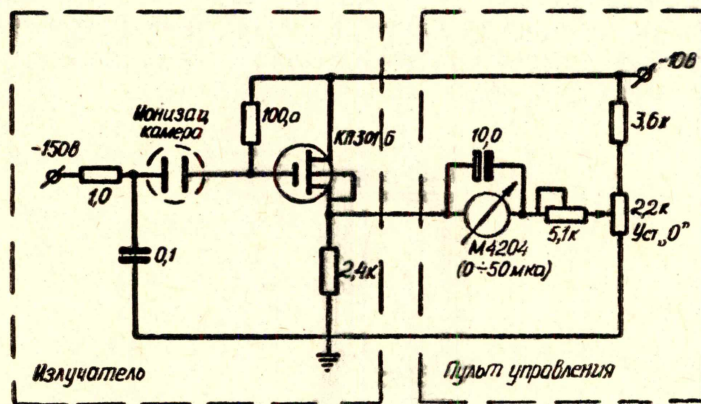


Рис. 3. Электрическая схема монитора

Для устранения влияния быстрых электронов, присутствующих в тормозном излучении бетатрона и искажающих показания монитора, на высоковольтном электроде крепится свинцовый экран толщиной 2 мм.

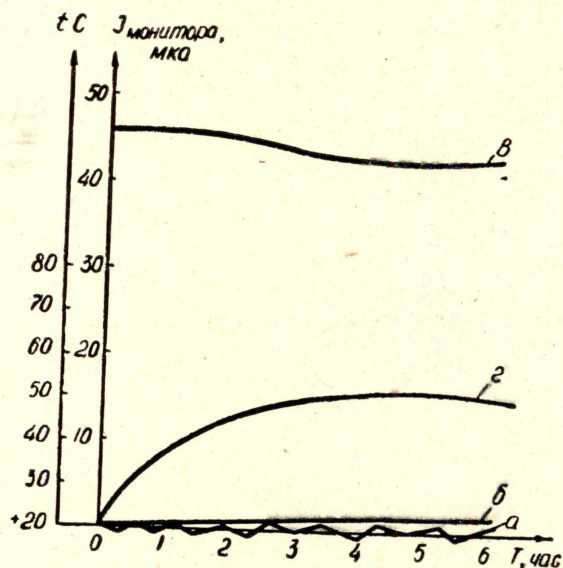


Рис. 4. Временная и температурная нестабильность показаний монитора: б — дрейф нуля при $P=18$ р/час; а — дрейф нуля монитора при выключенном бетатроне (временная нестабильность); в — дрейф показаний монитора при $P=18$ р/час; г — изменение температуры корпуса полевого транзистора

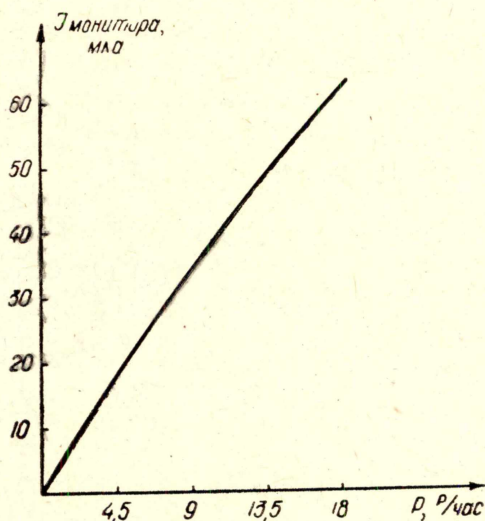


Рис. 5. Зависимость показаний монитора от величины мощности дозы тормозного излучения

Рабочий объем ионизационной камеры около 50 см^3 . Монитор устанавливается в выходном окне излучателя на расстоянии 20 см от мишени. При мощности дозы тормозного излучения, равной 18 р/час·м, ток камеры равен $2 \cdot 10^{-9}$ а.

Регистрирующая схема монитора состоит из простейшего усилителя тока на одном транзисторе, включенном по схеме истокового повторителя и стрелочного микроамперметра на 50 μ ка, установленного в пульте управления бетатрона (рис. 3). Малые размеры усилителя делают монитор достаточно компактным, что позволяет без особенных затруднений разместить его в излучателе бетатрона.

В процессе экспериментального исследования монитора были сняты его основные характеристики. На рис. 4 приведены: временной дрейф показаний регистрирующего прибора при выключенном бетатроне (кривая *a*), дрейф нуля (*b*) и стабильность показаний (*в*) при непрерывной шестичасовой работе бетатрона. Одновременно с исследованием стабильности термопарой измерялась температура корпуса транзистора (*г*). При снятии кривой (*в*) мощность дозы тормозного излучения бетатрона поддерживалась постоянной.

Полученные данные показывают, что временной дрейф практически отсутствует и, следовательно, стабильность показаний при работающем бетатроне связана в первую очередь с изменением температуры в месте установки монитора. После установления температурного режима, который наступает за 3,5 часа, показания монитора также стабилизируются. Максимальное отклонение сравнительно невелико и не превышает 5%, что удовлетворяет практическим требованиям.

Следует отметить, что дрейф показаний определяется не изменением тока утечки затвора, так как ток утечки даже при самой высокой температуре на несколько порядков меньше тока ионизационной камеры, а температурной нестабильностью тока стока и крутизны транзистора. Уменьшение дрейфа может быть достигнуто выбором температурно-стабильного режима транзистора [3]. Для транзисторов КП301Б наилучшая температурная стабильность достигается в среднем при токе стока, равном примерно 1 ma .

На рис. 5 приведена зависимость показаний монитора от величины мощности дозы бетатрона, из которой видно, что монитор обеспечивает удовлетворительную линейность.

Таким образом, разработанный монитор, наряду с малыми размерами, имеет сравнительно хорошие измерительные характеристики и может быть рекомендован не только для малогабаритных бетатронов, но и для решения других задач, связанных с регистрацией ионизирующих излучений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации бетатрона ПМБ-6.
2. А. А. С а н и н. Электронные приборы ядерной физики. М., Физматгиз, 1961.
3. Полевые транзисторы. Под ред. С. А. М а й о р о в а. «Советское радио», 1971.