

## РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГИИ УСКОРЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ

*А.Г. Зелинский*

*Институт ядерных исследований НАН Украины*

*пр. Науки, 47, г. Київ, 03680, Україна;*

*E-mail: sakhno@kinr.kiev.ua; факс: + 38 (044)525-44-63, тел: + 38 (044)525-51-91*

Описано устройство для оперативного измерения энергии электронов, разработанное в секторе радиационных технологий для экспериментальной установки ИЯИ НАН Украины.

Контроль за величиной и стабильностью кинетической энергии электронов является важным элементом электрофизических радиационных технологий. С этой целью в составе технологических установок должны быть предусмотрены соответствующие технические средства, которые могли бы отвечать метрологическим требованиям осуществляемых процессов. Наиболее просто контролировать энергию электронов на ускорителях с выводом пучка через электромагнитный сканер. Для установок с устройствами выпуска интенсивных пучков вопрос об оптимальном построении систем контроля энергии пока что остается открытым.

Для радиационной установки ИЯИ НАН Украины [1], где используется 5 МэВ ускоритель с окном интенсивного выпуска было создано специальное устройство измерения энергетических характеристик пучка, далее – измеритель энергии (ИЭ). Его конструкция позволяет измерять максимальную энергию и качественно оценивать спектр пучка электронов. Размер поперечного сечения пучка не имеет значения, а небольшие размеры датчика позволяют при большом сечении пучка производить измерения во время облучения образцов. Датчик при этом располагается рядом с образцом и не мешает процессу облучения.

Принцип работы ИЭ основан на измерении тока поглощенных электронов, прошедших через набор алюминиевых поглотителей [2]. Измеритель состоит из двух составных частей: датчика измерителя энергии (ДИЭ) и блока измерителя энергии (БИЭ), соединяемые соответствующими кабелями.

Датчик измерителя состоит из алюминиевых пластин-поглотителей, нагрузочных резисторов, защитных пластин, крышки, разъема, диэлектрических шайб и шпилек (рис. 1). В датчике вырабатывается электрический сигнал, зависящий от энергии измеряемого пучка электронов. Пластин поглотителя имеют разную толщину и собраны в пакет из 10 пластин. Толщина первой пластины выбрана равной длине пробега электронов с энергией 1,5 МэВ. Следующие выбраны таким образом, что при прохождении пучка через две первые пластины полностью поглощаются электроны с энергией 2 МэВ, через три первых пла-

стины – 3 МэВ. Далее в последующих пластинах пакета с шагом 1 МэВ поглощаются все электроны пучка вплоть до энергий 10 МэВ.



*Рис. 1. Датчик измерителя энергии*

Размер передней пластины 100x100 мм с рабочей поверхностью 100x70 мм. Каждая из последующих пластин меньше предыдущей пластины по высоте и по ширине в целях их затенения от прямого пучка. Для защиты изоляторов от пробоя и выхода датчика из строя при отключенном соединительном кабеле нагрузочные резисторы расположены непосредственно в датчике.

Пакет измерительных пластин-поглотителей окружен защитными пластинами. Они защищают диэлектрические детали датчика и резисторы от прямого попадания пучка. Размеры защитных пластин по периметру и толщине выбраны из условия полного поглощения электронов максимальной возможной энергии.

Размеры ДИЭ и параметры электронной схемы обработки информации рассчитаны на рабочий ток 3...5 нА/см<sup>2</sup>. При этом обеспечивается устойчивая работа электронной схемы, а искажения от краевых эффектов малы по сравнению с полезным сигналом. Конструкция датчика обеспечивает естественную конвективную вентиляцию и отвод тепла, которое на них выделяется. Все детали, работающие под прямым пучком, изготовлены из алюминия для минимизации тормозного излучения.

Электронная схема измерителя обеспечивает прием, обработку и представление оператору информации о величине максимальной энергии электронов в пучке и их спектральному составу. Вся схема реализо-

вана в виде отдельного блока БИЭ. Он состоит из электронной схемы измерения, отображения и сигнализации (рис. 2).

Базовыми элементами блока являются каналные усилители – преобразователи тока, подключенные к каждой пластине поглотителя. Во входном каскаде каждого каналного усилителя применен полевой транзистор. Он обеспечивает предварительное усиление входного тока в 20...100 нА до величины, достаточной для работы после-

дующих каскадов измерителя и защищен от статического электричества или перегрузок по входу.

Последующие каскады обеспечивают яркость свечения выходного индикатора на светодиоде пропорциональную входному току каналного усилителя. Поэтому по яркости свечения светодиодов можно определить величину тока с каждой из пластин-поглотителей. Зная после какой пластины ток сильно уменьшается, можно установить максимальную энергию электронов пучка, а по токам с других пластин оценить их спектральный состав.

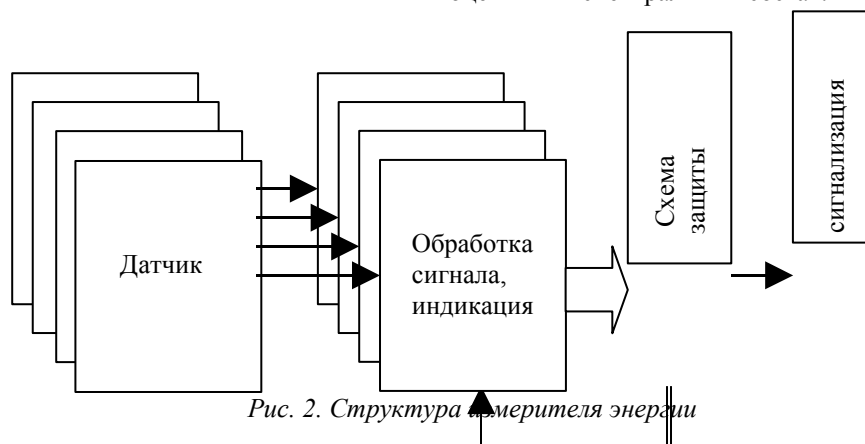


Рис. 2. Структура измерителя энергии

Постоянная времени измерителя примерно 2 с.

В схеме предусмотрена подача звукового и светового сигнала перегрузка при превышении потенциала в одном или нескольких каналах значения 0,6 В, например, вследствие большого измеряемого тока или по какой-либо другой причине. Сигнал свидетельствует о том, что необходимо уменьшить ток пучка, попадающего на измеритель. В противном случае это может привести к свечению светодиодов от токов вторичных электронов и к неверному определению энергии.

БИЭ представляет собой законченную конструкцию в виде отдельного блока в стандарте ВИШНЯ. Он обеспечивает отображение информации о величине тока с пластин поглотителей через информационное табло на светодиодных индикаторах. На его передней панели расположены тумблер включения питания, световой индикатор включения питания, световой индикатор перегрузка и индикаторы энергии.

Конструкция блока обеспечивает безопасную эксплуатацию и обслуживание блока, позволяет оперативно изымать и возвращать его в корзину без опасности повреждения входных транзис-

тов блока в нерабочем состоянии или вследствие накопленных зарядов на сигнальных магистралях.

Испытания и опытная эксплуатация ИЭ проводилась в реальных технологических процессах обработки пищевой продукции. Измерения калибровались двумя типами стационарных независимых измерителей энергии с подобным принципом работы, но с химическими чувствительными элементами. Было показано, что разработанное устройство может обеспечить получение информации об энергии электронов с погрешностью до 10%.

В настоящее время ИЭ включен в состав технических средств установки для целей оперативного управления ее режимом и для работы системы технологической дозиметрии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. И.Н. Вишнеvский, А.Г. Зелинский, В.И. Сахно, С.П. Томчай, А.В. Сахно. Радиационная установка с ускорителем электронов ИЯИ НАН Украины // *Атомная энергия*. 2003, т. 94, в. 2, с. 163–166.
2. Е.А. Абрамян. *Промышленные ускорители электронов*. М: «Энергоатомиздат», 1986, .248 с.

#### РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ ПРИСКОРЕНИХ ЕЛЕКТРОНІВ

*А. Г. Зелінський*

Описано засіб для оперативного вимірювання енергії електронів, розроблений у секторі радіаційних технологій для експериментальної установки ІЯД НАН України.

#### THE ELABORATION OF TECHNICAL MEANS OF ACCELERATED ELECTRONS' ENERGY MEASUREMENT

*A. Zelinskyy*

Here the device for the operative measurement of electrons' energy is described which is worked out in the radiation technologies sector for the experimental installation of The Institute for Nuclear Research of the National Academy of Sciences of Ukraine (INR of NASU).