

## Малогабаритные источники рентгеновского излучения серии РИ

Потрахов Н.Н., Грязнов А.Ю.  
ЗАО «ЭЛТЕХ-Мед» (Технопарк СПбГЭТУ)

Одной из важных областей применения рентгеновского излучения является качественный и количественный спектральный анализ. В отличие от химического анализа, он дает возможность надежно и быстро определить элементы, близкие по химическим свойствам. Рентгеноспектральный анализ может быть выполнен без уничтожения исследуемого образца, при этом для проведения анализа достаточно следовых количеств вещества.

В настоящее время разработаны малогабаритные рентгеновские анализаторы, которые позволяют осуществить элементный анализ в небольших объемах непосредственно на рабочем месте инженера-технолога [1,2].

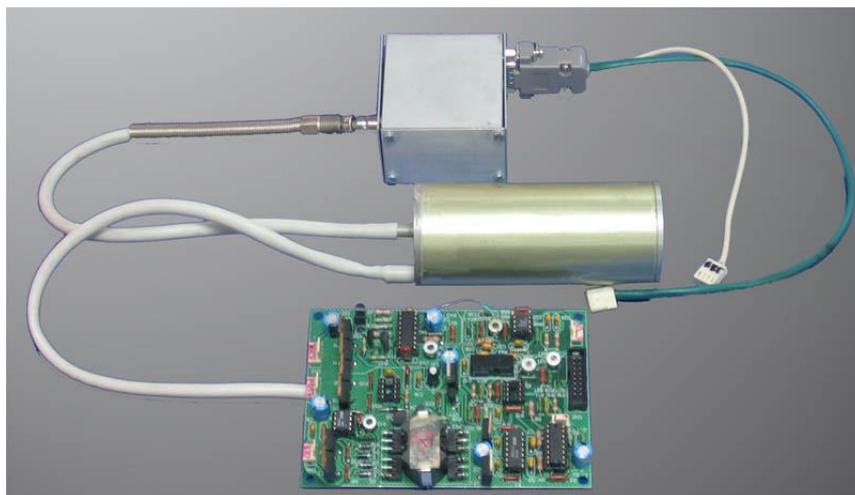
Одним из основных узлов современного портативного рентгенофлуоресцентного анализатора (РФА), помимо детектора рентгеновского излучения, является источник рентгеновского излучения (РИ). Характеристики такого источника во многом определяют параметры всего анализатора в целом. Помимо обеспечения регулировки напряжения и тока рентгеновской трубки в заданном диапазоне величин с высокой точностью, РИ портативного РФА должен обладать малыми габаритами и весом, а также иметь высокий КПД, в том числе, с целью обеспечения необходимого ресурса аккумуляторного блока.

Как известно, все современные РИ строятся по кабельным или моноблочным схемам [3]. В кабельной схеме высокое напряжение необходимой величины подается к рентгеновской трубке от генераторного устройства по высоковольтному кабелю. Таким образом, источник кабельного типа содержит, по меньшей мере, три функционально отдельных высоковольтных узла. Каждый из этих узлов – генераторное устройство, кабель и излучатель с трубкой включает в себя специальные конструктивные элементы и разъемы, обеспечивающие высоковольтную изоляцию межблочных соединений друг с другом.

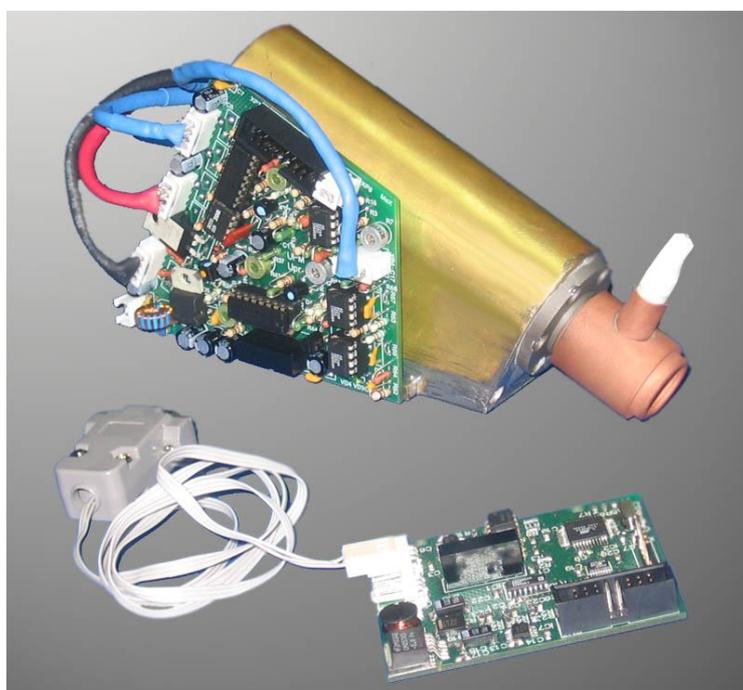
Указанный недостаток может быть устранен использованием моноблочного принципа построения источника. С этой целью высоковольтный узел генераторного устройства размещается внутри корпуса моноблока вместе с рентгеновской трубкой. При этом количество высоковольтной изоляции и обеспечивающих ее конструктивных элементов уменьшается втрое, а необходимость в высоковольтных разъемах исчезает принципиально. В целом конструкция источника упрощается и значительно снижаются его общие габариты и вес. Однако основной вклад в массогабаритные характеристики современного РИ независимо от того, какая схема построения источника используется, вносит высоковольтная изоляция и конструктивно-технологические решения по ее обеспечению. В подавляющем большинстве современных РИ в качестве высоковольтной изоляции используется трансформаторное масло. Наряду с определенными преимуществами такого выбора «масляной» конструкции присущ существенный недостаток - необходимость компенсации увеличения объема маслянонаполненного корпуса источника, вследствие теплового расширения объема масла в процессе работы РИ. Возможным путем устранения этого недостатка является использование изолирующих материалов на основе эпоксидных компаундов. Поскольку мощность РИ, используемых в современных портативных РФА, составляет не более нескольких ватт, таким образом могут быть сконструированы компактные «твердотельные» излучатели или моноблоки [4]. При этом количество масла, в качестве дополнительной изолирующей и тепловыделяющей среды, в указанных конструкциях может быть уменьшено в десятки раз или исключено вообще. Соответственно, исчезает необходимость использования специальных маслорасширителей. Твердотельная изоляция также может непосредственно выполнять роль поддерживающих или фиксирующих конструктивных элементов генераторных устройств РИ.

В качестве примера на рисунках 1 и 2 представлены кабельный и моноблочный варианты конструкции источников рентгеновского излучения

РИ-30 и РИ-30.1 для портативных РФА. РИ предназначены для работы с рентгеновской трубкой серии БХ, анод трубки заземлен.



*Рис. 1. Кабельный РИ.*



*Рис. 2. Моноблочный РИ.*

Структурная схема источника содержит также генераторное устройство на основе емкостного четырехкаскадного умножителя, источник накального и сеточного напряжений, плату питания и управления. Для выбора и установки режимов работы рентгеновской трубки, а также их индикации используется специализированное микропроцессорное устройство. Элементы схемы и конструкции излучателя (кабельный вариант) или генераторного устройства (моноблочный вариант) залиты эпоксидным компаундом. Поэтому в кабельном

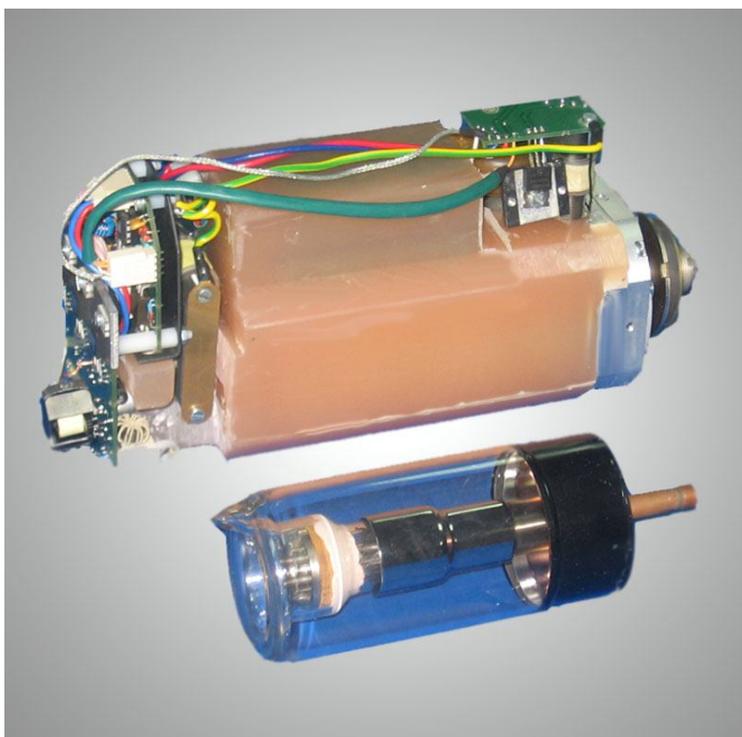
РИ трансформаторное масло не используется, а в моноблочном – его объем не превышает 50 мг.

Основные характеристики источников рентгеновского излучения РИ-30 и РИ-30.1 представлены в таблице.

Параметры	Кабельный РИ	Моноблочный РИ
Напряжение, кВ (с возможностью плавной регулировки)	5-30 ±1%	5-30 ±1%
Ток, мА (с возможностью плавной регулировки)	0 – 0,1	0 – 0,1
Потребляемая мощность, Вт ( в рабочем режиме / в режиме ожидания)	12 6	15 7
Габариты, мм: Излучателя Генераторного устройства	∅ 50x115 65x65x40*	70x160x90
Масса, кг	1,1	0,9

\* без платы питания и управления

На основе описанных конструкторских и технологических решений был разработан более высоковольтный источник рентгеновского излучения – РИ-70 (рис. 3). Источник предназначен для работы с рентгеновской трубкой БС-11 с мишенью прострельного типа и ее модификациями с массивной мишенью. РИ-70 может быть использован при разработке малогабаритных рентгеновских аппаратов для промышленного просвечивания, медицинской диагностики и научных исследований.



*Рис. 3. Моноблочный источник излучения РИ-70 и трубка БС-11.*



*Рис. 4. Портативный аппарат семейства «ПАРДУС».*

В качестве примера на рисунке 4 представлен первый отечественный портативный аппарат семейства «ПАРДУС». При номинальном режиме работы: напряжение – 70 кВ, ток – 0,1 мА, время экспозиции – 1 с, ресурс аккумуляторного блока питания аппарата составляет не менее 60 снимков.

## Литература.

1. *Лукьянченко Е. М.* Рентгеновский энергодисперсионный анализатор БРА-17-02. Отличительные особенности и области применения // Матер. IV Всеросс. конф. по рентгеноспектральному анализу, 25-28 июня 2002 г. Иркутск, 2002. С. 31–32.
2. *Schreiner M. R.* X-rays in Art and Archaeology – History, Present State and Perspectives, 52<sup>nd</sup> Annual Denver X-ray Conference, 4-8 August 2003, P.147.
3. Рентгентехника: Справочник. В 2-х кн. Под ред. Клюева В.В. М. Машиностроение, 1980.
4. *Потрахов Н.Н., Мухин В.М.* Моноблок источника рентгеновского излучения. Патент РФ на изобретение № 2278440 от 20.04.2005.