

P13-2005-126

И. А. Жуков, К. А. Левтеров, В. М. Луценко,  
В. В. Мялковский, Л. Науманн\*, В. Д. Пешехонов

ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГРУЗОЧНЫХ  
СПОСОБНОСТЕЙ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ  
ДРЕЙФОВЫХ ТРУБОК (СТРОУ)

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

---

\* Institut f. Kern- und Hadronenphysik FZ Rossendorf, Dresden

Жуков И. А. и др.

P13-2005-126

Исследования загрузочных способностей тонкопленочных дрейфовых трубок (строу)

Проведено с помощью рентгеновской трубки исследование загрузочных способностей строу для газовых смесей на основе Ar и Xe. Показано, что величину интенсивности однозарядных релятивистских частиц около  $10^6 \text{ с}^{-1} \cdot \text{мм}^{-1}$  следует принимать как предельное значение загрузочной способности строу диаметром 4–6 мм. Показано изменение энергетического разрешения строу в зависимости от интенсивности  $\gamma$ -квантов.

Работа выполнена в Лаборатории физики частиц ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2005

Zhukov I. A. et al.

P13-2005-126

Study of Rate Capability of the Thin-Film Drift Tubes (Straws)

Study of rate capability of the straw for gas mixes on the basis of Ar and Xe is executed with the  $X$ -ray tube. It is shown that the intensity of the relativistic particles near  $10^6 \text{ s}^{-1} \cdot \text{мм}^{-1}$  should be accepted as limiting value of the rate capability for the straw 4–6 mm in diameter. The investigation of the straw energy resolution in the dependence of  $X$ -ray intensity is done.

The investigation has been performed at the Laboratory of Particle Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2005

## ВВЕДЕНИЕ

Тонкостенные дрейфовые трубки (строу) являются в настоящее время одной из развивающихся модификаций газонаполненных проволочных детекторов. Эти детекторы обладают лучшим пространственным разрешением, более высокой надежностью в сравнении с традиционными проволочными детекторами — пропорциональными и дрейфовыми камерами. Естественно ожидать и более высоких нагрузочных способностей строу-детекторов. Нами были проведены исследования нагрузочных способностей строу с газовыми смесями на основе Ag и Xe.

## 1. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения нагрузочных способностей проводились для строу диаметром 6 мм, аналогичных применявшимся ранее для строу-камер спектрометра COMPASS [1]. Строу облучалось рентгеновской трубкой (РТ) с Cu-анодом через ортогонально расположенный к анодной проволоке щелевой коллиматор или неколлимированным источником Fe-55. Коллиматор был установлен ортогонально аноду строу и в процессе всех измерений не перемещался. Профиль пучка рентгеновских квантов был измерен путем его сканирования вдоль анода щелью шириной 200 мкм с шагом 100 мкм. На рис. 1 приведен полученный профиль пучка. Профиль имеет плато шириной около 0,6 мм с максимальной интенсивностью на плато  $I_p$  (1/с на 1мм длины анодной проволоки), равной величине  $1,07 I_t$ , где  $I_t$  — полная интенсивность регистрации  $\gamma$ -квантов в секунду.

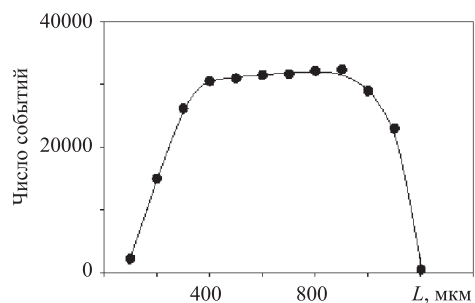


Рис. 1. Профиль коллимированного пучка  $\gamma$ -квантов от рентгеновской трубки

Строу продувались газовой смесью  $\text{ArCO}_2$  (70/30) или  $\text{XeCO}_2$  (70/30). Изменением анодного напряжения по величине амплитуды сигналов от  $\gamma$ -источника Fe-55 устанавливались требуемые значения газового усиления  $G$  строу.

Изменением тока и напряжения рентгеновской трубки от 10 до 16 кВ изменялась интенсивность поглощенного потока  $\gamma$ -квантов в диапазоне от  $3,8 \cdot 10^3$  до  $1,2 \cdot 10^5$  и от  $8 \cdot 10^3$  до  $5,3 \cdot 10^5$  1/с на 1 мм длины анодной проволоки для газовых смесей на основе Ar и Xe соответственно. При работе со смесью  $\text{XeCO}_2$  пучок  $\gamma$ -квантов проходил через поглотитель низкоэнергетичных  $\gamma$ -квантов, при этом количество поглощенных в строу  $\gamma$ -квантов с энергией 5,9 кэВ уменьшалось в 80 раз. Сигналы с линейного усилителя поступали в АЦП и далее регистрировались.

## 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Типичные спектры сигналов от источника Fe-55 представлены на рис. 2. Увеличение амплитуд сигналов для ксеноновой смеси (слева) определяется меньшим значением величины энергии, требуемой на образование электрон-ионной пары в Xe (21,5 эВ) по сравнению с аргоновой смесью (26,5 эВ для Ar) [2]. Сдвиг спектра от рентгеновской трубки (правые спектры) определяется

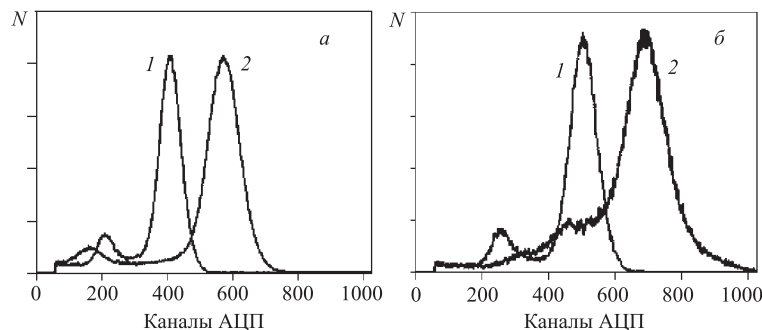


Рис. 2. *a* — спектры регистрируемых сигналов от  $\gamma$ -источника Fe-55: 1 — газовая смесь  $\text{ArCO}_2$  (70/30); 2 — газовая смесь  $\text{XeCO}_2$  (70/30). Газовое усиление в обоих случаях —  $10^4$ . Интенсивность  $\gamma$ -квантов  $\sim 1,5 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1} \cdot \text{мм}^{-1}$ . *б* — спектр от источника Fe-55 (1);  $G = 1,3 \cdot 10^4$ ; интенсивность  $\sim 6,6 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1} \cdot \text{мм}^{-1}$ ; спектр (2) от рентгеновской трубки при анодном напряжении 12 кВ;  $G = 1,3 \cdot 10^4$ ; интенсивность  $\sim 7,6 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1} \cdot \text{мм}^{-1}$ . Газовая смесь —  $\text{ArCO}_2$  в обоих случаях

значением наиболее вероятной энергии  $\gamma$ -квантов, которая при использовании поглотителя не менее 8 кэВ. Спектры получены при газовом усилении

$10^4$ , энергетическое разрешение для аргоновой смеси от Fe-55 составляет 19%, для ксеноновой от Fe-55 — 20,3% и для пика от РТ — 22,5%.

Рис. 3 показывает зависимость энергетического разрешения строу при газовом усилении  $G = 10^4$  для газовых смесей на основе Ag и Хе от интенсивности поглощенных  $\gamma$ -квантов. Видно сильное ухудшение энергетического

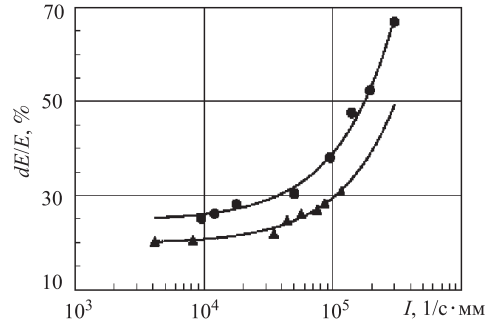


Рис. 3. Зависимость энергетического разрешения от интенсивности потока  $\gamma$ -квантов для газовой смеси на основе Ag ( $\blacktriangle$ ) и Хе ( $\bullet$ ). Газовое усиление —  $10^4$

разрешения при интенсивностях более  $10^5 \text{ c}^{-1} \cdot \text{мм}^{-1}$ . Зависимость энергетического разрешения от величины газового усиления представлена на рис. 4. Видно, что для интенсивностей больших чем  $3 \cdot 10^5 \text{ c}^{-1} \cdot \text{мм}^{-1}$  энергетическое разрешение более 60% при  $G > 10^4$ .

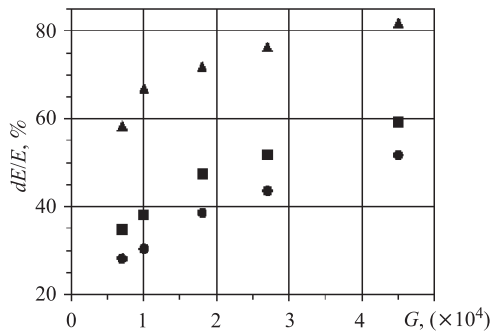


Рис. 4. Энергетическое разрешение строу в зависимости от величины газового усиления для различных величин загрузки:  $\blacktriangle$  —  $3,06 \cdot 10^5$ ;  $\blacksquare$  —  $9,42 \cdot 10^4$ ;  $\bullet$  —  $5,27 \cdot 10^4 \text{ c}^{-1} \cdot \text{мм}$

Изменение центра тяжести спектров регистрируемых со строу сигналов в зависимости от интенсивности поглощенных рентгеновских квантов показано на рис. 5. Для смеси  $\text{ArCO}_2$  падение амплитуды сигналов на 10% наблюдается при интенсивности  $\sim 1,3 \cdot 10^5 \text{ c}^{-1}$  на 1 мм длины анодной проволоки.

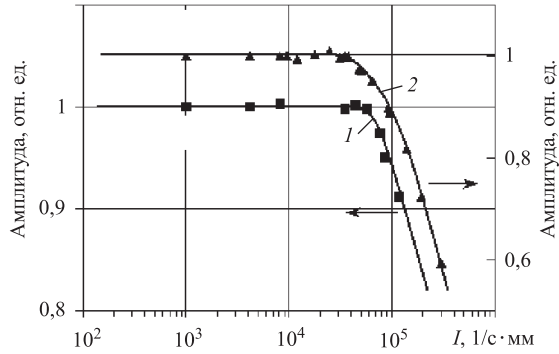


Рис. 5. Уменьшение амплитуды сигналов от величины поглощенного потока  $\gamma$ -квантов на 1 мм длины анодной проволоки в строу диаметром 6 мм. Газовая смесь —  $\text{ArCO}_2$  (кривая 1), газовая смесь —  $\text{XeCO}_2$  (кривая 2). Газовое усиление  $10^4$  для обеих зависимостей

Для газовой смеси  $\text{XeCO}_2$  падение на 10 % наблюдается при интенсивности  $\sim 9,2 \cdot 10^4 \text{ c}^{-1} \text{ мм}^{-1}$ , а при интенсивности  $\sim 3 \cdot 10^5 \text{ c}^{-1} \text{ мм}^{-1}$  амплитуда уменьшается на 40 %.

При пересечении однозарядными релятивистскими частицами центральной части строу, равной величине 0,7 от ее диаметра, величина выделенной энергии  $\sim 3,3 \text{ кэВ}$  и  $\sim 2,2 \text{ кэВ}$  — для ксенонового наполнения в строу диаметром 6 и 4 мм соответственно. Эти величины выделенной энергии в несколько раз меньше энергии, выделяемой рентгеновскими квантами. Уменьшение амплитуды сигналов соответствует изменению величины произведения интенсивности частиц и средней выделяемой ими в строу энергии. Тогда для строу диаметром 6 и 4 мм при регистрации однозарядных релятивистских частиц с газовым усилением  $10^4$  следует ожидать 10 %-е падение амплитуд при интенсивности частиц  $\sim 2,2 \cdot 10^5$  и  $\sim 3,3 \cdot 10^5 \text{ 1/c}$  на один мм длины анодной проволоки соответственно. Уменьшение амплитуд на 40 % должно наблюдаться при интенсивности частиц  $\sim 7,2 \cdot 10^5$  и  $\sim 1,1 \cdot 10^6 \text{ c}^{-1} \text{ мм}^{-1}$  для строу диаметром 6 и 4 мм соответственно.

Можно ожидать, что интенсивности, близкие к этим значениям, являются ограничительными для трековых строу-детекторов. В условиях высоких нагрузок строу будет ухудшаться и величина их пространственного разрешения в зависимости от чувствительности считывающей электроники. Для детекторов переходного излучения в качестве ограничительного фактора следует рассматривать величину их энергетического разрешения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные измерения грузочной способности строу диаметром 6 мм при газовом усилении  $10^4$  показали их способность регистрировать  $\gamma$ -кванты с энергией около 8 кэВ при интенсивности до  $5 \cdot 10^5$  1/с на 1 мм длины анодной проволоки, что соответствует по величине выделяемой в строу энергии интенсивности около  $10^6$  1/с · мм для релятивистских однозарядных частиц. При этом амплитуды сигналов ослабляются примерно в два раза, энергетическое разрешение ухудшается до 70–80 %, что требует применения высокочувствительной регистрирующей электроники для обеспечения хорошего пространственного разрешения. Ухудшение энергетического разрешения строу-детекторов переходного излучения в высокоинтенсивных пучках частиц будет уменьшать фактор режекции и тем самым являться ограничительным фактором по их грузочной способности.

Работа выполнена с поддержкой ИНТАС (грант № 03-54-5119).

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Bychkov V. N. et al.* Construction and Manufacture of Large Size Straw-Chambers of the COMPASS Spectrometer Tracking System // *Particles and Nuclei, Letters*. 2002. No. 2[111]. P. 64.
2. *Пешехонов В. Д.* // *ЭЧАЯ*. 1986. Т. 17, вып. 5. С. 1030–1078.

Получено 24 августа 2005 г.

Редактор *М. И. Зарубина*

Подписано в печать 07.10.2005.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 0,31. Уч.-изд. л. 0,36. Тираж 310 экз. Заказ № 55057.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований  
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: [publish@pds.jinr.ru](mailto:publish@pds.jinr.ru)

[www.jinr.ru/publish/](http://www.jinr.ru/publish/)