

АНАЛИЗ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТРЕКЕРА SPD НА БАЗЕ MICROMEGAS

Н. Ковязина, А. Гонгадзе, Д. Дедович, И. Ляшко

Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ), Дубна, Россия

1

ВВЕДЕНИЕ

Экспериментальная установка SPD (Spin Physics Detector) представляет собой классический 4π-детектор, который будет установлен во второй точке столкновения коллайдера NICA (Nuclotron-based Ion Collider fAcility).

Трековая система SPD состоит из основного трекера на базе строу трубок (Straw tracker) и кремниевого вершинного детектора (Vertex detector). В первой фазе эксперимента вершинный детектор будет отсутствовать, что приведёт к ухудшению импульсного разрешения и эффективности поиска треков. Для минимизации этого эффекта было предложено установить детектор на базе технологии Micromegas

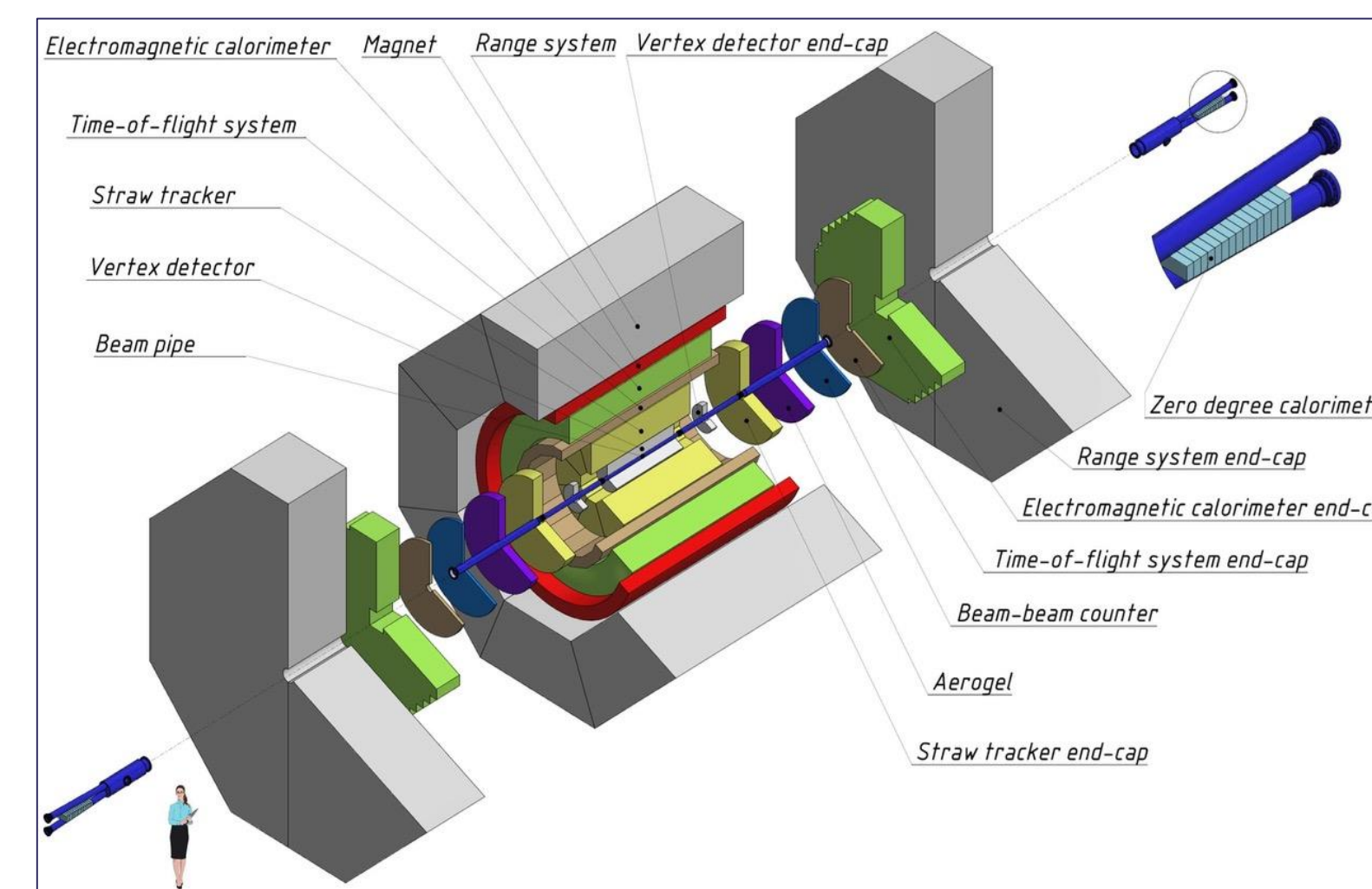


Рис. 1 Схема установки SPD

3

MICROMEGAS в SPD

В магнитном поле дрейф электронов происходит под углом к направлению электрического поля – так называемый угол Лоренца. Трек «эффективно наклонён» → ухудшение координатного разрешения

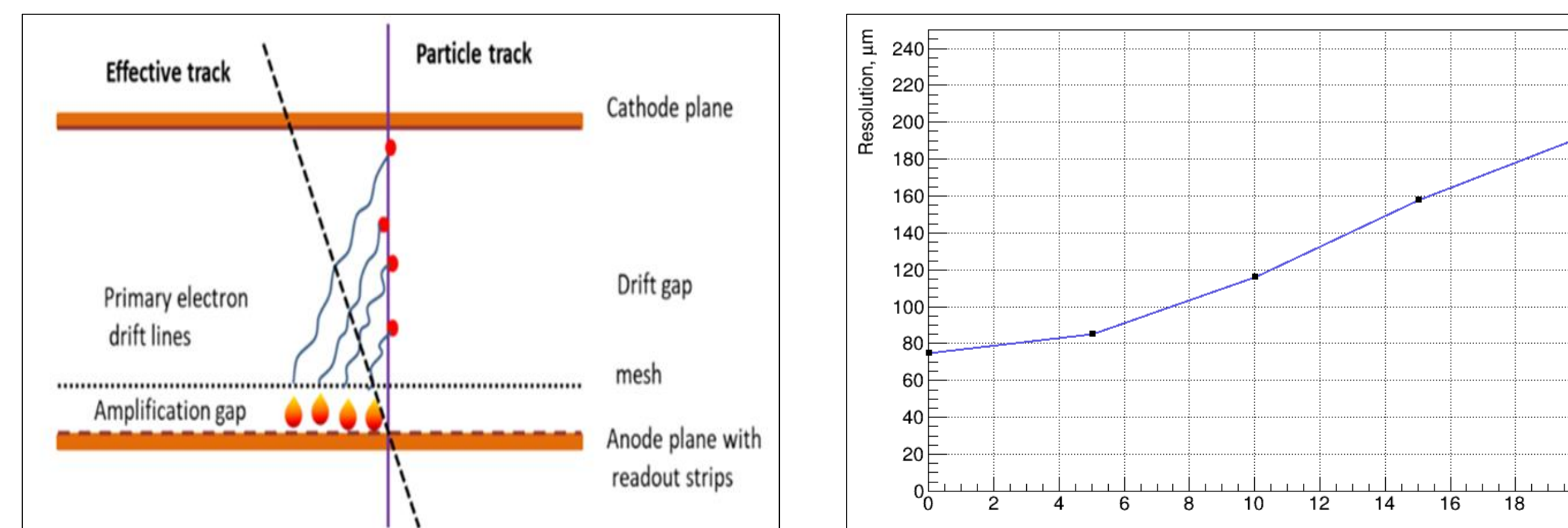


Рис. 3 Иллюстрация эффекта Лоренца: отклонение траектории дрейфа электронов в магнитном поле и координатное разрешение относительно угла наклона трека (Garfield++ моделирование).

Требования к детектору	Требования к газовой смеси
Бестриггерная система сбора данных => требуется высокий порог	Стабильная работа с высоким коэффициентом усиления, высокая первичная ионизация, минимальный угол Лоренца
Координатная точность 150 мкм	Угол Лоренца < 14°
Время дрейфа ≤ 100 нс	Скорость дрейфа электронов ≥ 3 см/мкс

4

ПАРАМЕТРЫ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

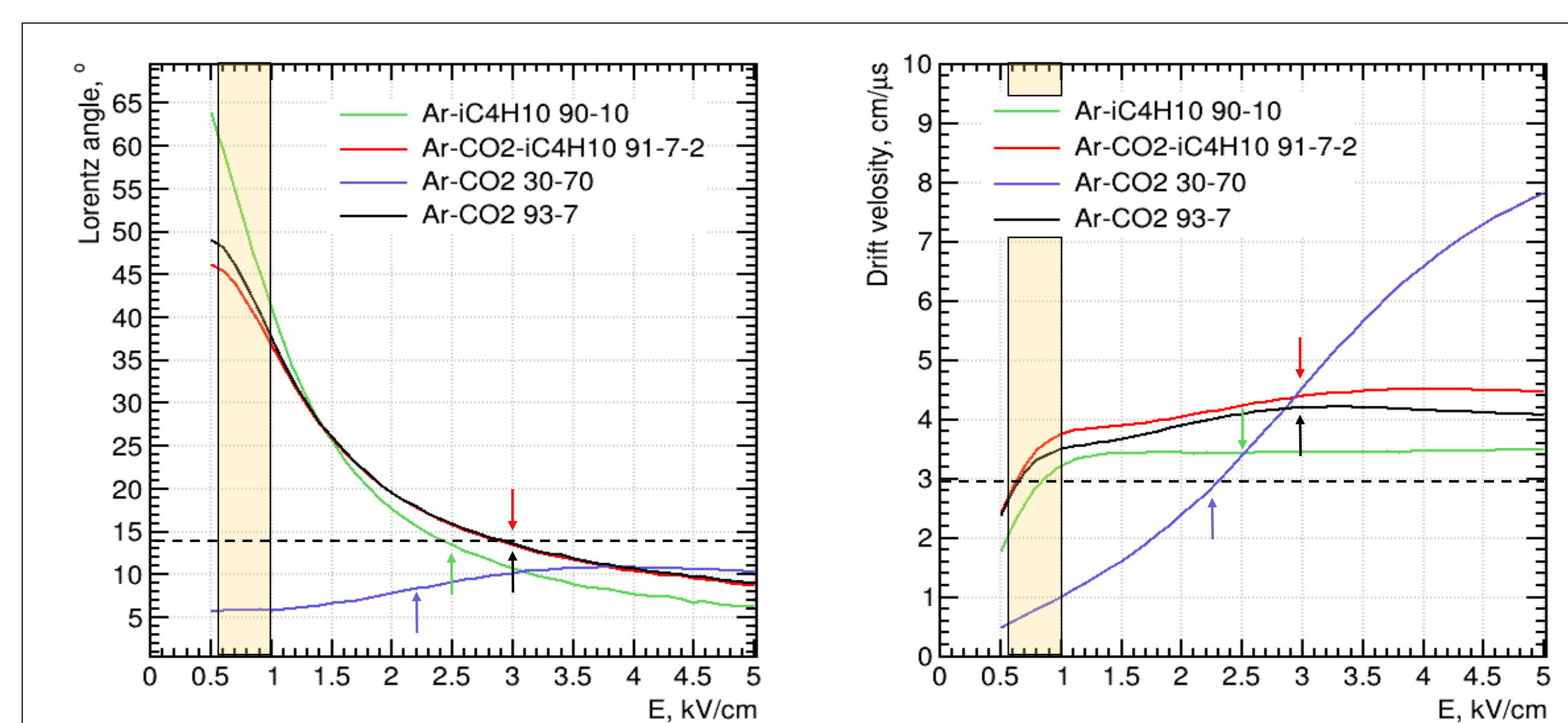


Рис. 4 Зависимость угла Лоренца (слева) и скорости дрейфа электронов (справа) от напряжённости электрического поля для четырёх исследуемых газовых смесей. Жёлтая область выделяет рекомендованный диапазон рабочих полей. Горизонтальные пунктирные линии соответствуют требованиям к газовым смесям: угол Лоренца < 14° и скорость дрейфа ≥ 3 см/мкс. Стрелками отмечены значения поля, при которых смеси достигают пороговых параметров.

5

РЕЗУЛЬТАТЫ

Параметры газового усиления и дрейфового поля получены на основе экспериментальных данных.

Газовая смесь	Max. усиление, $\times 10^4$	E_{drift} , кВ/см
Ar-CO ₂ (93-7)	1,5	3
Ar-CO ₂ (30-70)	1,6	2,2
Ar-CO ₂ -iC ₄ H ₁₀ (91-7-2)	3,5	3
Ar-iC ₄ H ₁₀ (90-10)	3	2,5

С помощью пакета Garfield++ проведено моделирование, основанное на реалистичной геометрии детектора и экспериментальных данных. В ходе моделирования усиление было нормировано до 1/2 от максимального значения, полученного в тестах. Параметры дрейфового поля также определены по результатам экспериментов.

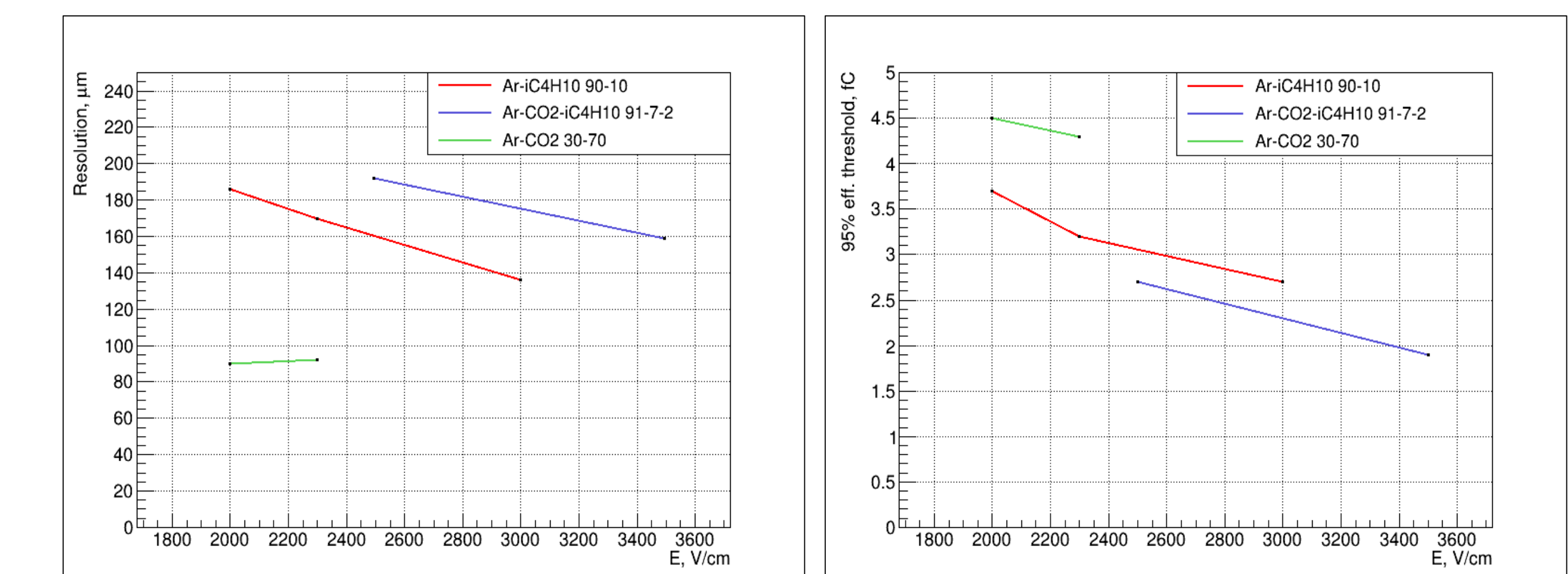


Рис. 5 Зависимость пространственного разрешения (слева) и порога заряда для 95% эффективности (справа) от напряженности электрического поля в дрейфовом зазоре. Дрейфовое поле соответствует рабочим точкам из тестов.

2

MICROMEGAS

Micromegas (Micro-Mesh Gaseous Structure) – плоский газовый детектор с двумя выделенными зазорами – ионизационным и усилительным.

Ключевые характеристики:

- Коэффициент газового усиления: $\sim 10^4$
- Прозрачность сетки: $\sim 99\%$ при оптимальном дрейфовом поле
- Разрешение: ~ 100 микрон

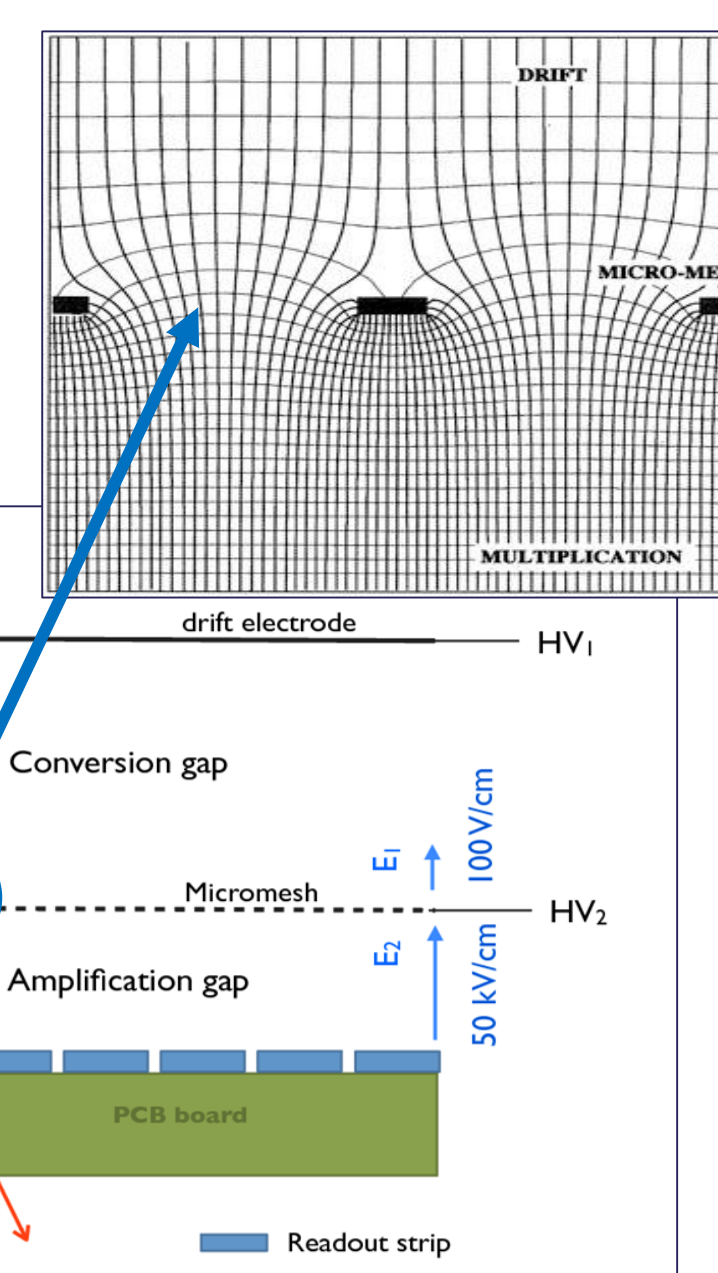


Рис. 2 Схема детектора Micromegas

Восстановление координаты (centroid метод):

$$x_c = \frac{\sum x_i q_i}{\sum q_i}$$

6

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований было отобрано 2 кандидата, обеспечивающих стабильную работу в условиях установки SPD:

- Ar-CO₂ (30–70) — новая газовая смесь. Согласно результатам моделирования, она обеспечивает наилучшие характеристики в магнитном поле.
- Ar-iC₄H₁₀ (90–10) — хорошо проверенное резервное решение, используемое в эксперименте CLAS12.

ИСТОЧНИКИ

1. Abazov V.M. et al. [SPD Collaboration] Conceptual design of the Spin Physics Detector. — 2021. — 1. — arXiv:2102.00442.
2. Acker A., others. The CLAS12 Micromegas Vertex Tracker // Nucl. Instrum. Meth. A. — 2020. — V. 957. — P. 163423.
3. Abbon P. et al. [COMPASS Collaboration] The COMPASS experiment at CERN // Nucl. Instrum. Meth. A. — 2007. — V. 577. — P. 455–518. — arXiv:hep-ex/0703049.
3. Giomataris Y., Rebourgeard P., Robert J., Charpak G. MICROMEGAS: a high-granularity position-sensitive gaseous detector for high particleflux environments // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. — 1996. — V. 376, no. 1. — P. 29–35.