

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

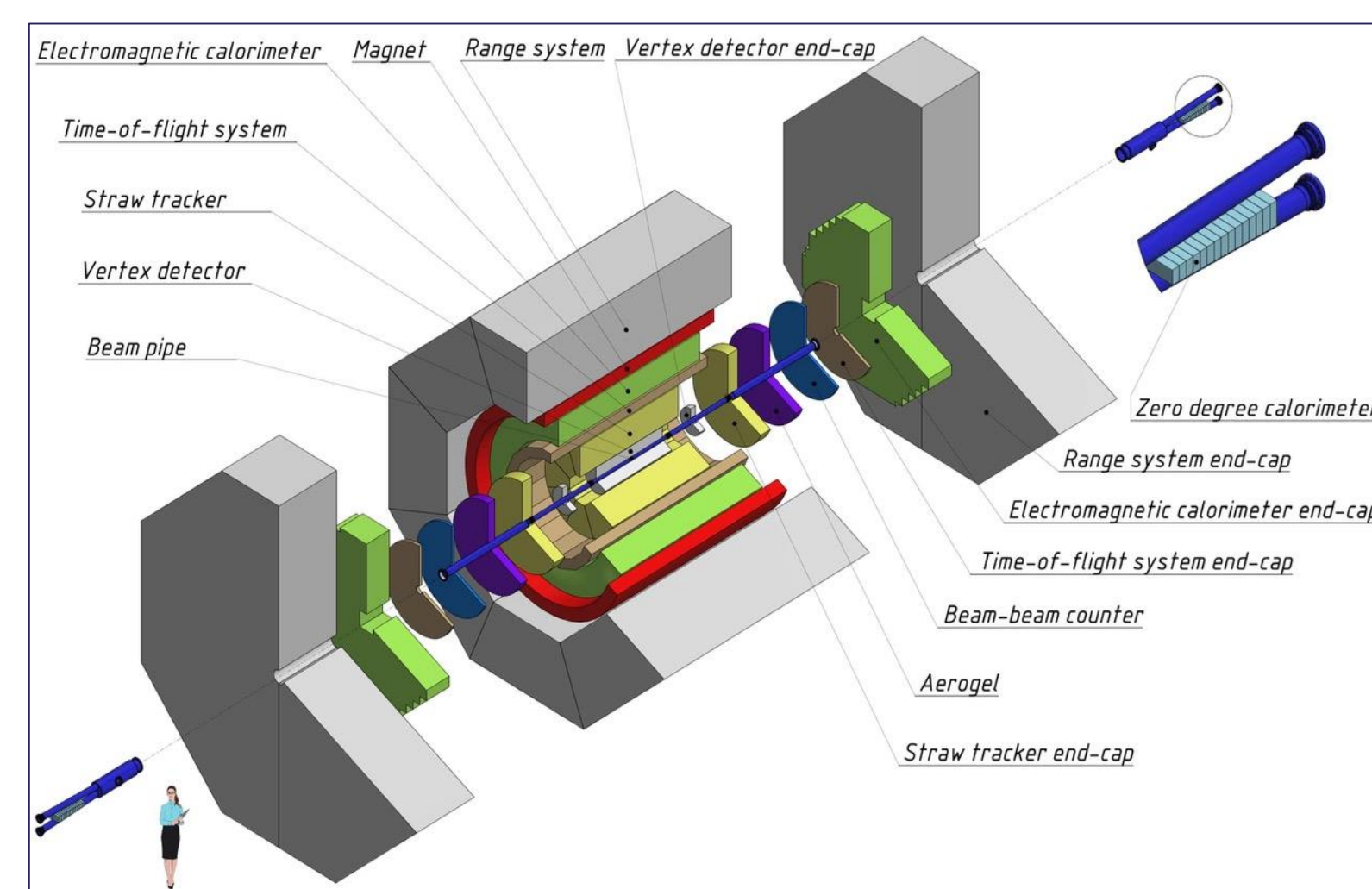


Рис. 1 Схема установки SPD

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

Восстановление координаты (centroid метод):

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

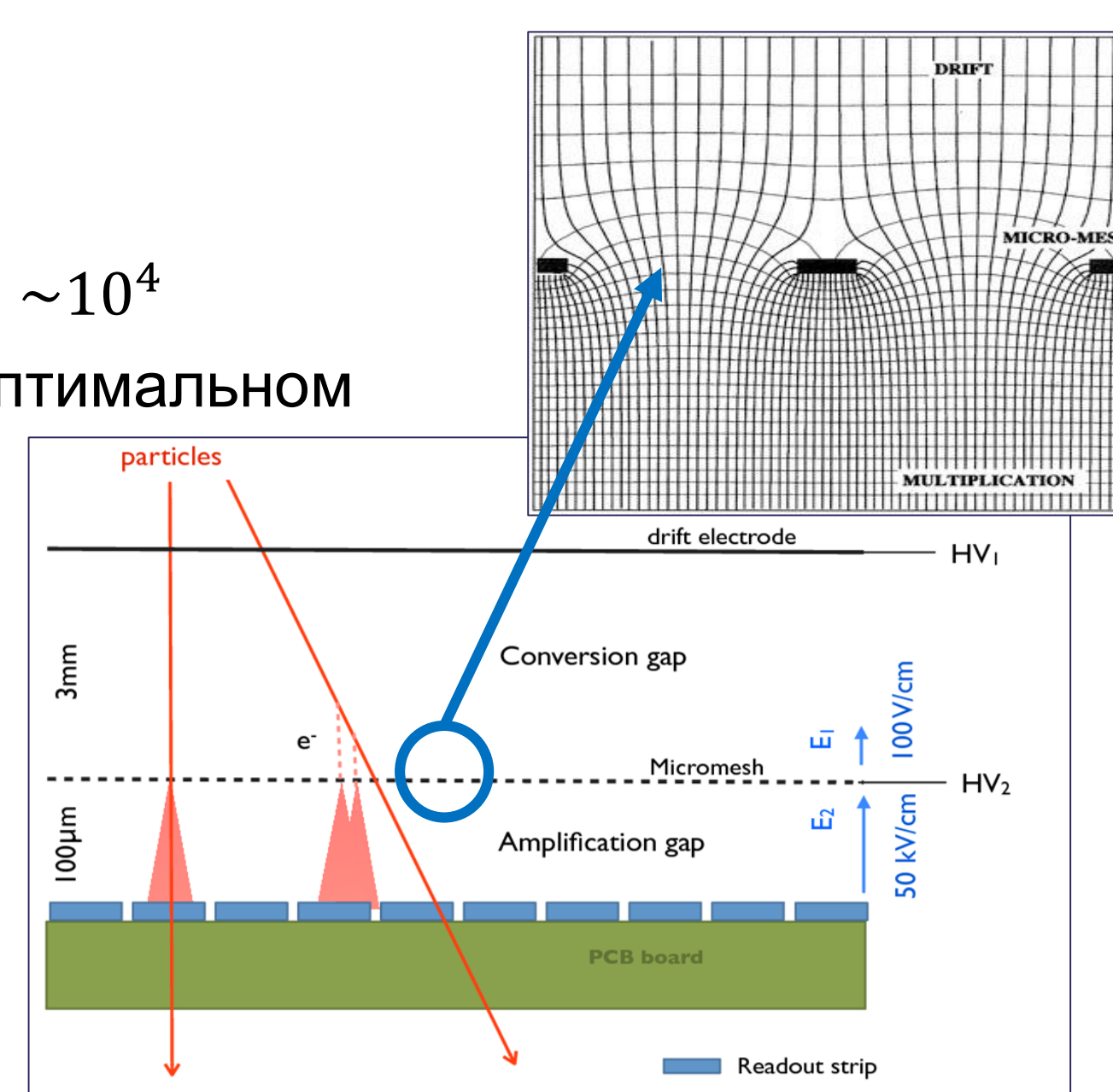


Рис. 2 Схема детектора Micromegas

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

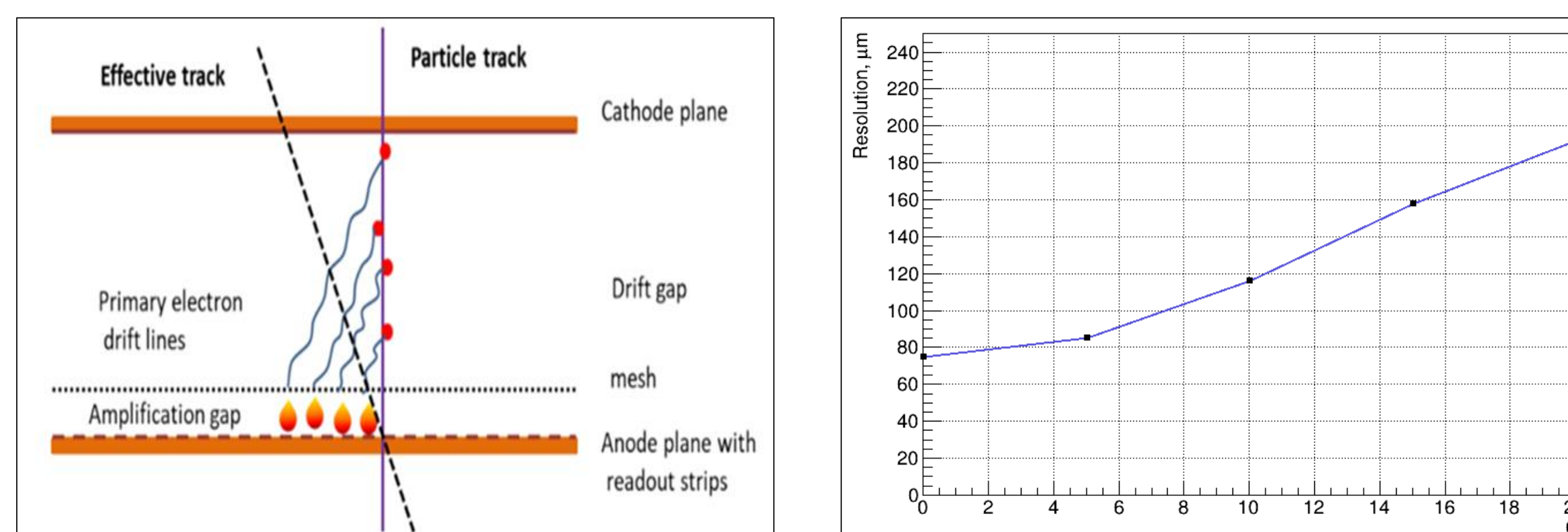


Рис. 3 Иллюстрация эффекта Лоренца: отклонение траектории дрейфа электронов в магнитном поле и координатное разрешение относительно угла наклона трека (Garfield++ моделирование).

| 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 $< 14^\circ$ |
| Время дрейфа ≤ 100 нс | Скорость дрейфа электронов ≥ 3 см/мкс |

4 ПАРАМЕТРЫ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

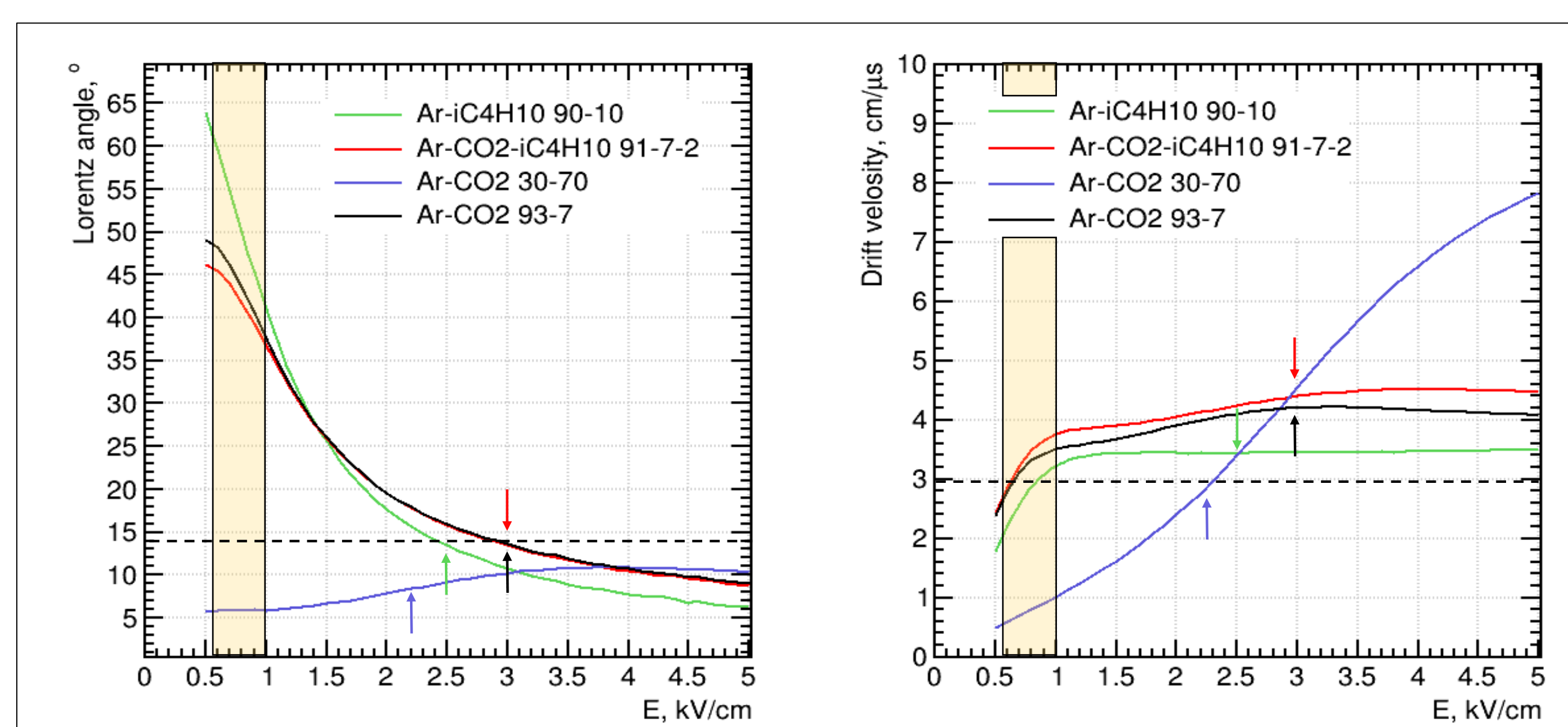


Рис. 4 Зависимость угла Лоренца (слева) и скорости дрейфа электронов (справа) от напряжённости электрического поля для четырёх исследуемых газовых смесей. Жёлтая область выделяет рекомендованный диапазон рабочих полей. Горизонтальные пунктирные линии соответствуют требованиям к газовым смесям: угол Лоренца $< 14^\circ$ 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.

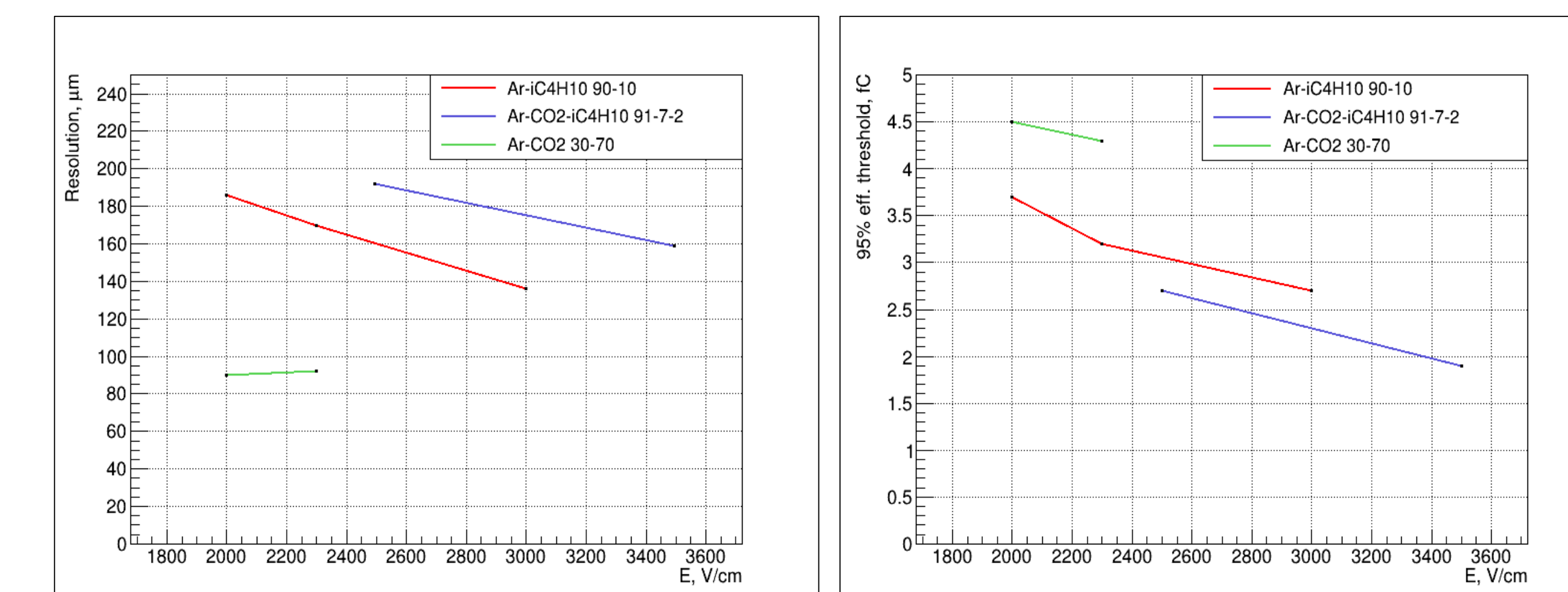


Рис. 5 Зависимость пространственного разрешения (слева) и порога заряда для 95% эффективности (справа) от напряжённости электрического поля в дрейфовом зазоре. Дрейфовое поле соответствует рабочим точкам из тестов.

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.