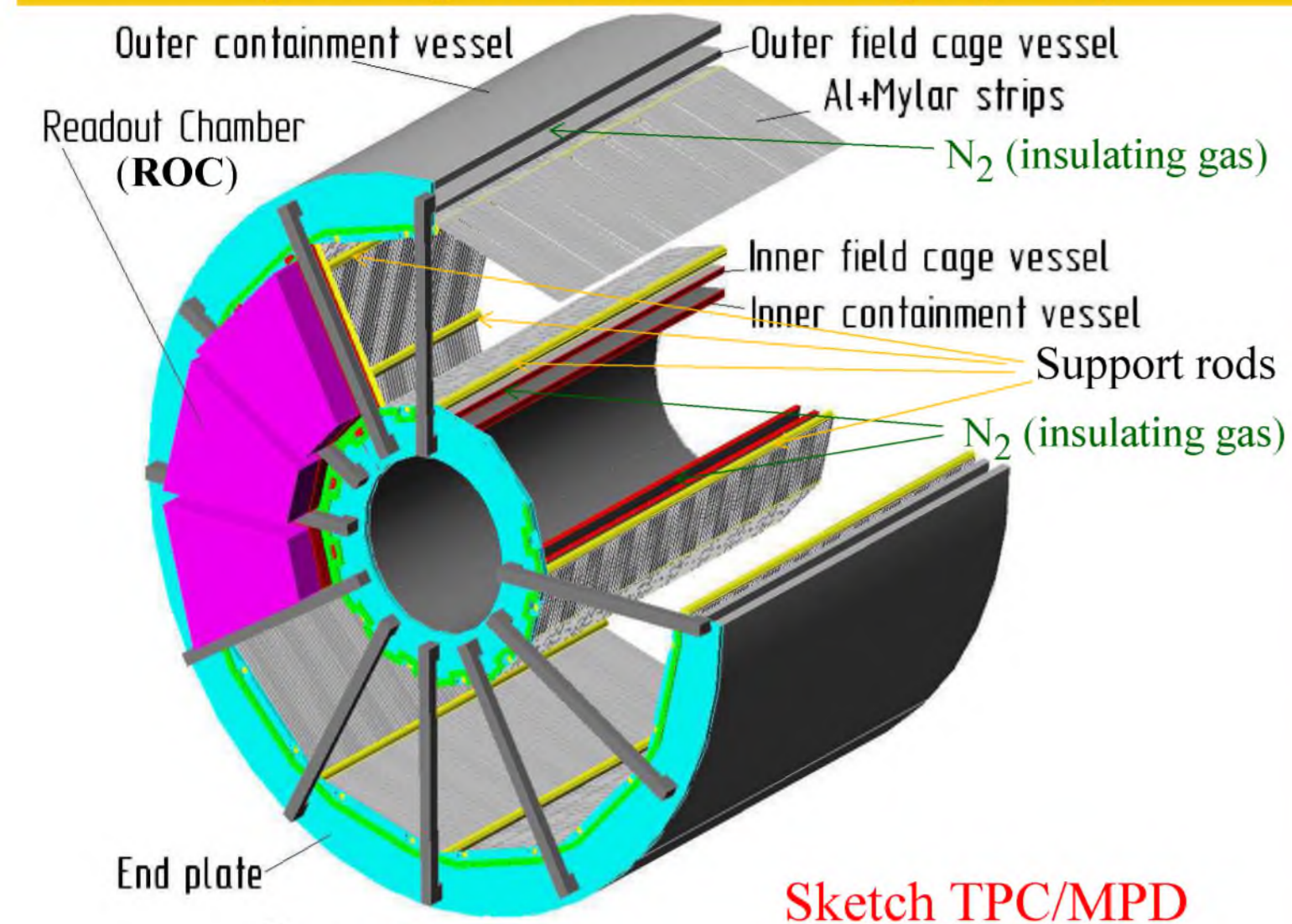


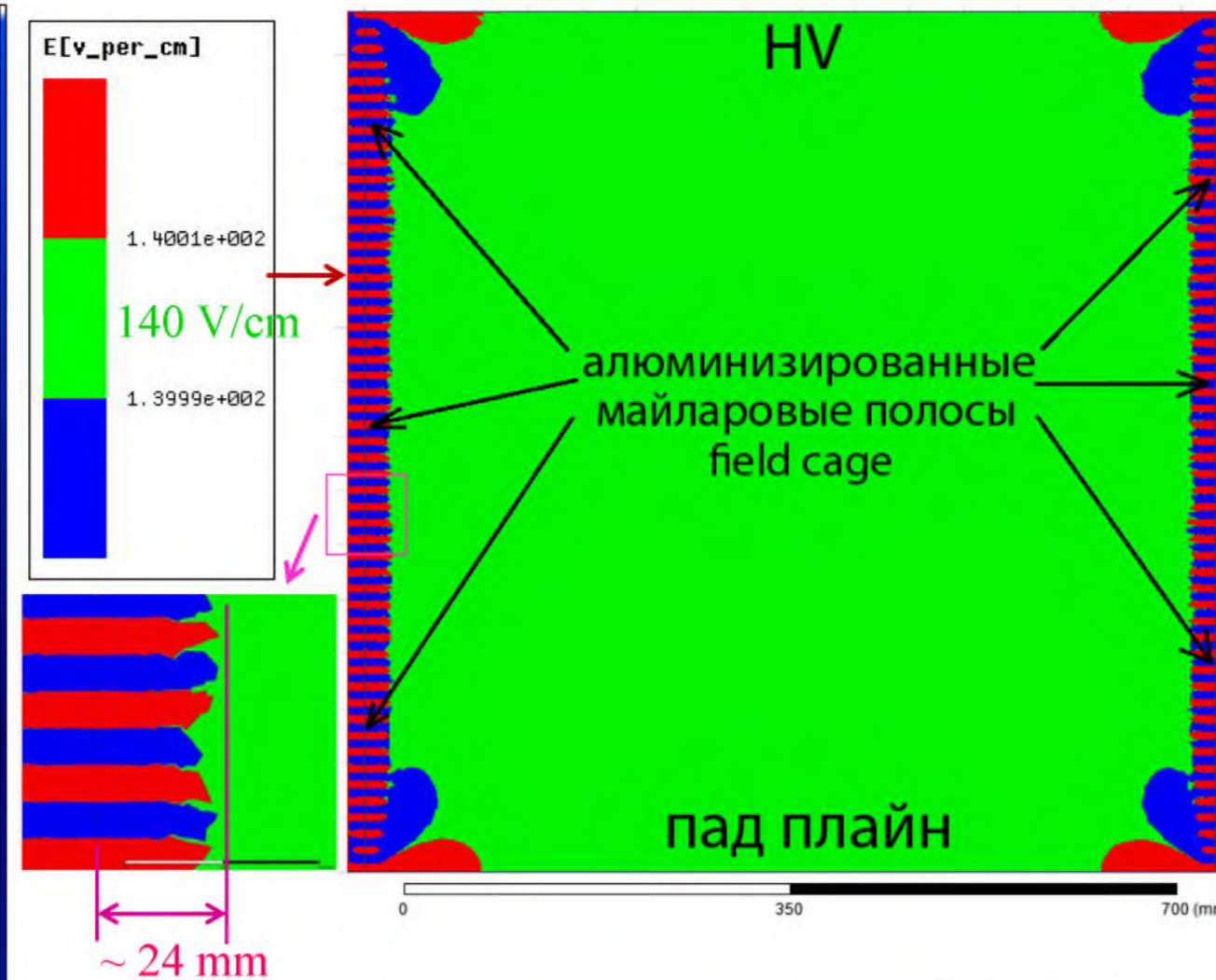
Результаты моделирования формы электрического поля в дрейфовом объёме Время-проекционной камеры (TPC) для Многоцелевого детектора (MPD) коллайдера NICA

А.Г. Бажагин - Лаборатория Физики Высоких Энергий Объединенного Института Ядерных Исследований

Время проекционная камера (TPC)



Sketch TPC/MPD



Зеленый цвет внутри камеры соответствует электрическому полю 140 V/cm с неоднородностью 0.01% (10^{-4}); неоднородность электрического поля больше чем 0.01%; синий цвет – электрическому полю ≤ 139.986 V/cm, красный цвет – электрическое поле ≥ 140.014 V/cm.

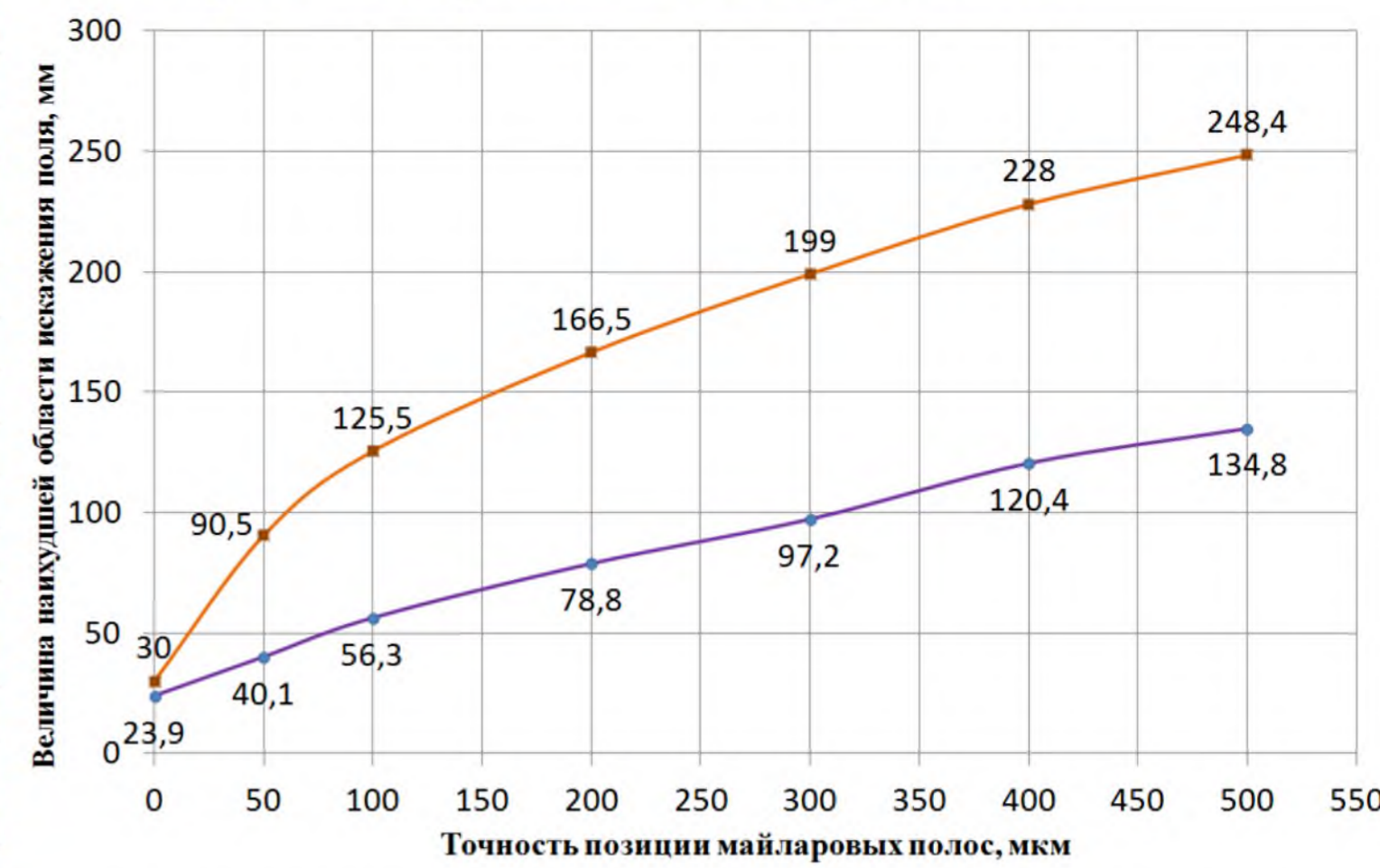
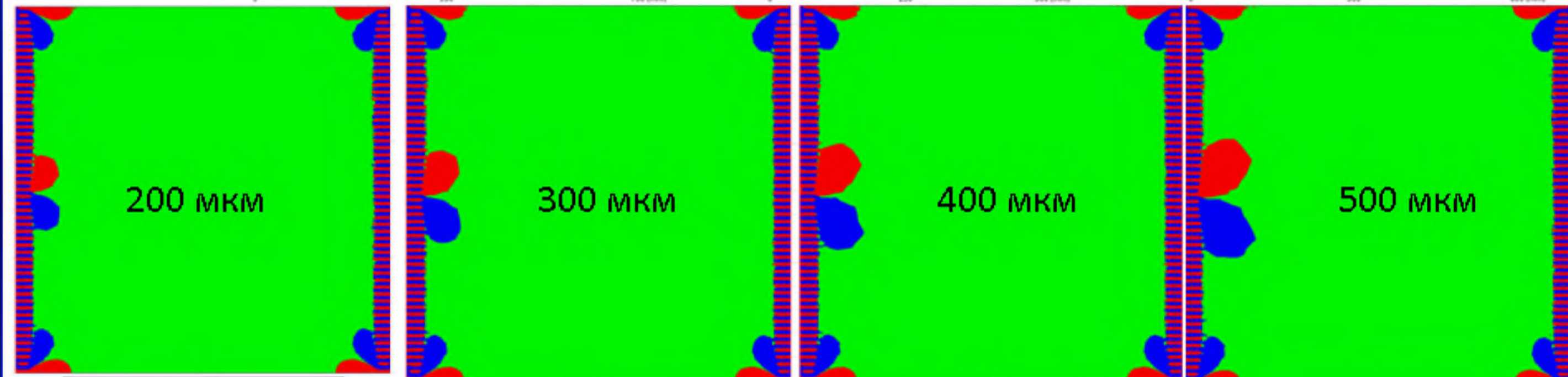
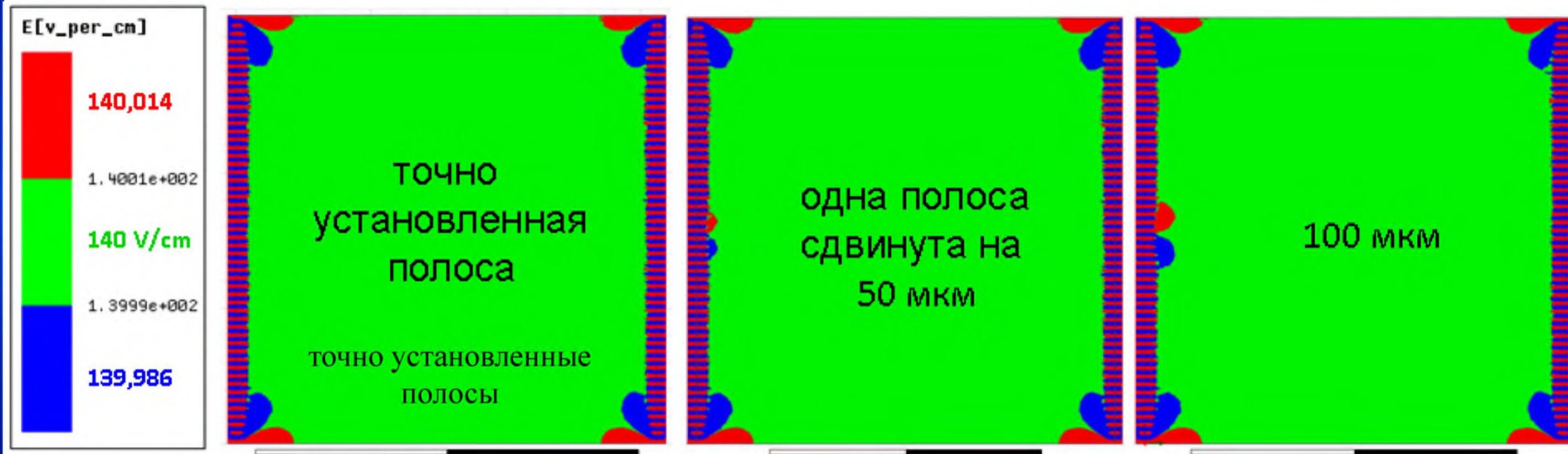


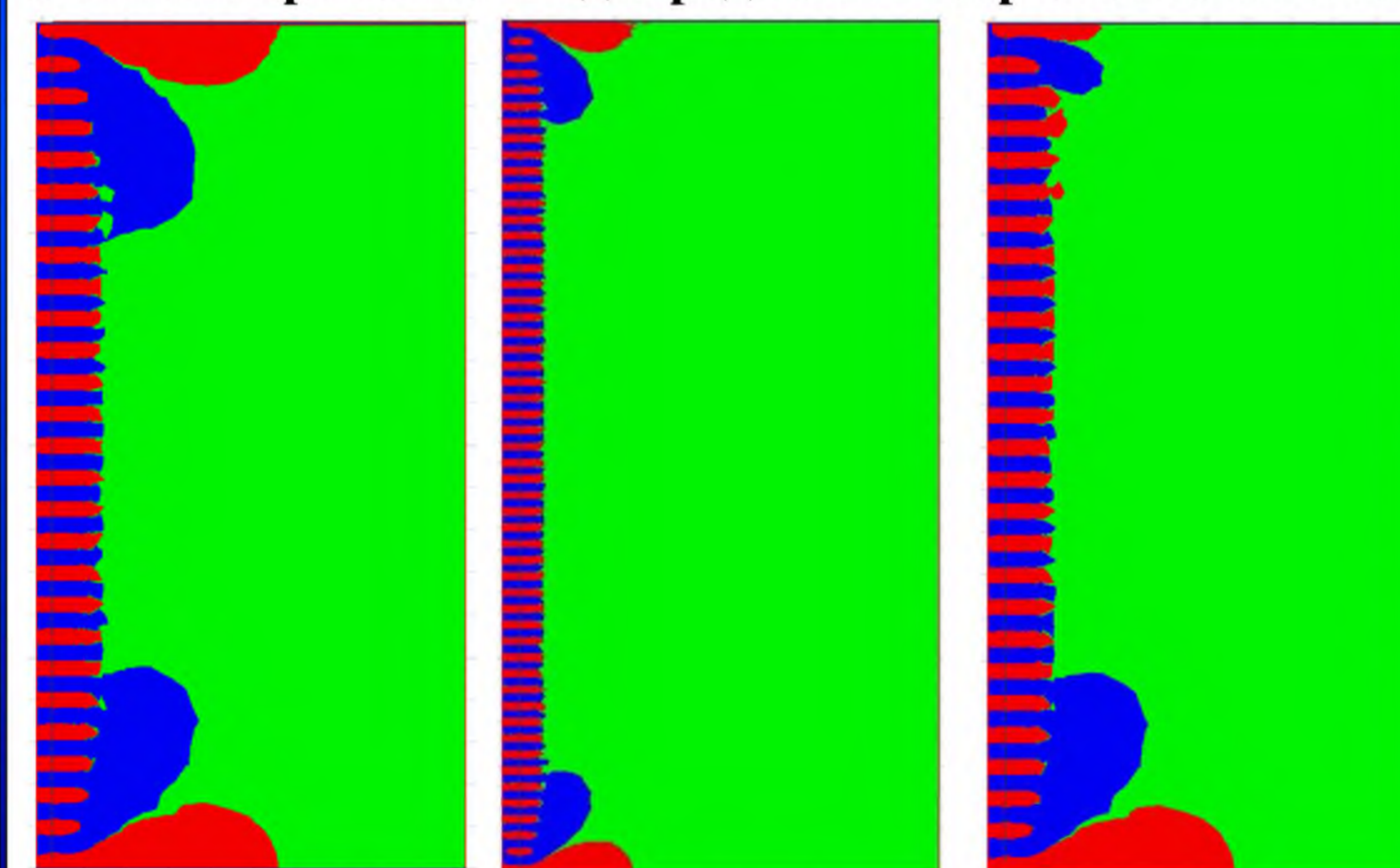
График численной зависимости максимальной величины неоднородности электрического поля в дрейфовом объёме детектора от соответствующей неточности установки полеформирующей полосы алюминизированного майлара field cage в центральной области дрейфовой камеры.



Приведена зависимость увеличения неоднородности электрического поля в дрейфовом объёме детектора от увеличения неточности установки полеформирующей полосы field cage в центральной области камеры

Рекомендации: Нужно точнее укладывать майларовые ленты, близкие к HV-электроду и pad plane, особенно самую ближнюю ленту к HV-электроду и pad plane, желательно там иметь точность укладки ~ 100 мкм.

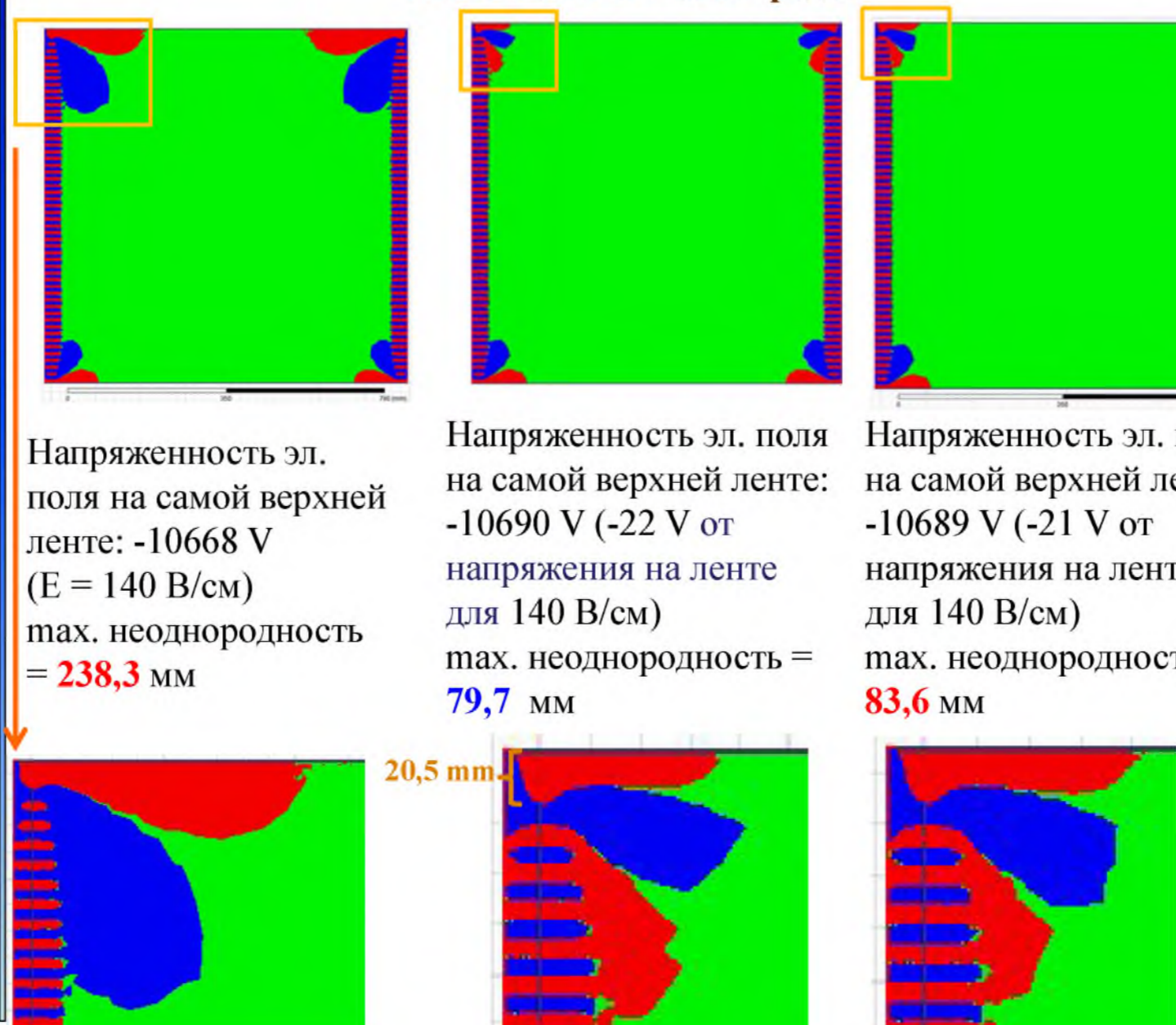
Расчет напряжения для ближней майларовой ленты шириной 13 мм к высоковольтному электроду для минимизирования неоднородности напряженности электрического поля (алюминизированных лент - 26 штук)



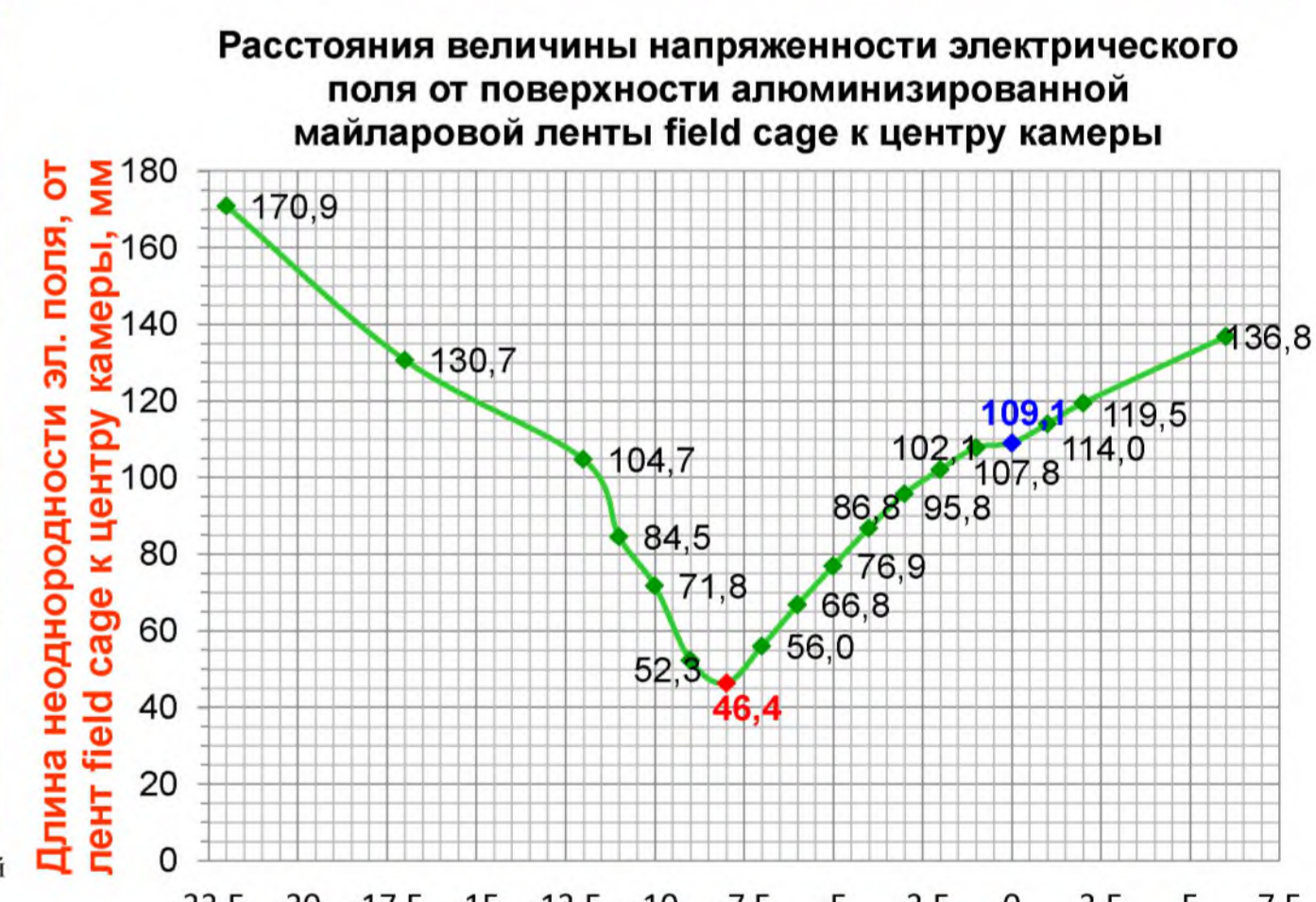
Напряженность эл. поля на самой верхней ленте: -5418 V (140 V/cm) max. неоднородность = 108,8 мм
 Напряженность эл. поля на самой верхней ленте: -5422 V (-4 V от напряжения на ленте для 140 V/cm) max. неоднородность = 86,5 мм
 Напряженность эл. поля на самой верхней ленте: -5426 V (-8 V от напряжения на ленте для 140 V/cm) max. неоднородность = 46,4 мм

1. Неоднородность электрического поля внутри камеры имеет большую область возле HV – электрода и падовой плоскости. Эту область можно существенно уменьшить увеличив потенциал на ближайшей ленте возле HV – электрода на -8 V (с 108,8 до 46,4 мм), все аналогично и возле падовой плоскости, только на ближайшей к падовой плоскости майларовой ленте нужно уменьшить напряжение на такое же значение: +8 V.

Расчет изменения напряжения для ближней майларовой ленты field cage к HV-электроду для минимизирования неоднородности напряженности электрического поля при убранной первой майларовой ленте возле HV-электрода



Напряженность эл. поля на самой верхней ленте: -10668 V (E = 140 V/cm) max. неоднородность = 238,3 мм
 Напряженность эл. поля на самой верхней ленте: -10690 V (-22 V от напряжения на ленте для 140 V/cm) max. неоднородность = 79,7 мм
 Напряженность эл. поля на самой верхней ленте: -10689 V (-21 V от напряжения на ленте для 140 V/cm) max. неоднородность = 83,6 мм



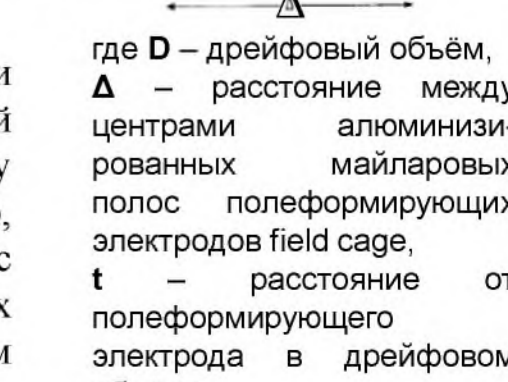
Разница напряжения на первой обкладке возле HV-электрода, от номинальной величины для напряженности эл. поля 140 В/см, В

2. Для камеры с убранной самой ближней майларовой лентой возле HV-электрода - неоднородность электрического поля возле этого HV-электрода становится, почти в два раза хуже чем неоднородность электрического поля в камере с этой неубранной лентой. Максимальное значение этой неоднородности, при убранной данной ленте, равно 238,3 мм. При увеличении напряжения на оставшейся ближней ленте возле HV - электрода на -22 V неоднородность поля становится минимально возможной и равной в максимальном значении 79,7 мм.

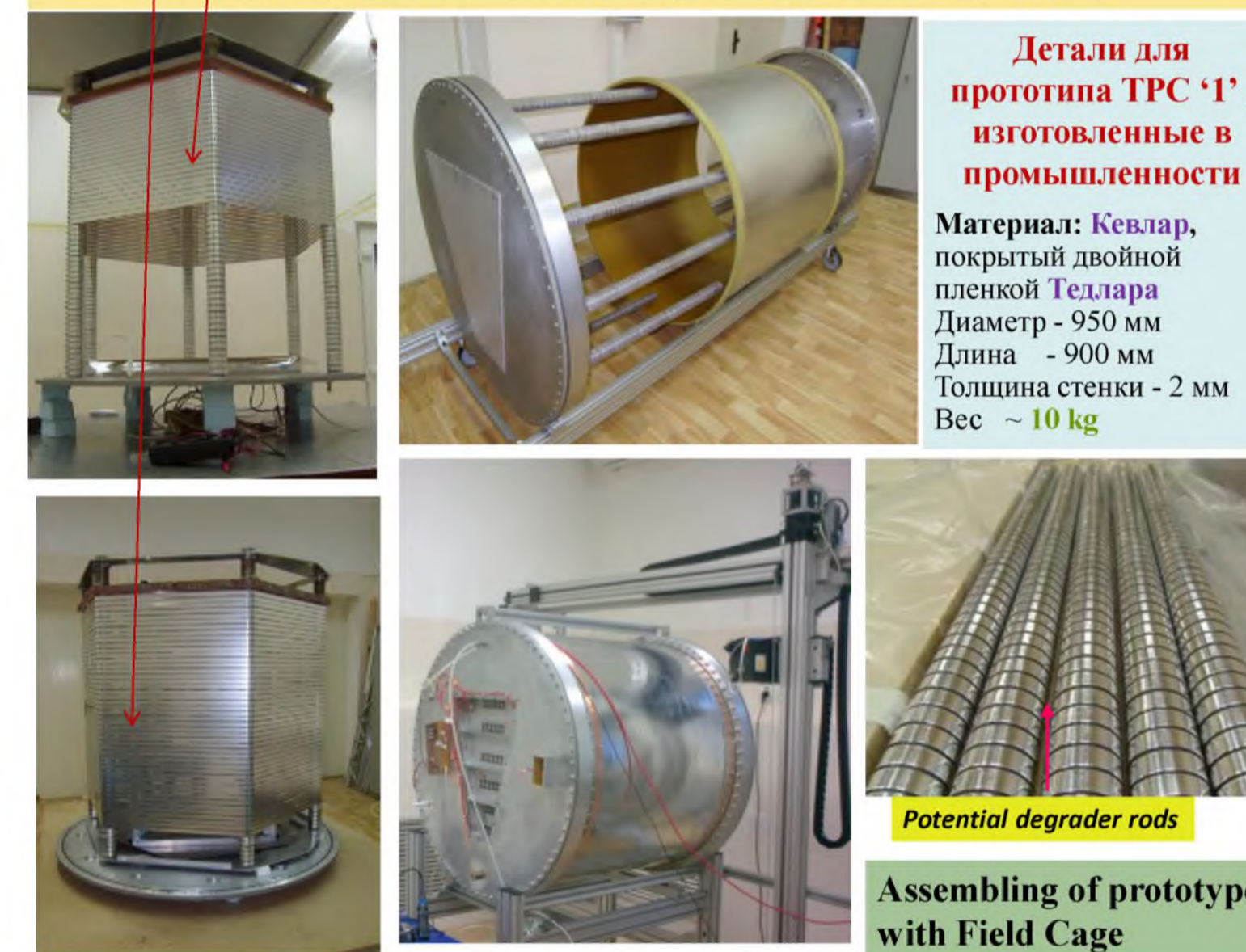
Рекомендации: Нужно обеспечить возможность изменения напряжения на майларовых лентах field cage с помощью резисторов в делителе напряжения для field cage не более чем на 1 V и нужно изменить напряжение на майларовых лентах, в зависимости от будущей конструкции field cage, согласно пунктам 1 и 2.

Из литературы: W. Blum et al. "Particle Detection with Drift Chambers" (2008):

Поперечная составляющая напряженности электрического поля по существу распадается как: $\text{Exp}(-2\pi t/\Delta)$ (1), и когда $t = \Delta$, отношение между поперечной и главной компонентами напряженности электрического поля является 10^{-3} . Используя формулу (1), находим значение неоднородности электрического поля в дрейфовом объеме камеры при постоянном шаге между полеформирующими лентами 2 мм, для неоднородности электрического поля 10^{-4} , т.е. уравнение приобретает вид: $\text{Exp}(-2\pi t/\Delta) = 10^{-4}$ (2), откуда получаем: $t = (\ln(10000) * \Delta) / (2\pi) \approx (9,21 * \Delta) / (2\pi)$ (3), и подставляя значения ширины нашей полеформирующей полосы и наш шаг между полосами field cage 2 мм ($\Delta = 15$ мм), получаем $t \approx 22$ мм, что согласуется с результатами нашего моделирования в пределах ошибки моделирования, равной нескольким миллиметрам.



Технологический прототип TPC/MPD



Расчет электрического поля внутри дрейфового объёма детектора

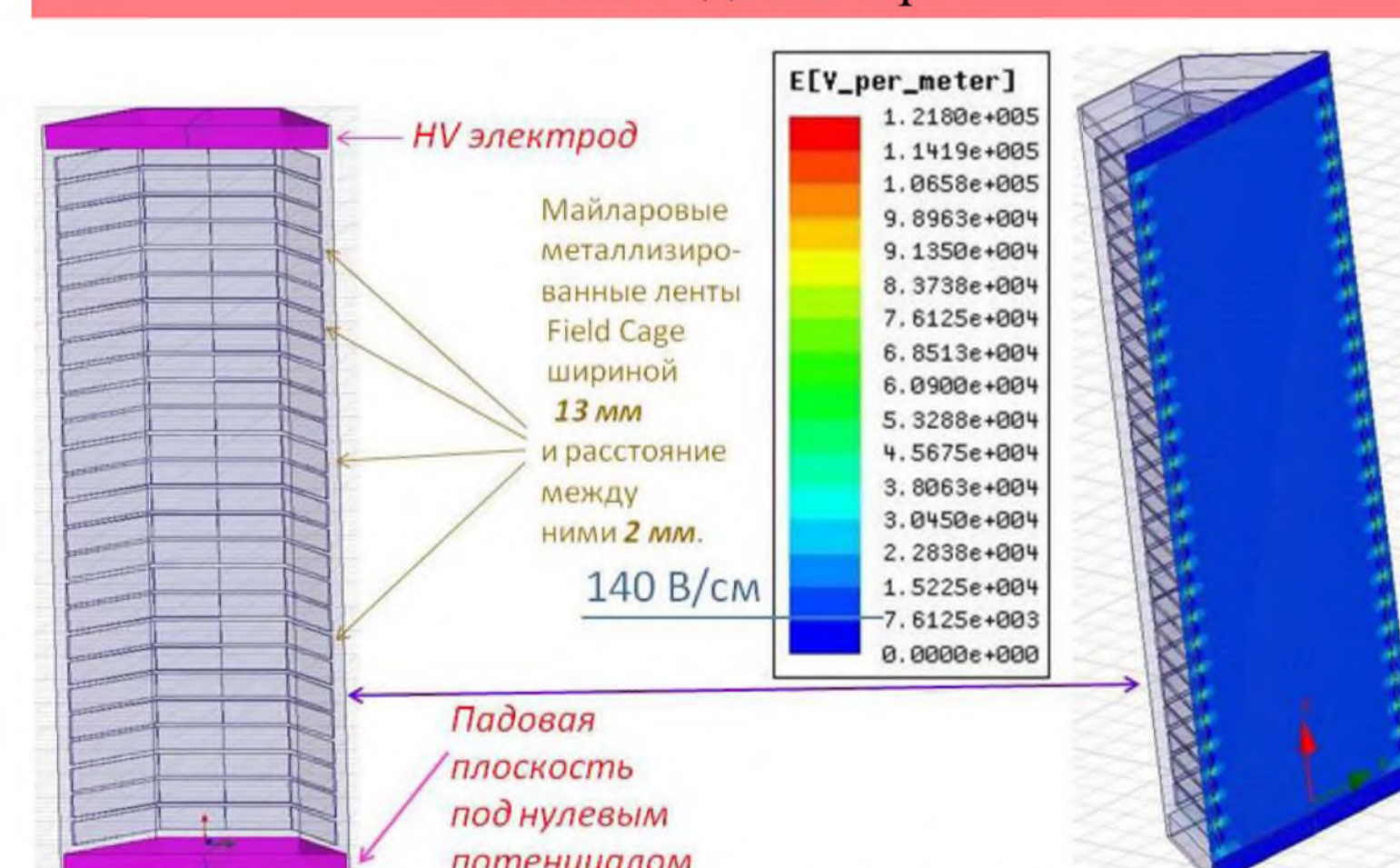


График распределения электрического поля внутри дрейфового объёма технологического прототипа, рассчитанные с использованием программного пакета ANSYS Maxwell

Жёлто-зелённый цвет внутри камеры соответствует электрическому полю 140 V/cm с однородностью 0.01% (10^{-4}).

