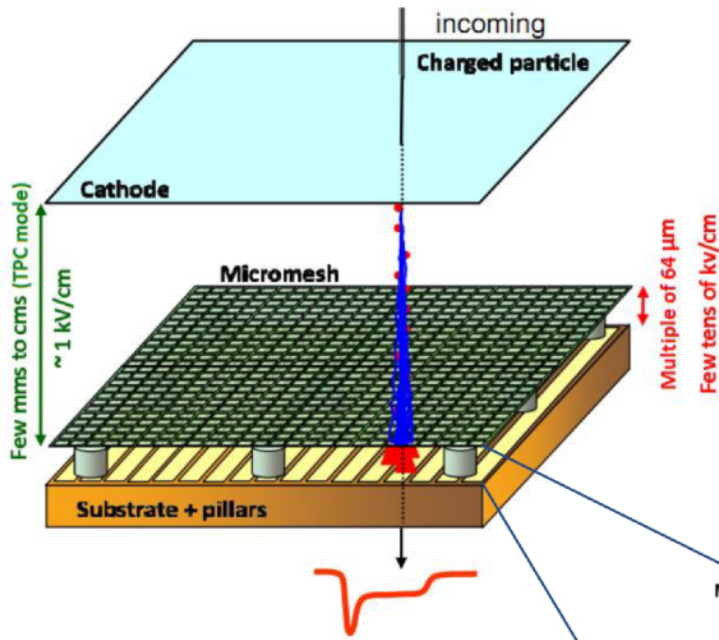
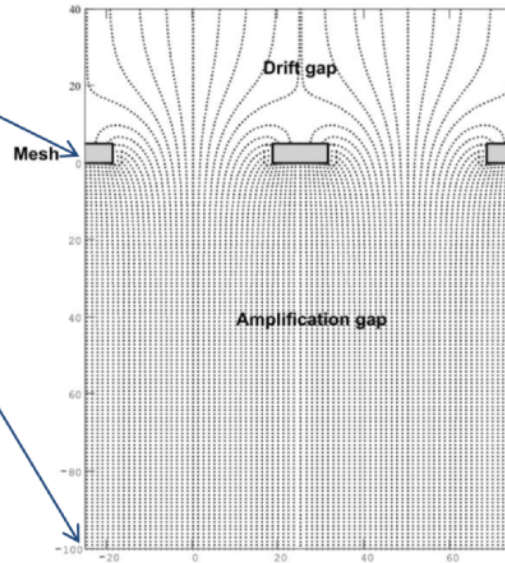


- **MicroMegas (MicroMeshGaseousStructure)** – двухзазорный плоский пропорциональный счетчик с выделенными ионизационным (2-5мм) и усилительным (~125 мкм) зазорами, разделенными мелкой сеткой (типично-18x40 мкм)

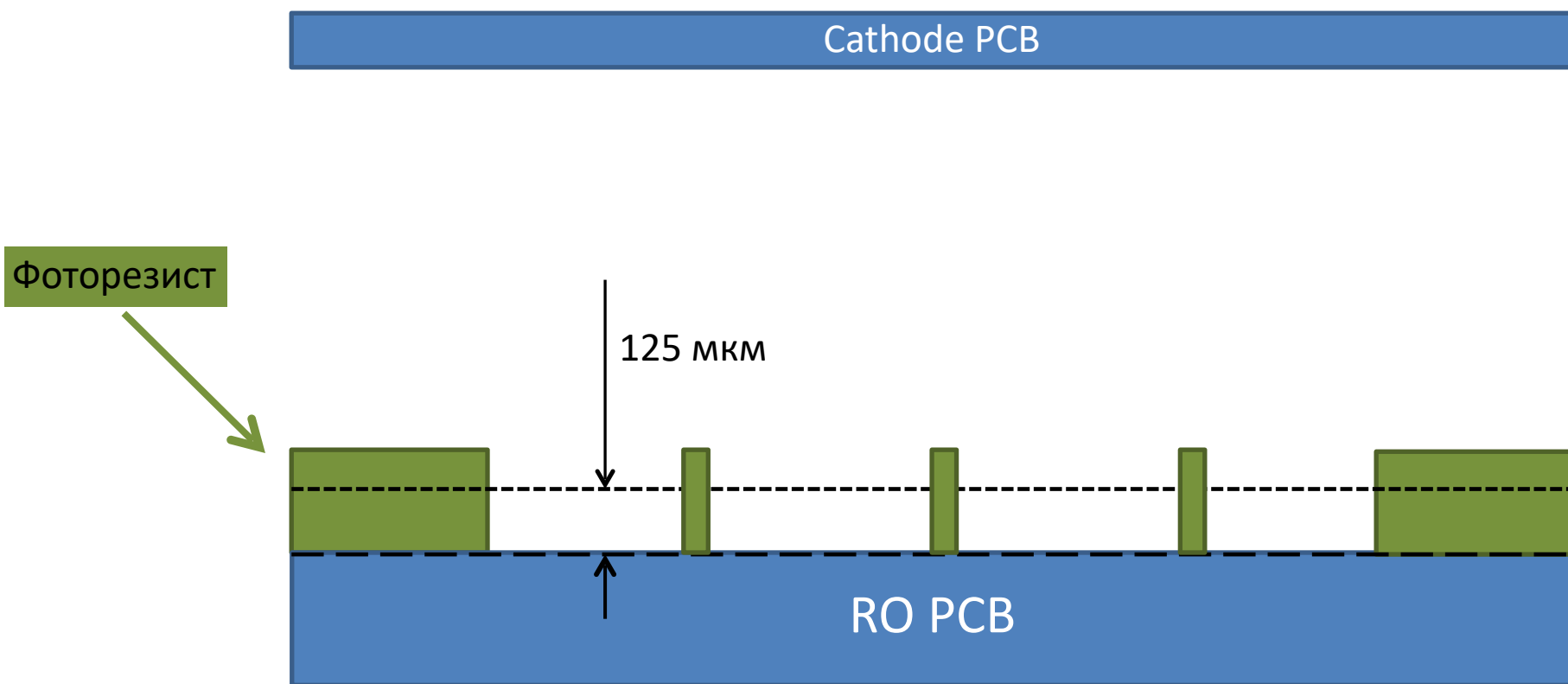


- В сигнале доминирует ионная компонента
- Время сбора ионов <150 нс
- Общая длительность сигнала определяется временем дрейфа электронов (100-200нс) и временем сбора ионов
- Время формирования VMM3 100/200 нс



- Поле в дрейфовом зазоре ~600 В/см,
- Поле в усилительном зазоре ~ 50 кВ/см
- Прозрачность сетки ~99%

- ММ для SPD будут изготавливаться по «BULK» технологии: RO PCB (~300 мкм) и сетка составляют единый модуль выполненный методами фотолитографии. Катодная плоскость – вторая PCB.



- ММ для SPD будут изготавливаться по «BULK» технологии:
RO PCB (~300 мкм) и сетка составляют единый модуль выполненный методами фотолитографии. Катодная плоскость – вторая PCB. Плоскости склеиваются на цилиндрической оправке. Зазор и форму задают вклеенные по краям силовые элементы. После склейки элементы образуют замкнутый неразборный объем

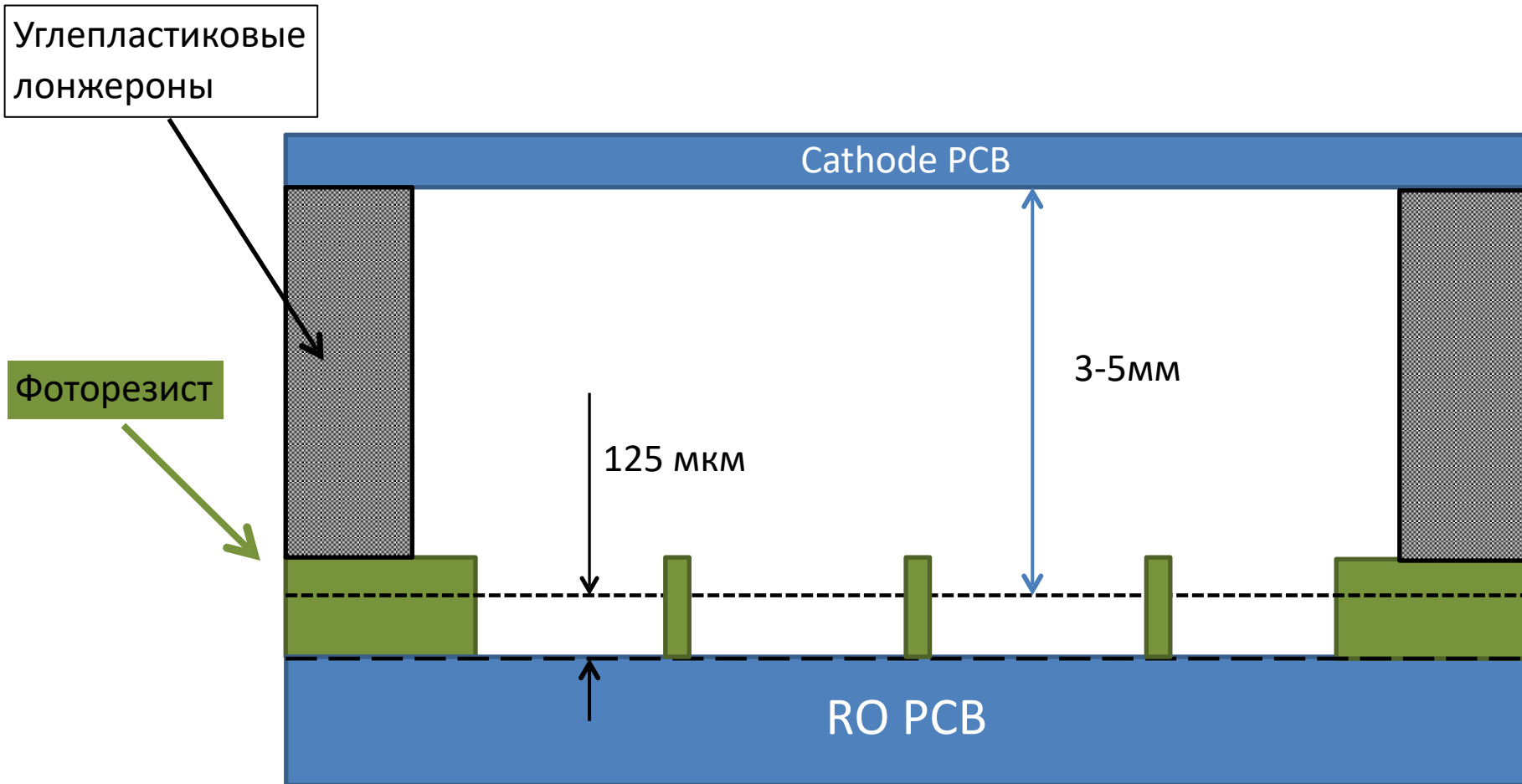
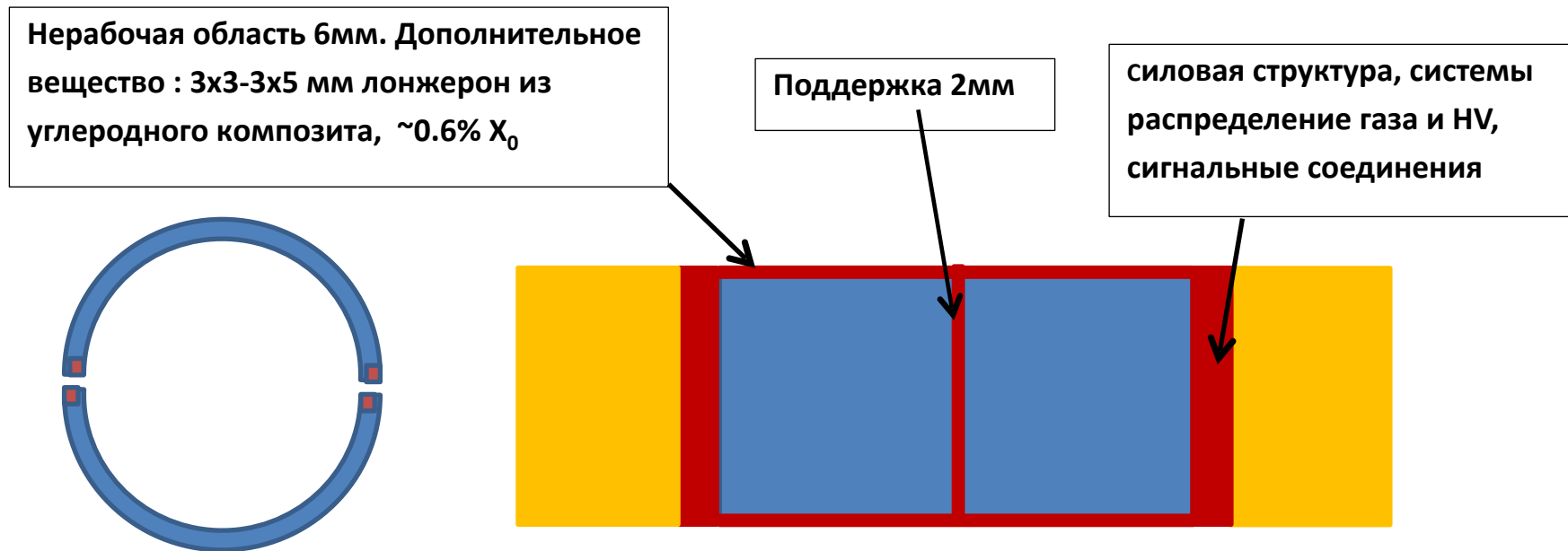


Рисунок для плоской геометрии. Не в масштабе.

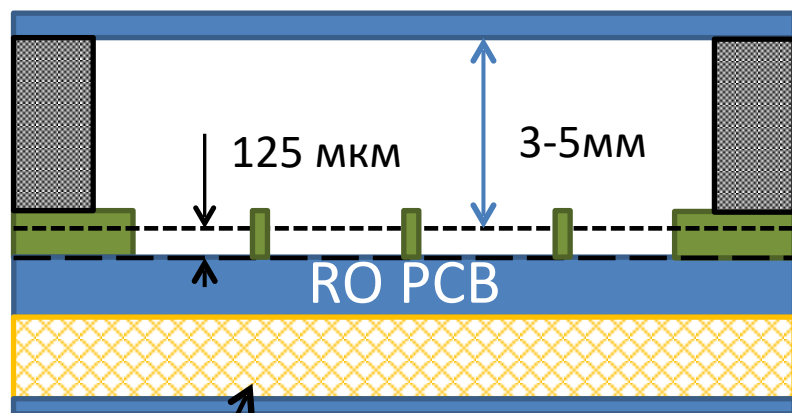
- Детекторы (barrel) выполнены в виде полуцилиндров, каждый слой – независимый 1-координатный детектор. Минимальный радиус $R_{\min} \sim 50$ мм. Толщина одного слоя – 3.5-5 мм. Количество вещества -0.4% X_0 на слой
- ММ требуют значительного неактивного пространства по краям детектора для крепления сетки, герметизации, расположения силовых элементов, газораспределительной и HV систем, сигнальных выводов
 - Оценочно мертвая зона ~ 6 мм по краям параллельным пучку и 5-10 см со стороны выводов. Для внутреннего barrel слоя ($R=50$ мм) геометрическая неэффективность составит минимум 8%

Поперечное сечение и развёртка одного детектора

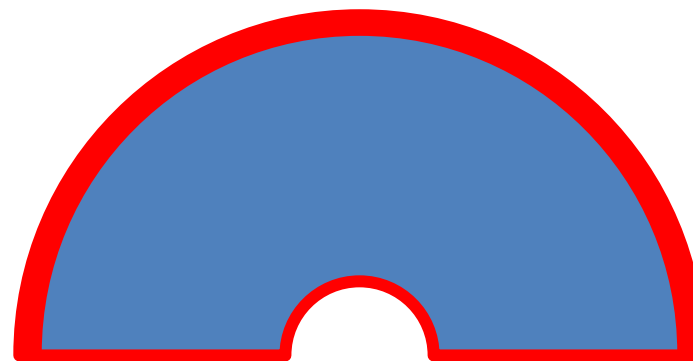


End-caps

- В связи с тем, что плоская детектор не обладает достаточной жесткостью, в RO панель потребуется добавить «sandwich» - слой



Rohacell 3mm



Ввиду мертвых зон по краю ММ полудисков end-сар-ы малого диаметра не имеют практического смысла

Технические ограничения:

- Максимальный размер РСВ производимый промышленностью – порядка 2000x500 мм
- Емкость сигнальных электродов и соединительных кабелей.
 - VMM плохо работает при емкости детектора свыше 100 pf. Стрипы MM ATLAS LM2 при длине ~1800мм имеют $C \sim 140$ pf, это близкая к предельной величина, шумы близки к границе применимости, усилители склонны к генерации. Стандартные тонкие плоские кабели имеют емкость ~100 nf/m. Можно ли в принципе расположить усилители вне StrawTube трекера – открытый вопрос. Увеличенный уровень шума резко ухудшает координатное разрешение.

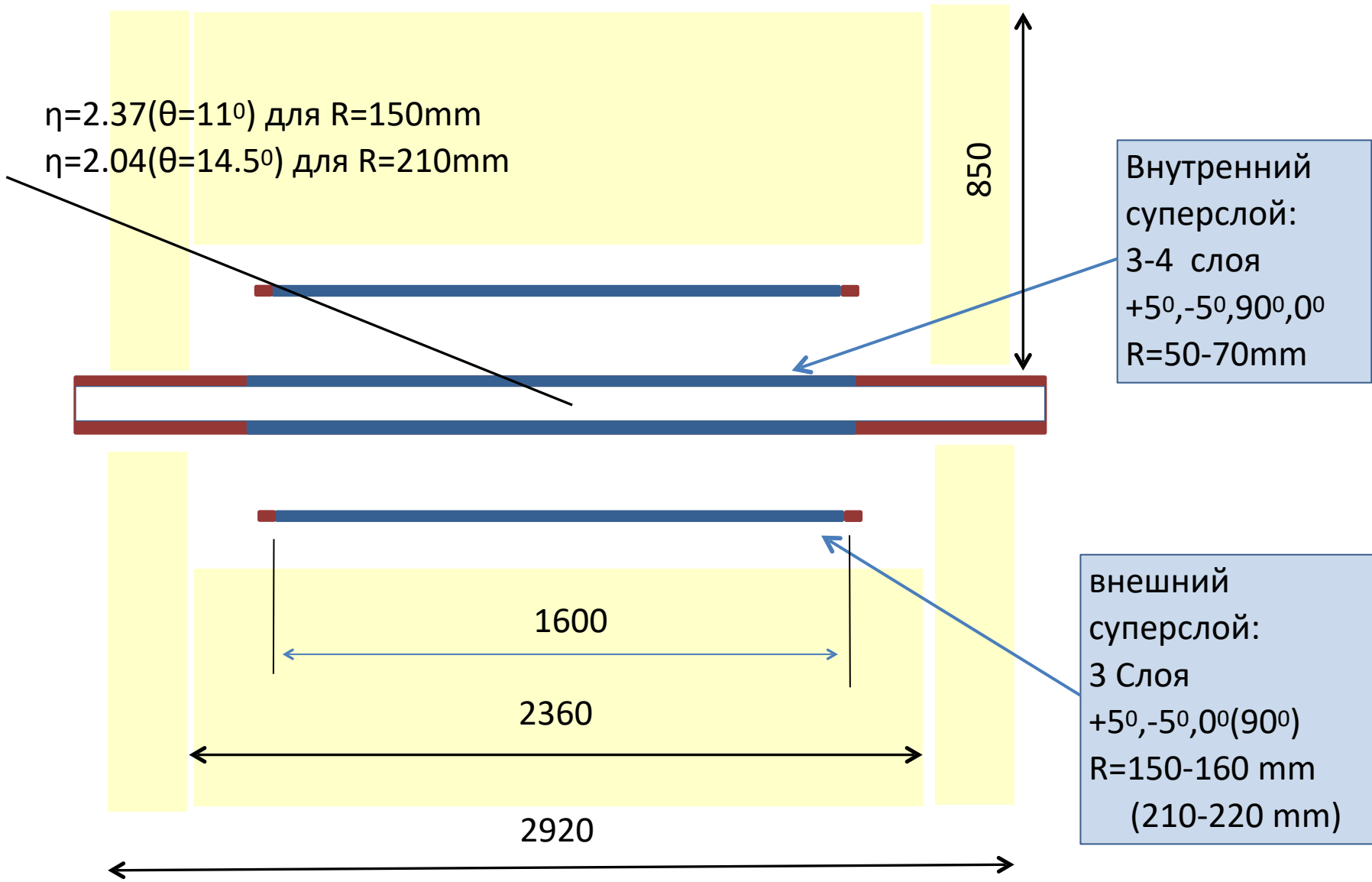
Конфигурация детектора (barrel)

Общая информация

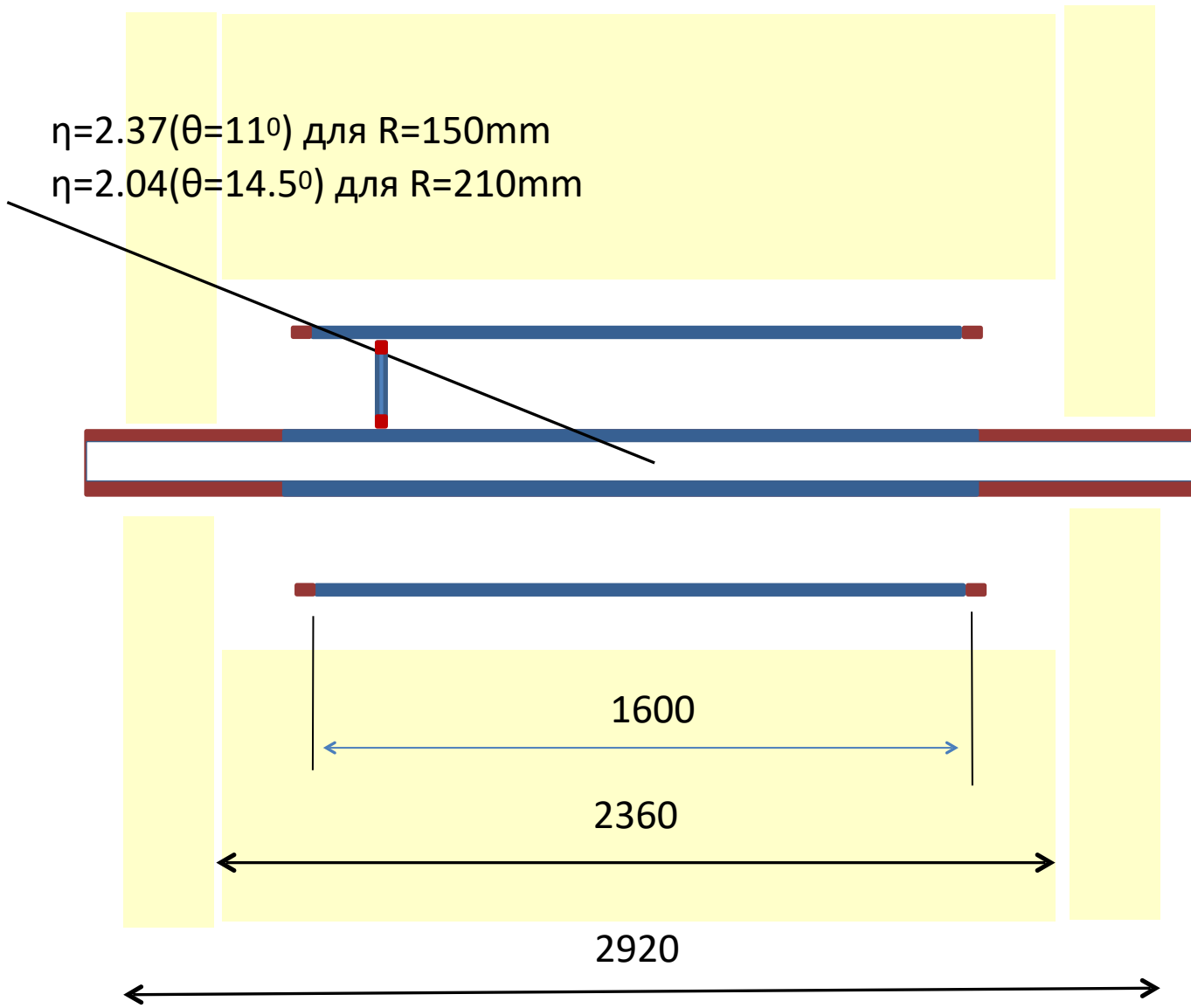
- Технологически можно использовать стрипы практически любой геометрии
- Задача с высокой точностью (лучше 100 мкм) устанавливать вершину распада перед ММ трекером не ставится. Поэтому точность определения Z координаты существенно менее важна, если она обеспечивает TrackFinding. В связи с этим наиболее естественным видится чередование слоев со стрипами расположенными под небольшим углом к оси Z : $(+\alpha, -\alpha)$ либо $(+\alpha, -\alpha, 0)$.
 $\alpha = 2 - 5^0$
- Для end-cap слоев можно использовать радиальные и кольцевые стрипы ($R=const$ и $\varphi=const$)
- Многократное рассеяние в самом внутреннем слое слабо влияет на точность измерения абсолютной величины импульса, добавляя только ошибку в определение угла вылета частицы. 1.2% X_0 дает типичное отклонение, соответствующее ошибке любой проекции импульса менее 1.5 MeV . Для справки: 0.5мм стальной трубы соответствуют 2.8% X_0 . В то же увеличение координатной точности внутреннего слоя наибольшим образом сказывается на общей (вместе со STRAW) точности определения импульса

Конфигурация детектора (barrel)

- Предлагается баррельную часть выполнить в виде 2-3 суперслоев, 2 или 3 детекторных слоя жестко соединенных в каждом.
- Объединение нескольких слоев в суперслой увеличит жесткость детектора без увеличения бюджета вещества, упростит их фиксацию в установке и, возможно, позволит немного выиграть в общем количестве вещества.
- Если желательна возможность измерения импульса в ММ, предлагается использовать 3 суперслоя :
 - SL1: 3 слоя, R=50-65мм, (+5°, -5°, 90°) либо (+5°, -5°, 0°). Плоскости соединения полуцилиндров в разных слоях повернуты на 60°. Такая геометрия обеспечивает прохождение трека как минимум через 2 слоя и гарантированное измерение 2 координат.
 - SL2, SL3: R2=130-140мм, R3=210-220мм, по 2 слоя, (+5°, -5°)
- Если измерение импульса в ММ без straw не нужно, выгоднее иметь 2 суперслоя, 3+3 либо 4+3 слоя. При этом сравнительно легко добавляется end-cap



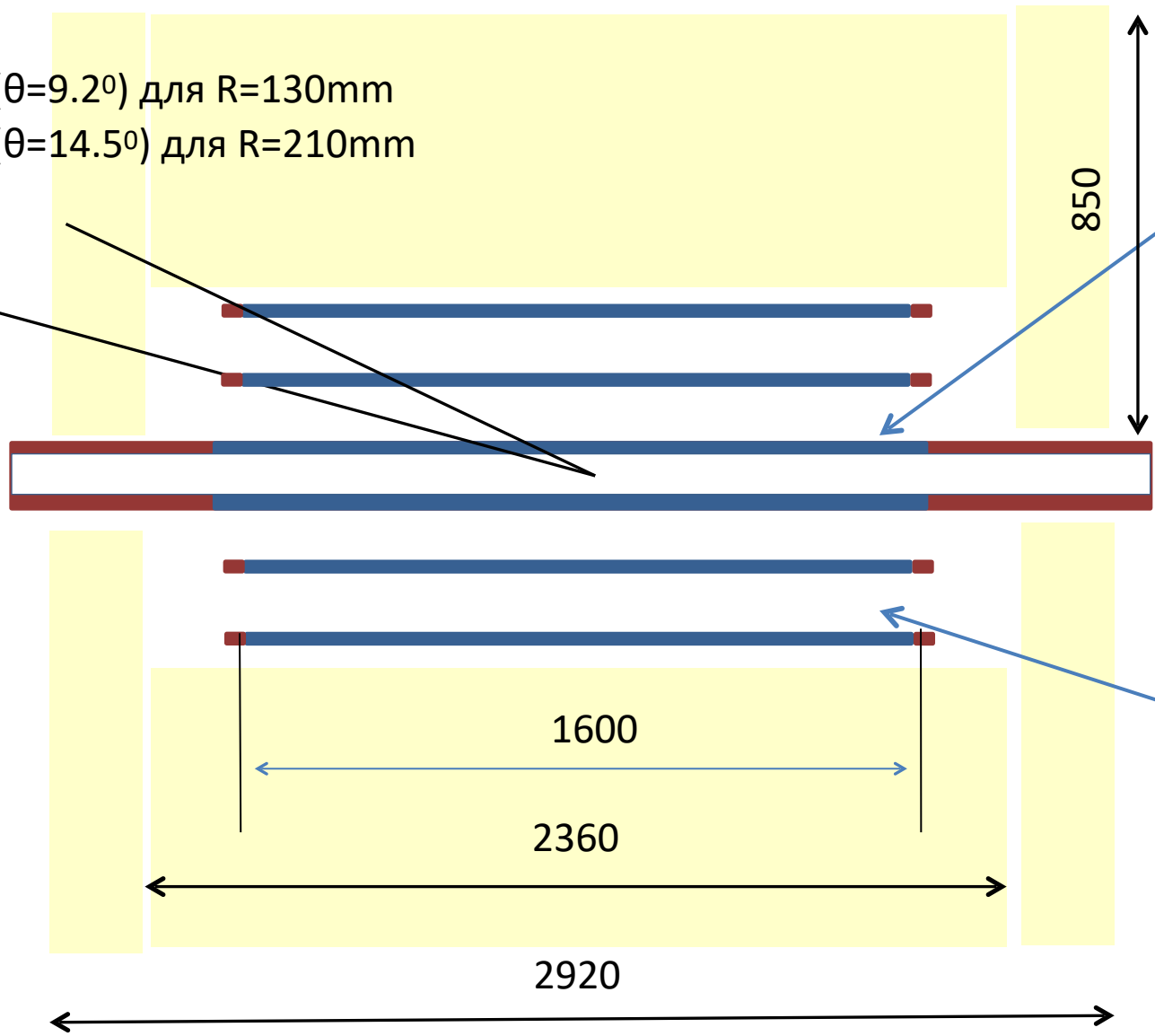
$\eta=2.37(\theta=11^\circ)$ для $R=150\text{mm}$
 $\eta=2.04(\theta=14.5^\circ)$ для $R=210\text{mm}$



$\eta=2.51(\theta=9.2^\circ)$ для $R=130\text{mm}$
 $\eta=2.04(\theta=14.5^\circ)$ для $R=210\text{mm}$

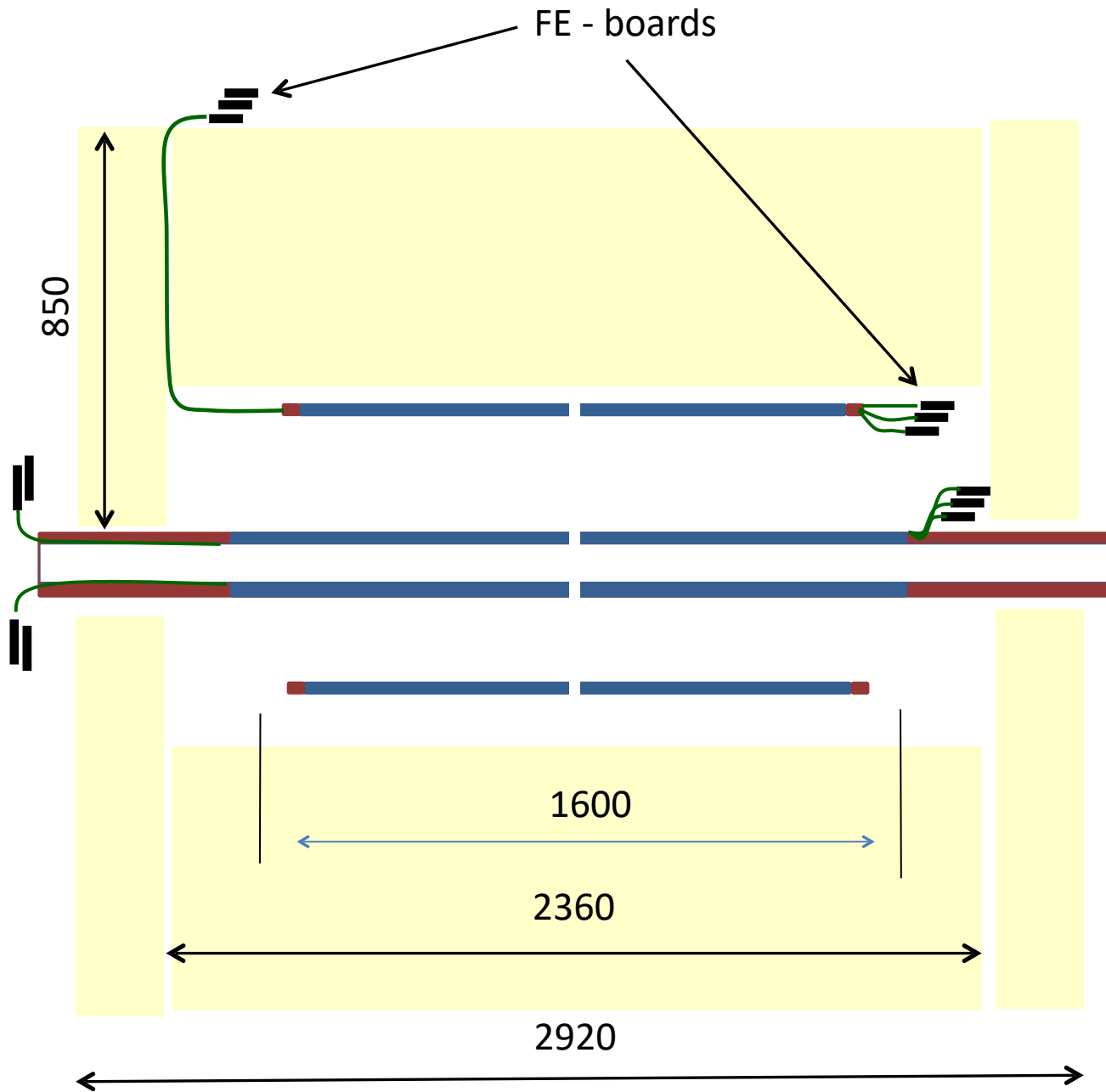
Внутренний суперслой:
3-4 слоя
 $+5^\circ, -5^\circ, 90^\circ, 0^\circ$

внешние суперслои:
2 слоя $+5^\circ, -5^\circ$



Электроника

- Из существующей наиболее подходящий вариант – hybrid128 разработанный RD51 для использования в составе SRS. FE плата на основе VMM3 (2 чипа, 128 каналов). Размер одной платы 50x80мм, цена SF750/ps. Платы были доступны для заказа, использовались для тестов на пучке (октябрь-ноябрь).
- По количеству каналов и плотности плата хорошо подходит для MM, => использовалась для оценки размещения FE электроники.
- Средняя линейная плотность каналов 1/390 мкм несколько выше чем у MM => расположение плат не должно вызывать проблем
- Основные критерии оценки вариантов расположения FE – емкость канала и количество вещества внутри Straw tracker-a
- FE платы располагаются либо с торцевой стороны barrel MM, между MM трекером и Straw end-caps, либо на месте отсутствующего PID. Второй вариант требует обязательного деления стрипов пополам, и даже при этом емкость канала получается больше, чем для целого стрипа при расположении электроники внутри ST



Уровень шумов, опыт АТЛАС ММ:

- $C=0$ пФ ~ 2 мВ
- $C=140$ пФ, (1.8 м стрипы) $\sim 10-12$ мВ
- Линейный рост с длиной стрипов

1. 😊 FE внутри ST, стрипы $\frac{1}{2}$ длины
2. ☹️ FE внутри ST, стрипы полной длины
3. ☹️ FE снаружи ST, стрипы $\frac{1}{2}$ длины

Оценка количества каналов

Super Layer	Strip Lenth	NLayer R,mm	Layers	Nch	Nch Total	N boards
1	L/2	50-55	+5°	1816	5789	46
	L/2	55-60	-5°	1973		
	½ circle	60-65	90°	2000		
1	L=1200	50-65	same		3870	30

Для η-слоя шаг
 $S=1\text{mm}$, $|z|<30$
 $S=2\text{mm}$, $30<|z|<50$
 $S=3\text{mm}$, $|z|>50$

2	L	130-135	+5°	2075	4230	33(34)
		135-140	-5°	2145		
3	L	210-215	+5°	3193	6456	51(52)
		215-220	-5°	3263		

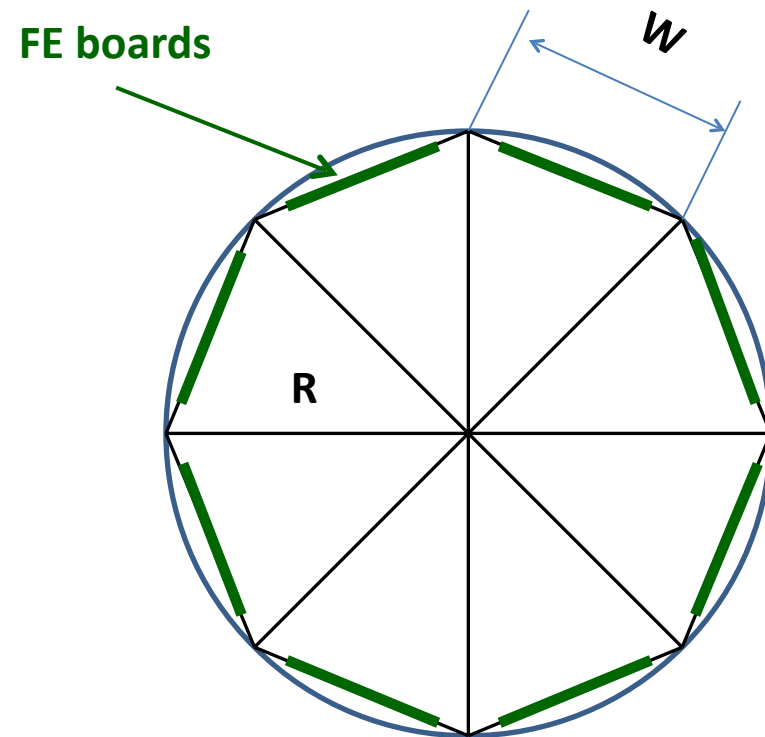
FE boards must
be located inside
straw tracker

2	L/2	130-135	+5°	3839	7818	61(62)
		135-140	-5°	3979		
3	L/2	210-215	+5°	6076	12292	97(98)
		215-220	-5°	6216		

Obligatory, if
FE boards are
outside straw
tracker

Расположение FE плат внутри ST

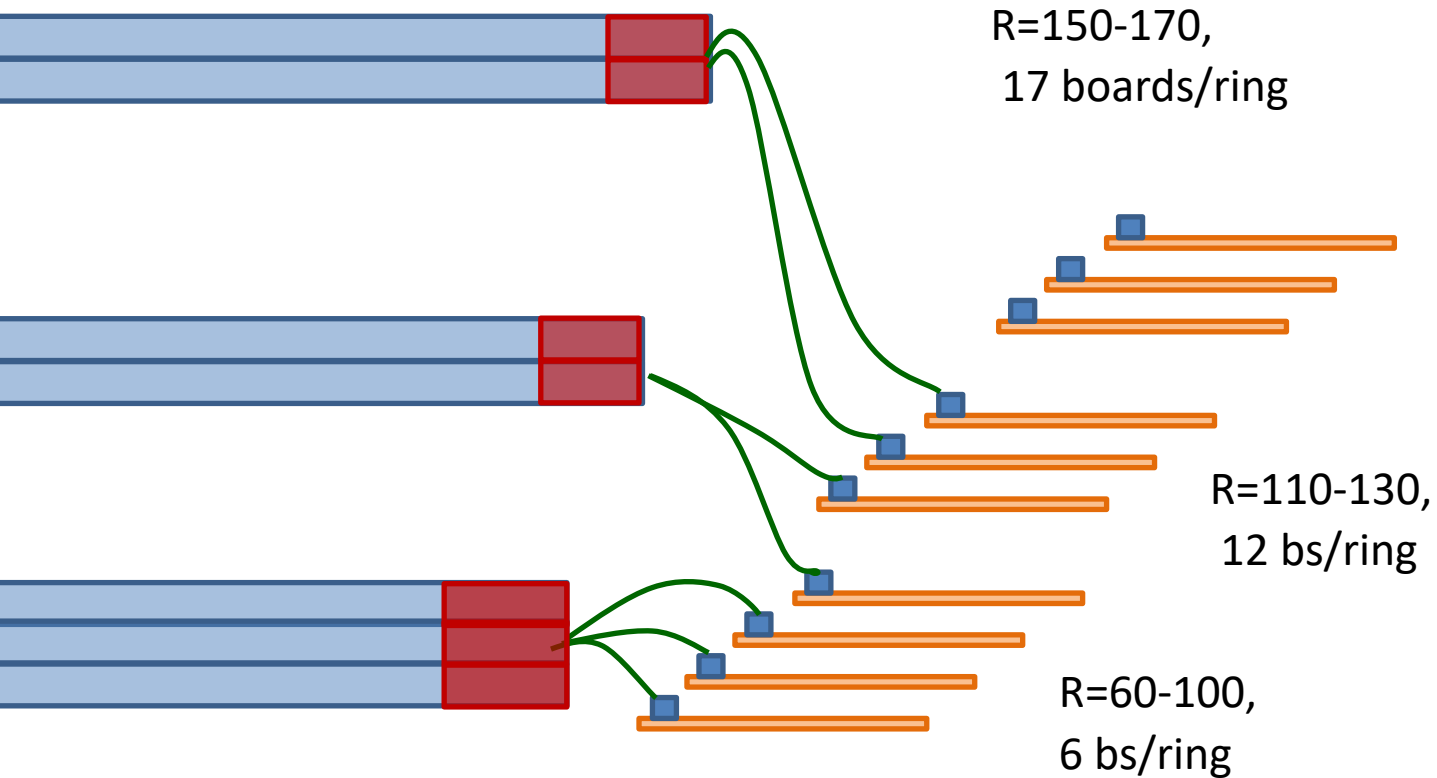
R board Ring	N boards	W/board (mm)
60	6	60,07
70	7	60,82
80	8	61,31
90	10	55,7
100	11	56,42
110	12	57,02
120	13	57,51
130	14	57,93
140	15	58,29
150	17	55,2
160	18	55,64
170	19	56,04
R>170	$R/10+2$	>56



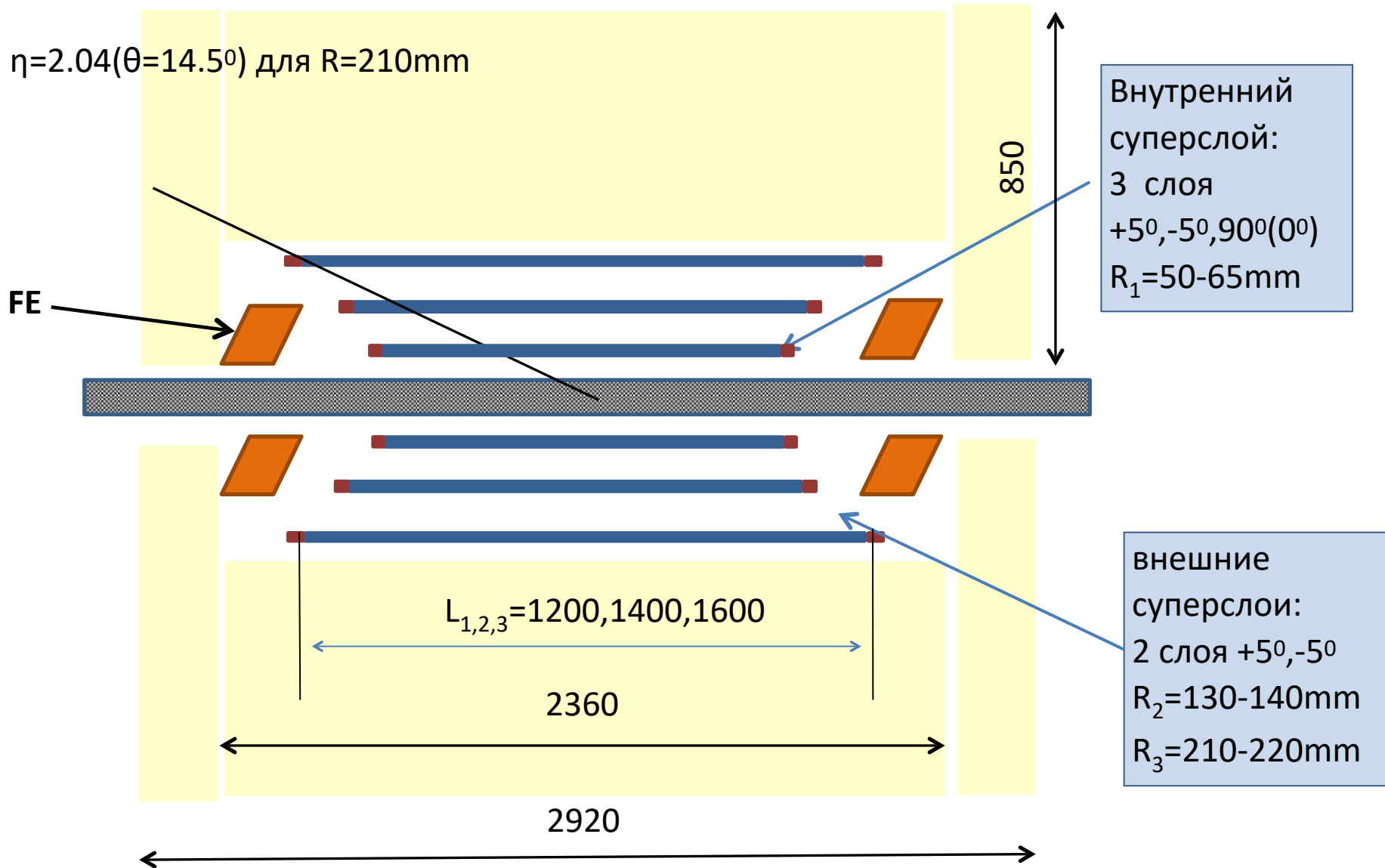
Расположение FE плат внутри ST

- MM вершинный детектор будет использоваться период с пониженной энергией столкновений и стальной трубой => физика связанная с очень малыми углами в любом случае недоступна
- При размещении электроники внутри ST желательно размещать ее как можно ближе к пучку, чтобы сохранить чувствительность большей части детектора
- Внутри $R=130$ ($\eta > 2.6$, $\theta < 9.2^\circ$) можно разместить 120 FE плат
- 220 плат размещается внутри $R=170$

- Внутри $R=130$ ($\eta > 2.6$, $\theta < 9.2^\circ$) можно разместить 120 FE плат
- 220 плат размещается внутри $R=170$



“Минимальный” вариант ММ трекера, сохраняющий основную функциональность



Справочные материалы

R_min	L/2	Число каналов						S,mm								R	N	W/board
		$\alpha=0$, full	$\alpha=0$, half	$\alpha=2$, full	$\alpha=2$, half	$\alpha=5$, full	$\alpha=5$, half											
		$\alpha=0$, full	$\alpha=0$, half	$\alpha=2$, full	$\alpha=2$, half	$\alpha=5$, full	$\alpha=5$, half			R	L/2	η	θ	θ ,rad		R	N	W/board
50	600	733	1467	838	1572	995	1729	0,4		50	300	2,492	9,461	0,165		55	6	55,07
50	800	733	1467	873	1607	1082	1816	0,4		50	500	2,998	5,71	0,1		60	6	60,07
55	600	812	1624	917	1729	1074	1886	0,4		50	600	3,18	4,763	0,083		70	7	60,82
55	800	812	1624	952	1764	1161	1973	0,4		50	800	3,467	3,576	0,062		80	8	61,31
60	600	891	1782	995	1886	1152	2043	0,4		65	500	2,738	7,406	0,129		90	10	55,7
60	800	891	1782	1030	1921	1240	2130	0,4		65	800	3,205	4,645	0,081		100	11	56,42
130	800	1765	3529	1889	3653	2075	3839	0,45		130	300	1,573	23,43	0,409		110	12	57,02
135	800	1835	3669	1959	3793	2145	3979	0,45		130	600	2,234	12,22	0,213		120	13	57,51
140	800	1904	3809	2029	3933	2214	4119	0,45		130	500	2,057	14,57	0,254		130	14	57,93
150	800	2044	4089	2168	4213	2354	4399	0,45		130	800	2,517	9,229	0,161		140	15	58,29