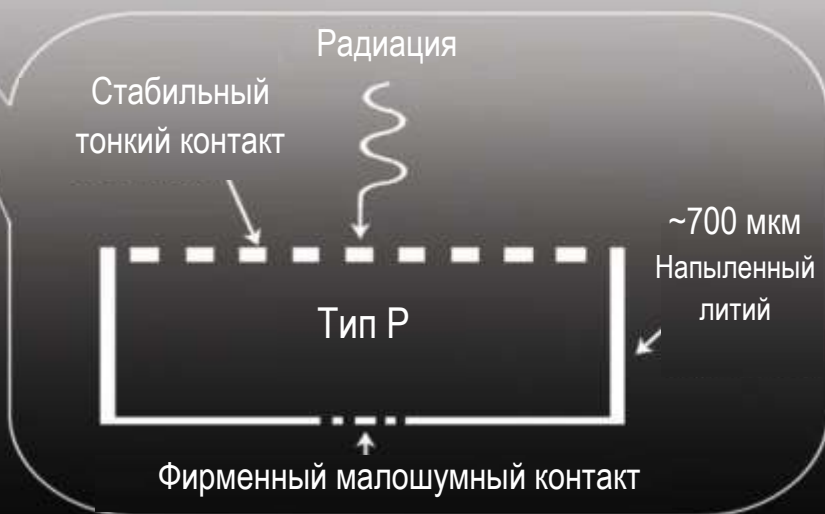


# ORTEC®

## СЕРИЯ PROFILE S/C/SP

Полупроводниковые детекторы из особо чистого германия (ОЧГ) р-типа



Исключительное разрешение, стабильность и эффективность измерения в области низких энергий. Комплексное решение для сложных измерений.

**AMETEK®**  
ADVANCED MEASUREMENT TECHNOLOGY

# СЕРИЯ PROFILE S/C/SP

При оптимизации измерения образцов исключительная разрешающая способность и стабильная эффективность измерения низкой энергии, являются критическими показателями для обеспечения надлежащей точности и пропускной способности. ОЧГ-детекторы PROFILE серий «S», «C» и «SP» обеспечивают оба данных показателя.

В детекторах Р-типа из Особо Чистом Германии (ОЧГ) серии PROFILE производства компании ORTEC используются различные размеры кристаллов, которые обеспечивают оптимальную геометрию измерения и оптимальные результаты ваших измерений. В кристаллах как серий «S» и «C», так и «SP» используется технология STFC (стабильный тонкий фронтальный контакт), которая обеспечивает прекрасную передачу гамма-излучения для энергий порядка 3 кэВ. Данная конструкция контакта обеспечивает отсутствие его диффузии в кристалл германия даже при комнатной температуре, что обеспечивает стабильную эффективность детектора даже в условиях хранения при комнатной температуре.

Преимущества	Особенности
<ul style="list-style-type: none"> <li>Более высокая эффективность счета – меньшее время счета и улучшенная минимальная детектируемая активность (MDA)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Тонкий фронтальный контакт</li> <li>Максимальный диаметр кристалла с торцевым колпачком</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Улучшенная идентификация рентгеновских нуклидов – рабочий диапазон позволяет работать с энергией до 3 кэВ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Тонкий фронтальный контакт</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Улучшенная идентификация по нескольким пикам – благодаря высокой разрешающей способности</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Детекторы Р-типа с различной геометрией кристаллов</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Простота работы и меньшие расходы для организации хранения прибора без потери эффективности детектора – возможность хранения в теплом помещении</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Устойчивый контакт (без увеличения «мертвого слоя» при комнатной температуре).</li> </ul>

В детекторах PROFILE серии С используется «практически квадратная» (диаметр меньше длины) коаксиальная геометрия кристалла. Что обеспечивает аналогичное разрешение, но с большей абсолютной эффективностью, по сравнению с обычными детекторами Р-типа (GEM) для энергий ниже 50 кэВ. Детекторы серии С обеспечивают лучшую разрешающую способность, по сравнению с детекторами N-типа (GMX) для заданного окна эффективности. Для энергий свыше 1 МэВ, детекторы серии С обеспечивают прекрасное разрешение и отличные рабочие характеристики, сходные со стандартными коаксиальными детекторами Р-типа (GEM).

В детекторах PROFILE серии S используется «шайбообразная» (диаметр больше длины) форма кристалла. Данная геометрия улучшает разрешение прибора в диапазоне низкой и средней энергии, по сравнению с «квадратной» геометрией кристалла, снижая емкость заднего контакта. Большая площадь поверхности детектора позволяет лучше работать с низкими и средними энергиями при использовании со следующими образцами:

- точечные источники,
- образцы на фильтровальной бумаге,
- образцы в бутылках и емкостях,
- использование в СИЧ (например, мониторинг лёгких),
- при мониторинге баков с отходами (РАО).

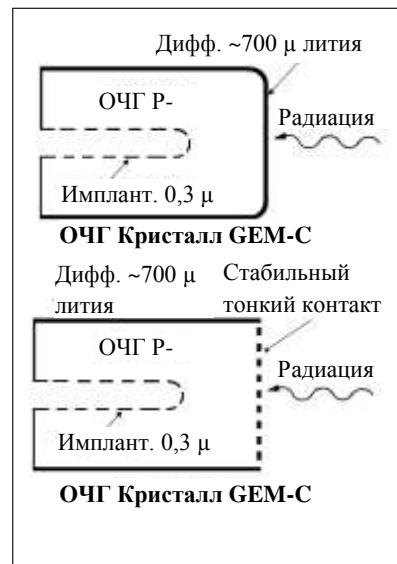


Рисунок 1. Геометрия ОЧГ-кристаллов Р-типа.

Для заданной относительно (IEEE) эффективности, детекторы серии PROFILE показывают «оптимальное использование» германия выдавая абсолютную эффективность счета для объектов различных форм.

# СЕРИЯ PROFILE S/C/SP

На Рисунке 2 показано значительное улучшение эффективности на низких энергиях для детектора PROFILE «S» при измерении точечного источника. Абсолютная эффективность детектора S8530 серии S значительно выше в диапазоне энергий от 20 кэВ до 600 кэВ при сравнении с аналогичной у коаксиальных детекторов N- и P- типа имеющих 50% относительную эффективность. При 59 кэВ (Am), площадь для детектора серии S практически в 6 раз более эффективна, чем коаксиальный детектор P-типа (GEM50) и практически в 2 раза более эффективен, чем коаксиальный детектор низких энергий N-типа (GMX50) из-за большей площади поверхности.

Как и ожидалось, кривые сходятся при энергии 1332 кэВ, где измеряется относительная эффективность. Измеренные значения абсолютной эффективности для точечного источника – цветные кривые, а расчетные – черные, источник расположен на расстоянии 25 см от крышки детектора. Энергетический диапазон представлен от 20 кэВ до 4 МэВ.

Рисунок 3 подтверждает отмеченную улучшенную эффективность детектора S – серии при измерении бумажного фильтра на крышке детектора. Детектор S8530 имеет более высокую эффективность на диапазоне энергий от 10 кэВ до 1 МэВ. вследствие большего диаметра кристалла, эффективность регистрации детектора S – серии при энергии 122 кэВ в 2,5 раза больше, чем у коаксиального детектора с кристаллом ОЧГ P – типа того же объема и почти в 2 раза больше, чем у коаксиального детектора с кристаллом ОЧГ N – типа. Расчетные кривые эффективности представлены для бумажного фильтра диаметром 100 мм расположенного на крышке детектора. Обратите внимание, диапазон энергий показан от 10 кэВ до 4 МэВ.

На Рисунках 4 и 5 показан резкий пик для детекторов PROFILE серии «S» и «C» при измерении спектров  $^{55}\text{Fe}$  и  $^{109}\text{Cd}$ . Пик низкой энергии при 5,9 кэВ слева и 22 кэВ и 88 кэВ справа хорошо отличимы от фона.

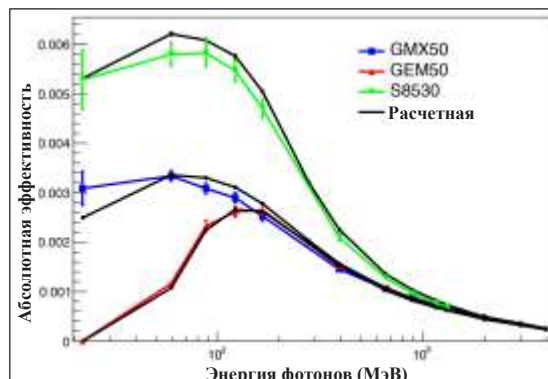


Рисунок 2. График абсолютной эффективности регистрации для детекторов S8530, GEM50 и GMX50 с 50% относительной эффективностью и точечным источником в 25 см от детектора.

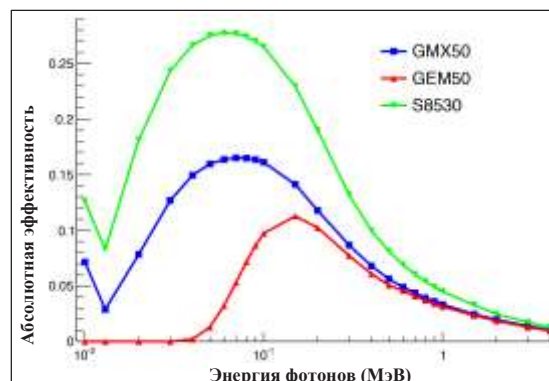


Рисунок 3. График абсолютной эффективности регистрации для детекторов S8530, GEM50 и GMX50 с 50% относительной эффективностью и источником в виде 100 мм фильтровальной бумаги.

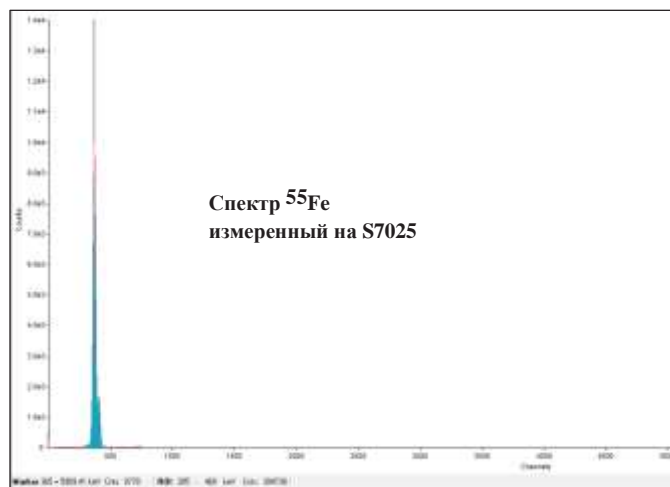


Рисунок 4. Спектр  $^{55}\text{Fe}$  измеренный S7025.

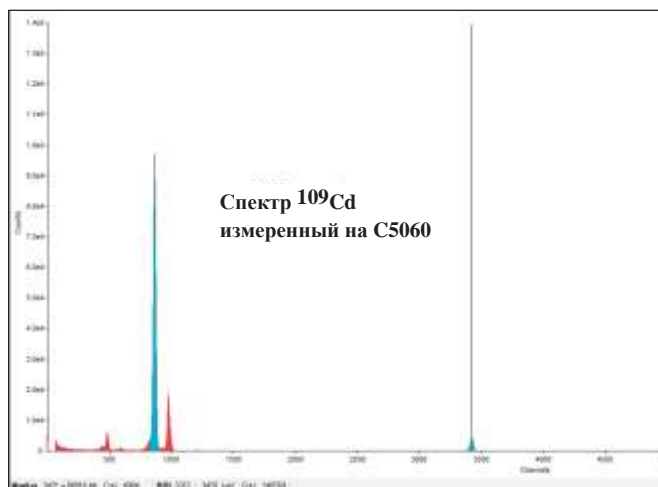


Рисунок 5. Спектр  $^{109}\text{Cd}$  измеренный C5060

# СЕРИЯ PROFILE S/C/SP

## Общие рекомендации по выбору детекторов серии F- или серии S-

Для измерений в близких геометриях или непосредственно на торце детектора диаметр детектора должен превышать диаметр образца на 20% или более. Превышение на 30% и более дает незначительный выигрыш в эффективности. Кроме того, если диаметр детектора превышает диаметр образца на 20% или более, ошибки, связанные с невозпроизводимостью положения образца, будут минимальны. В случае ограниченного бюджета следует выбирать детектор с кристаллом наибольшего диаметра. Выбор более толстого кристалла будет способствовать увеличению абсолютной эффективности, в особенности при более высоких энергиях. Для образцов, геометрия измерений которых аналогична вышеперечисленным, выбирайте детектор серии F диаметром, превышающим диаметр измеряемого образца на 20% и более, что обеспечит при равной относительной эффективности регистрации максимальную абсолютную эффективность. Для обеспечения наивысшей максимальной эффективности регистрации в области энергий от 3 до 50 кэВ, выбирайте детектор серии S диаметром 20% (или более) больше, чем диаметр образца. Если использование детектора предполагает его длительное хранение при комнатной температуре, детектор серии S сохранит прекрасные рабочие характеристики без их ухудшения в области малых энергий. Шайбообразная геометрия кристалла позволяет добиться лучшей эффективности при малых энергиях, чем большие детекторы меньшего диаметра при той же относительной эффективности.

## Детекторы PROFILE GEM серии M

Детекторы серии M предназначены для обеспечения максимальной эффективности при измерениях в геометрии сосудов Маринелли. В мягкой области энергий (ниже 50 кэВ) детекторы серии M обеспечивают такое же энергетическое разрешение и лучшую абсолютную эффективность по сравнению с детекторами серии GEM и лучшее энергетическое разрешение, но чуть худшую абсолютную эффективность по сравнению с детекторами серии GMX.

Такие характеристики достигаются путем минимизации зазора между кристаллом и капсулой детектора, а длина (толщина) кристалла слегка превышает его диаметр. В этом случае общая абсолютная эффективность при измерении в геометрии сосуда Маринелли оказывается максимальной. Наиболее распространен вариант сосуда Маринелли, когда диаметр колодца равен его глубине. Кроме того, серия M представляет собой оптимальное использование германия в смысле обеспечения максимальной абсолютной эффективности регистрации при измерении в близкой геометрии образцов, излучающих гамма-кванты более высоких энергий, чем F- или S-серии, перечисленные выше.

## Детекторы PROFILE GEM серии C

Детекторы новой серии C объединяют в себе все преимущества детекторов серии M в сочетании с ультратонким, прочным входным контактом. Это позволяет работать с низкими энергиями вплоть до 3 кэВ, сохраняя эффективность регистрации в области более высоких энергий. В результате, детекторы серии C позволяют измерить с высокой эффективностью такие нуклиды как  $^{241}\text{Am}$  и  $^{210}\text{Pb}$ , обеспечивая превосходную эффективность регистрации и в области более высоких энергий; все в одном детекторе.

## Общие рекомендации по выбору M-серии или C-серии

Выбор оптимального детектора M- или C- серии при использовании конкретного сосуда Маринелли не может быть проще: нужно просто выбрать детектор, максимально плотно прилегающий к стенкам колодца сосуда Маринелли.

Детекторы F- или S- серии также могут быть использованы в геометрии Маринелли, они будут обладать лучшим энергетическим разрешением, но при этом будут иметь более низкую эффективность в сравнении с детектором M- или C- серии того же диаметра. Соответственно, детектор M- или C- серии может быть использован в качестве замены детекторов F- или S- серии в торцевой геометрии. При равном диаметре детектор M- или C- серии даст немного более высокую эффективность (этот рост увеличивается с ростом энергии).

# СЕРИЯ PROFILE S/C/SP

## Детекторы GEM PROFILE серии «SP»

Полупроводниковые детекторы серии PROFILE «SP» по сравнению с другими планарными ОЧГ детекторами имеют низкошумовые контакты с минимальной емкостью, таким образом имеют улучшенное энергетическое разрешение в мягком энергетическом диапазоне и поддерживают разрешение в высоком энергетическом диапазоне. Увеличенная площадь поверхности детектора усиливает эффективность в низком и среднем энергетическом диапазонах.

На Рис. 6 приводится разница между типом контакта с отверстием в основе детекторов серии PROFILE «S» и фирменным малошумным контактом детекторов серии PROFILE «SP». Понижение емкости заднего контакта значительно улучшает разрешение в нижнем энергетическом диапазоне.

### Преимущества

- **Максимальная эффективность счета** – более короткое время счета и более низкая минимальная детектируемая активность.
- **Энергетическая идентификация нуклидов в широком диапазоне** – высокое разрешение и операции с расширенным низким энергетическим диапазоном до 3 кэВ.

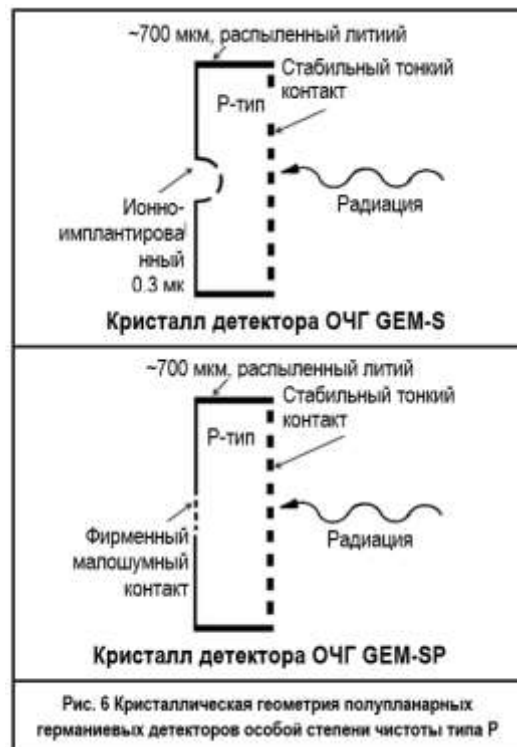


Рис. 6 Кристаллическая геометрия полупланарных германиевых детекторов особой степени чистоты типа P

На Рис. 7 показано значительное повышение разрешения при помощи точечного источника  $^{55}\text{Fe}$ , расположенного на расстоянии 25 см от передней части концевой части элемента. Разрешение на полной ширине на полувысоте (FWHM) при 5,9 кэВ энергии SP8530 на 25% ниже, по сравнению с детектором S8530 такого же диаметра и толщины. Пиковые значения 5,9 и 6,5 кэВ, измеряемые детектором SP8530 (отмечены синим цветом), характеризуются более четкой сепарацией по сравнению со значениями, измеряемыми детектором S8530 (отмечены красным цветом).

На Рис. 8 показано повышение разрешения детектора PROFILE SP8530 при сравнении такого же измерения, выполненного квази-планарным детектором серии S, с точечным источником  $^{57}\text{Co}$ , расположенным на расстоянии 25 см от передней части концевой части детектора. Разрешение SP8530 на 10% выше на энергии 122 кэВ.

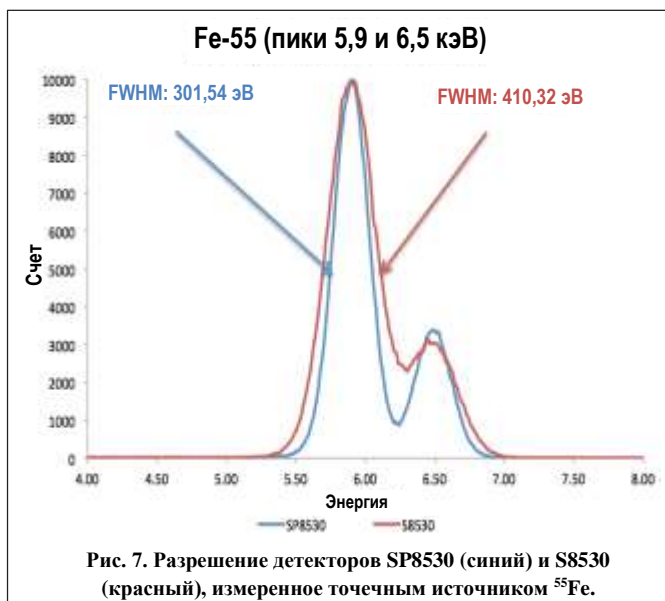


Рис. 7. Разрешение детекторов SP8530 (синий) и S8530 (красный), измеренное точечным источником  $^{55}\text{Fe}$ .

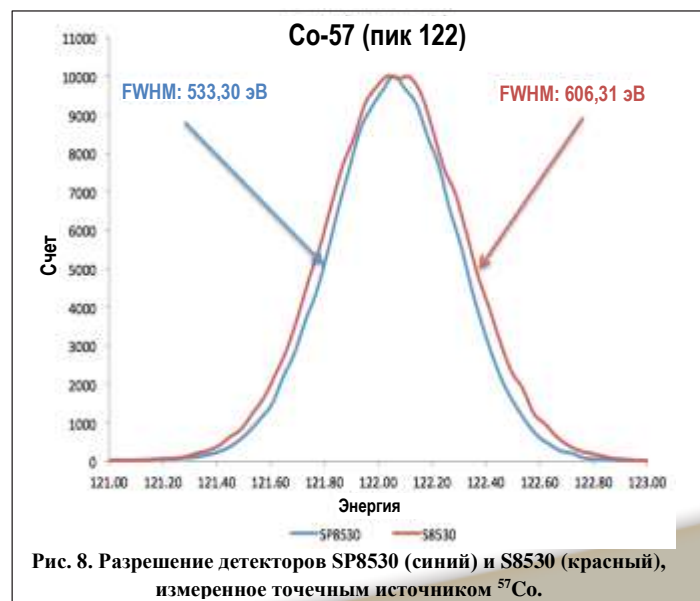
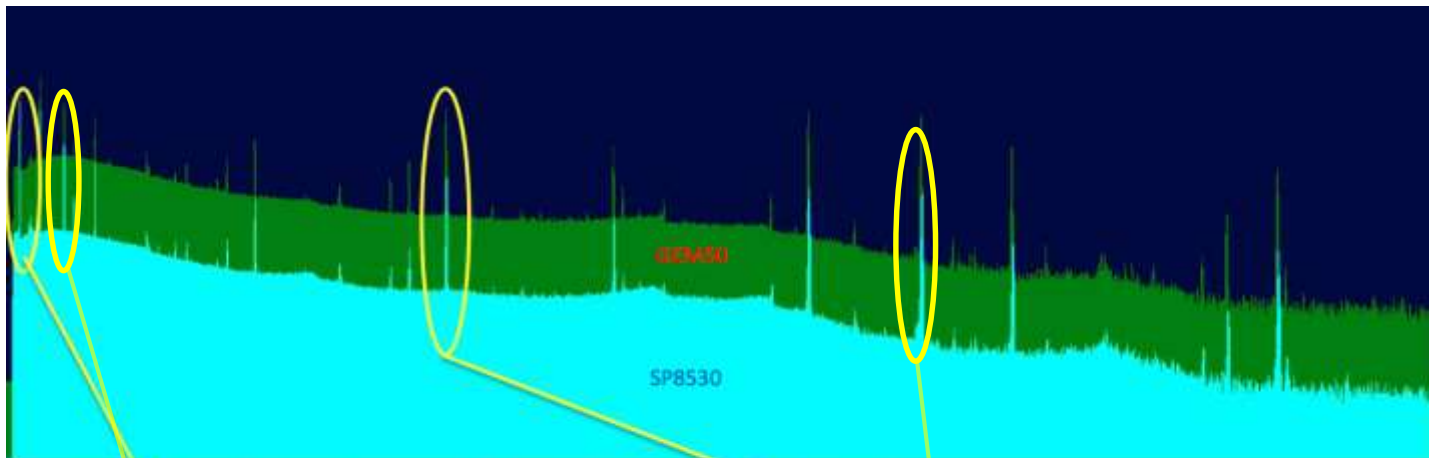


Рис. 8. Разрешение детекторов SP8530 (синий) и S8530 (красный), измеренное точечным источником  $^{57}\text{Co}$ .

# СЕРИЯ PROFILE S/C/SP



Пики, приведенные ниже, очищены от фона, перекалиброваны, а высота пиков нормализована.

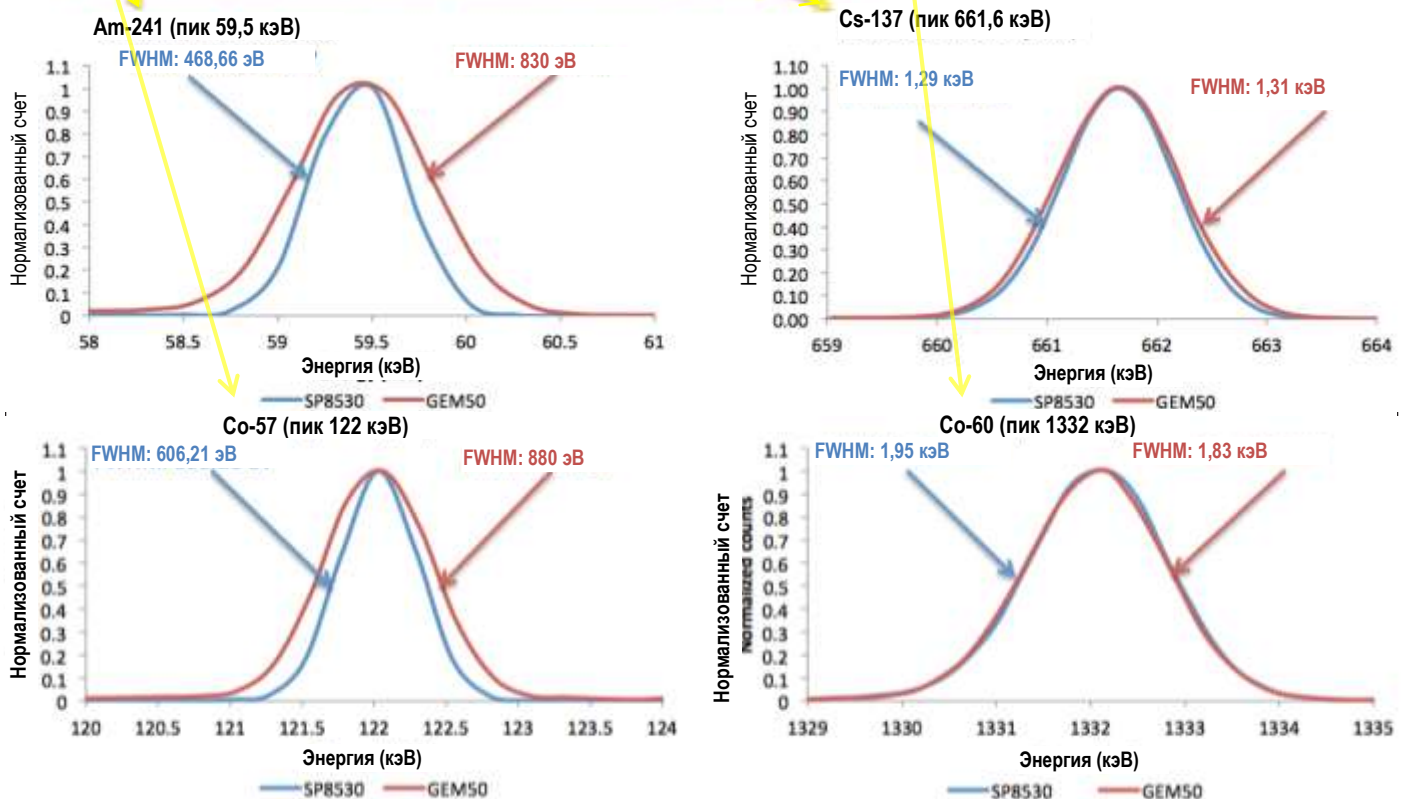


Рис. 9. Разрешение детекторов SP8530 и GEM50 измеренное смешанным гамма-источником, расположенным на расстоянии 25 см от фронтальной части детектора

На рисунке 9 показан спектр при измерении образца несколькими гамма-источником детекторами PROFILE SP8530 и GEM 50. Оба детектора PROFILE SP8530 и GEM 50 имеют технические характеристики относительной эффективности 50%. Но разрешение SP8530 на 45% выше при 60 кэВ и на 30% выше при 122 кэВ, энергетическое разрешение детектора SP8530 на 5% меньше, чем детектора GEM 50. При 1332 кэВ, энергетические разрешения обоих детекторов SP8530 и GEM 50 примерно одинаковы.

Более высокая разрешение детекторов серии PROFILE «SP» обеспечивает повышение отношения пик/комpton, что, в свою очередь, ведет к понижению минимально детектируемой активности (МДА) и/или сокращению времени счета. Преимущество высокого разрешения также имеет большое значение для задач с мульти-нуклидной (мульти-пиковой) идентификации. Более высокое разрешение снижает количество нахлестов пиков и повышает производительность алгоритмов обнаружения пиков.

# СЕРИЯ PROFILE S/C/SP

**Таблица 1. Рекомендации по подбору ОЧГ детектора для различных объектов**

Общие инструкции по выбору германиевого детектора высокой степени чистоты						
Энергия источника (кэВ)	Стакан Маринелли		Бликий или далекий точечный источник		Большая площадь поверхности	
Установки	Эффективность	Разрешение	Эффективность	Разрешение	Эффективность	Разрешение
от 3 до 3000	GMX	PROFILE C	PROFILE S или SP	PROFILE S или SP	PROFILE S или SP	PROFILE S или SP
от 3 до 10000	GMX	PROFILE C	PROFILE C	PROFILE C	PROFILE C	PROFILE S или SP
от 20 до 3000	GMX	PROFILE M	PROFILE F	PROFILE F	PROFILE F	PROFILE F
от 50 до 5000	GEM	GEM	GEM	GEM или PROFILE F	GEM или PROFILE F	PROFILE F
от 20 до свыше 10000	GMX70 или более габаритный	PROFILE C94100	PROFILE C94100	PROFILE C94100	PROFILE C94100	PROFILE C94100
свыше 5000	GMX70 или более крупногабаритный	GMX70 или более крупногабаритный	GMX70 или более крупногабаритный	GMX70 или более крупногабаритный	GMX70 или более крупногабаритный	GMX70 или более крупногабаритный
Нейтронное повреждение	GMX	GMX	GMX	IGLET	GMX	крупногабаритный IGLET
Высокая скорость счета	малогабаритный GEM или GMX	малогабаритный GEM или GMX	малогабаритный GEM	малогабаритный PROFILE F или S	малогабаритный PROFILE F или S	малогабаритный PROFILE F или S

**Таблица 2. Спецификации детекторов GEM серии PROFILE S/C/SP**

Модель	Размеры кристалла		Энергетическое разрешение (FWHM)				Форма пика		Гарант Р:С	Номинал. относ. эффект-ть %	Диаметр концевого элемента (мм)
	Фактич. диаметр (+0/-2 мм)	Фактич. минимал. длина	Гарант. 5,9 кэВ (эВ)	46 кэВ типичн. (эВ)	Гарант. при 122 кэВ (эВ)	Гарант. при 1,33 МэВ (кэВ)	FW.1M/ FWHM типичн.	FW.02M/ FWHM типичн.			
GEM-S5020P4	50	20	350	450	650	1,8	1,90	2,55	35	7	70
GEM-S5825P4	58	25	400	500	650	1,8	1,90	2,65	35	15	70
GEM-S7025P4	70	25	450	575	650	1,9	1,95	2,75	40	20	83
GEM-S7030P4	70	30	450	600	700	1,9	2,00	2,90	40	28	83
GEM-S8530P4	85	30	500	625	700	1,9	2,00	2,90	55	50	108
GEM-SP5020P4	50	20	300		585	1,8	1,90	2,55	35	7	70
GEM-SP5825P4	58	25	340		585	1,8	1,90	2,65	35	15	70
GEM-SP7025P4	70	25	380		585	1,8	1,95	2,75	40	20	83
GEM-SP8530P4	85	30	425		630	1,9	2,00	2,90	55	50	108
GEM-C5060P4	50	60	725		850	1,8	1,90	2,55	60	20	70
GEM-C5970P4	59	70	750		900	1,8	1,90	2,65	62	38	70
GEM-C7080P4	70	80	830		950	1,9	2,00	3,10	75	66	83
GEM-C8295P4	82	95	1215		1250	2,1	2,00	3,10	85	115	95
GEM-C94100P4	94	100	1230		1300	2,3	2,00	3,10	90	175	108

## Характеристики, предоставляемые для каждой серии детекторов

- Энергетическое разрешение (полная ширина на половине высоты) пика  $^{60}\text{Co}$  на энергии 1,33 МэВ;
- Активные размеры;
- Номинальное значение относительной эффективности;
- Соотношение Пик-Комптон на энергии 1,33 МэВ ( $^{60}\text{Co}$ );
- Номинальное значение формы пика – соотношение полной ширины на одной десятой высоты к полной ширине на половине высоты пика  $^{60}\text{Co}$  при энергии 1,33 МэВ
- Энергетическое разрешение пика  $^{57}\text{Co}$  на энергии 122 кэВ;
- Энергетическое разрешение пика  $^{55}\text{Fe}$  на энергии 5,9 кэВ;
- Энергетическое разрешение пика  $^{210}\text{Pb}$  при энергии 46 кэВ

# СЕРИЯ PROFILE S/C/SP

## Примечания:

- 1) FWHM = полная ширина при половине максимума; FW.1M = полная ширина при одной десятой максимума; FW.02M = полная ширина при одной пятидесятой максимума; суммарное системное разрешение для источника при 1000 счетов/с измеряется в соответствии со стандартом Американского национального института стандартов/Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (ANSI/IEEE) 325-1996, с использованием стандартной электроники ORTEC.
- 2) Измерен при 6 мкс аналогового или эквивалентного цифрового времени формирования при помощи электроники ORTEC.
- 3) Фирменный фронтальный контакт, который присутствует в детекторах серии PROFILE S/C/SP, обеспечивает невероятно высокую передачу при энергетическом диапазоне ниже 40 кэВ. Хранение при комнатной температуре не ухудшает передачу энергии для фронтального контакта.
- 4) Детекторы PROFILE S/C/SP оборудованы стандартным углеволоконным окошком. Если необходима повышенная эффективность в диапазоне 3-5 кэВ – выберите опцию бериллиевого окошка.

## Опции для детекторов:

- Оснащение для работы в агрессивной среде (-HE);
- Бериллиевое окошко (-B, -RB-B);
- Предусилитель для сверхвысокой скорости счета (-PL)
- Вынесенный предусилитель (-HJ);
- Углепластиковая крышка для работы с низким фоном (-RB, -LB-C, и -XLB-C);
- Опция SMART-1 (-SMP);
- Проконсультируйтесь с заводом-производителем по вопросу низкофоновой бериллия;
- Более подробная информация приведена в руководстве по конфигурированию детектора PROFILE.

Спецификации подлежат изменению  
версия от 05/11/2015

**ORTEC**

Тел. (865) 482-4411 • Факс (865) 483-0396 • [ortec.info@ametek.com](mailto:ortec.info@ametek.com)  
801 Саут Иллинойс Авеню, Оак Ридж, штат Теннесси 37830, США Адреса  
международных представительств приведены на нашем веб-сайте

[www.ortec-online.com](http://www.ortec-online.com)

**AMETEK**  
ADVANCED MEASUREMENT TECHNOLOGY