

Обзор литературы по медицинским гамма-зондам и их применению

Научный руководитель: Дубинин Ф.А.

Студент: Зверев А.П.

Группа: Б19-102

Цель и задачи

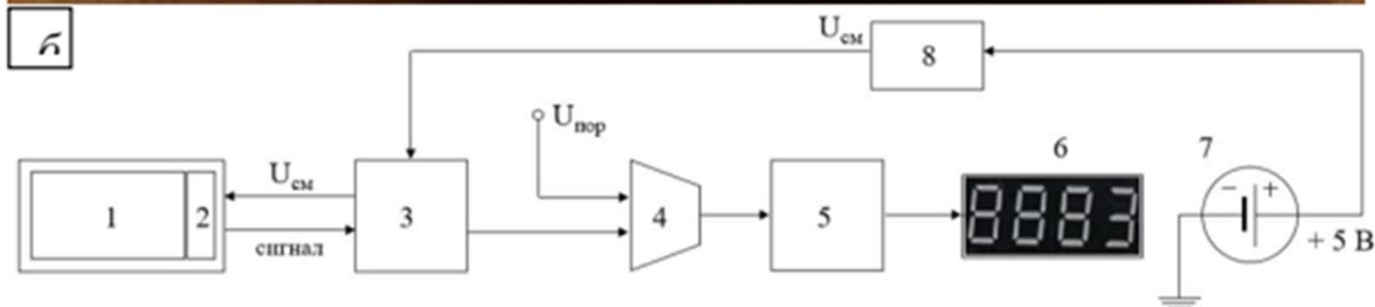
Цель: получить представление о современном развитии гамма-зондов и методах их применения.

Задачи:

- 1) Рассмотреть методы применения гамма-зондов;
- 2) Провести сравнение характеристик гамма-зондов;
- 3) Оценить влияние применения гамма-зондов на период послеоперационного восстановления.

Гамма-зонд для ядерной медицины

Гамма-зонд - прибор, позволяющий локализовать местоположение злокачественных образований в организме пациента (основное назначение).



Фотография гамма-локатора (а) и его принципиальная блок-схема (б)

1 – сцинтилляционный кристалл; 2 – SiPM; 3 – схема включения SiPM; 4 – компаратор;

5 – микроконтроллер; 6 – цифровой дисплей; 7 – источник питания; 8 преобразователь напряжения

$U_{см}$ - напряжение смещения SiPM

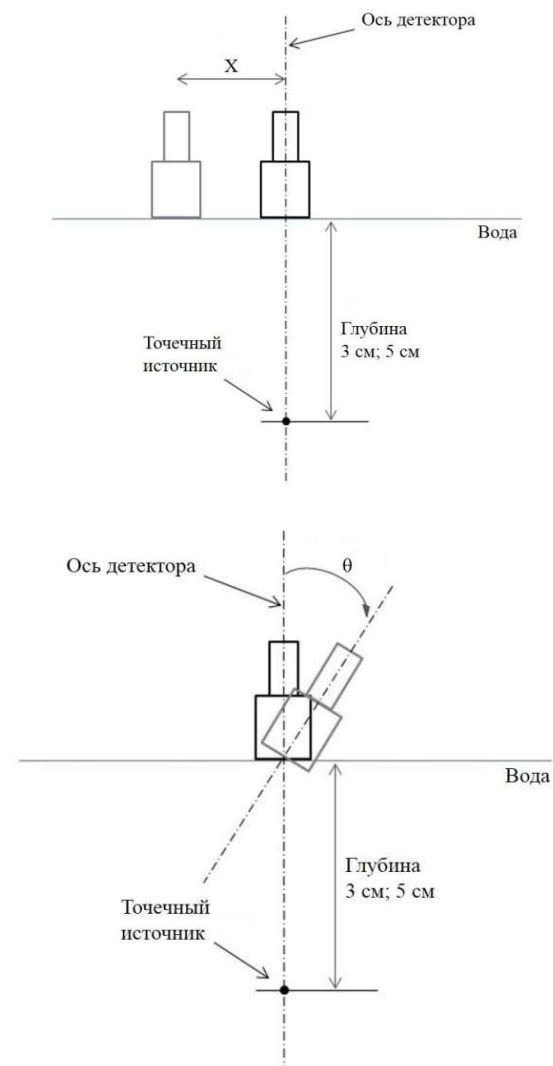
$U_{пор}$ - пороговое напряжение компаратора

Основные характеристики прибора

Чувствительность – количество зарегистрированных в секунду гамма-квантов, отнесённое к единице активности гамма-источника.

Пространственное разрешение – полная ширина на половине высоты (FWHM) координатного распределения скорости счёта гамма-зонда вдоль оси, перпендикулярной оси симметрии гамма-зонда.

Пространственная селективность - полная ширина на половине высоты (FWHM) углового распределения скорости счёта гамма-зонда (варьируется угол наклона гамма-зонда относительно прямой, соединяющей источник гамма-квантов и центр входного окна детектора).



Коллиматор



Схематичное изображение блока (щупа) гамма-зонда

Чувствительность и пространственные разрешение, селективность находятся в обратной зависимости друг к другу с учётом геометрии коллиматора. [5]

Так, посредством применения коллиматора, достигается улучшение разрешения и селективности за счёт снижения чувствительности гамма-зонда.

Методы применения гамма-зондов

СТАНДАРТНЫЕ

Гамма-локатор, Gamma Pen:

* Локализация СЛУ (в процессе операции) [10, 12]

Гамма-зонд (общий случай):

* Диагностирование рака:
молочных желёз [11]
головы и шеи [9]

ЛАПАРОСКОПИЧЕСКИЕ

DROP-IN:

* Поиск СЛУ [3]

* Диагностирование рака:

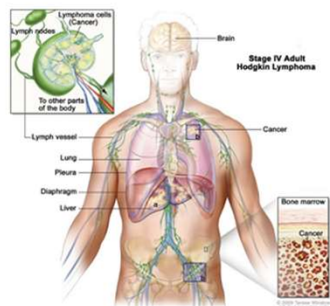
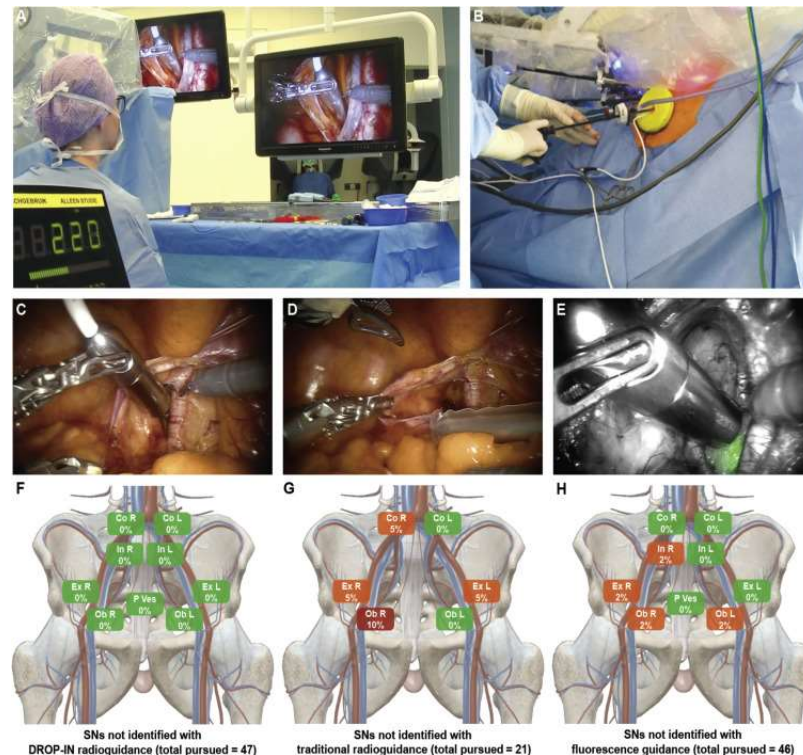
Шейки матки [8]

ЖКТ [15]

* Очень популярный подход среди исследователей и хирургов [7]

Мониторинг и контроль
мощности дозы во время
и после стихийных
бедствий [4]

СЛУ – сторожевые лимфатические
узлы



DROP-IN (радиоуправляемый гамма-зонд):

* Улучшенные показатели обнаружения СЛУ; [3]

* Улучшенная маневренность; [4, 7]

* Безопасность в использовании. [8]

Click-On – пример технологии DROP-IN:

* Повышенная стабильность в ходе проведения операций. [7]

Сравнение характеристик гамма-зондов

	Гамма-локатор	Gamma Pen
Параметры детектора	LaBr ₃ :Ce + SiPM	CsI:Tl + SiPM
Тест по стандарту NEMA NU3-2004, расстояние до источника 30 мм		
	Вода/воздух	Вода/воздух
Чувствительность, (имп/с)/МБк	653/1074	3050/3500
Координатное разрешение, мм	20,3/17,8	87/77
Координатная селективность, град	26,6/19,1	47/40



Gamma Pen [10]

Преимущества в чувствительности:
Gamma Pen
Преимущества в разрешении / селективности:
Гамма-локатор



Гамма-локатор [5]

Влияние лапароскопических процедур на период послеоперационного восстановления

DROP-IN:

- *Высокоточная локализация злокачественных образований; [7]
- * Отсутствие побочных эффектов. [8]

Click-On:

- *Улучшение принятий хирургических решений. [7]

Гамма-зонд (общий случай):

- *Средняя остаточная активность подмышечных СЛУ мала. [11]

Возможно сочетание с ультразвуковой доплерографией:

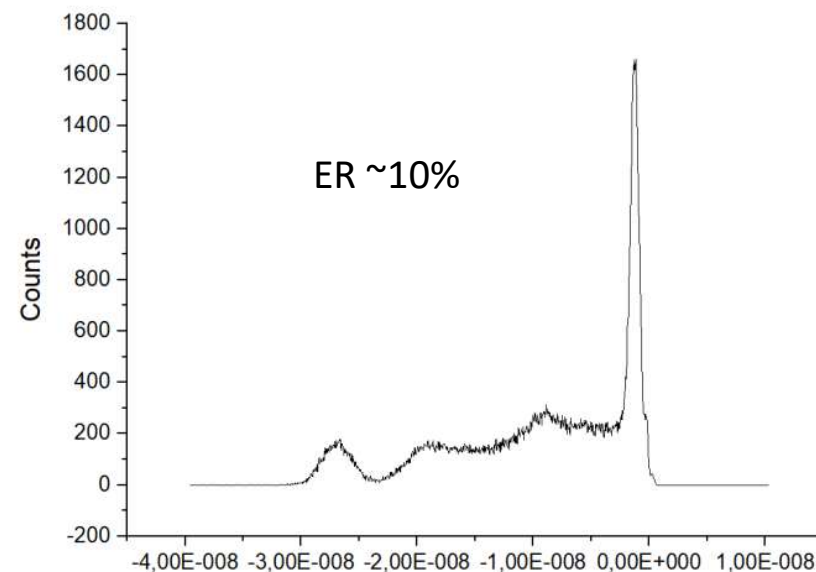
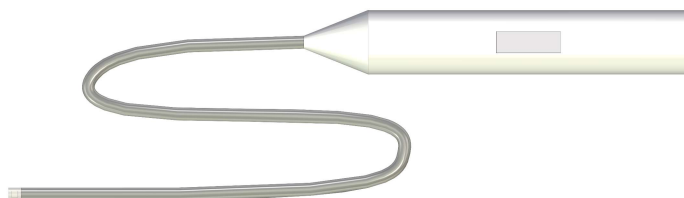
- *Распознавание сосудистых и несосудистых локализаций на различной глубине. [14]*

Малоинвазивная хирургия. [15]

Цель: создание гамма-локатора с вынесенной детектирующей частью

Гамма-зонд с вынесенным сенсором для эндоскопии:

- Минимальный диаметр – 4 мм;
- Хорошая чувствительность;
- Варьируемое поле зрения;
- Длина кабеля не влияет на производительность детектора.



Parameter	LYSO	LaBr3(Ce)	GAGG
Z_{eff}	63	45	51
Density, g/cm ³	7.1	5.1	6.6
Light yield, photons/keV	32	65	38
Luminescence decay time, ns	41	16	30(25%), 80(60%), >100(15%)
Energy resolution @ 662 keV, %	7	3	5
Peak wavelength, nm	420	365	520
Hygroscopicity	-	+	-
Self-radioactivity	+	+	-

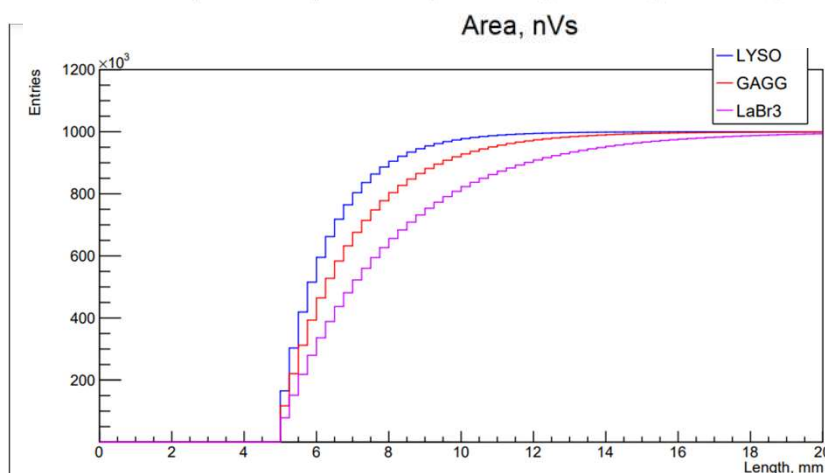
Свойства сцинтиллятора GAGG

GAGG - $Gd_3Al_2Ga_3O_{12}$

*Хорошо соответствует диапазону чувствительности SiPM (2 семестр);

*Альтернатива LYSO (3 семестр);

*Широкий набор вариантов применения: медицина, ядерная физика, физика высоких энергий (4 семестр).



Заключение

Гамма-зонды:

* Существуют различные типы данных приборов (по категориям): классические гамма-зонды для поиска СЛУ (Gamma Pen, гамма-локатор), лапароскопические аналоги для полостных операций (гамма-зонд системы DROP-IN, Click-On).

* Компактный и мобильный гамма-зонд может выступать в качестве достойной альтернативы габаритным и неподвижным технологиям, используемым при диагностировании местоположения злокачественных образований в организме пациента (гамма-камера, ОФЭКТ, ПЭТ и т.д.);

* Развитие медицины в области применения гамма-зондов позволило улучшить результаты лечения заболеваний онкологического характера (при учёте отсутствия побочных эффектов от их применения);

* На кафедре 40 ведутся работы по созданию гамма-зонда с вынесенной детектирующей частью на кристалле GAGG в сочетании с фотоприёмником SiPM.

Список литературы

- [1] Ягнюкова А.К., Болоздыня А.И., Канцеров В.А., Сосновцев В.В. ГАММА-ЛОКАТОР ДЛЯ РАДИОНУКЛИДНОЙ ДИАГНОСТИКИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ. Инженерия сцинтилляционных материалов и радиационные технологии, ИСМАРТ-2014.
- [2] Н.Н. Чернов, А.В. Дьяков. ИССЛЕДОВАНИЕ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ДЕТЕКТОРОВ ДЛЯ УСТРОЙСТВ ТОЧЕЧНОЙ РАДИОНУКЛИДНОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОПЕРАЦИОННОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА. Известия ЮФУ, 2009.
- [3] Paolo Dell'Oglio a,b,c,d, Philippa Meershoek a,c, Tobias Maurer e, Esther M.K. Wit c, Pim J. van Leeuwen c, Henk G. van der Poel c, Fijfs W.B. van Leeuwen a,b,c, Matthias N. van Oosterom a,c,. A DROP-IN Gamma Probe for Robot-assisted Radioguided Surgery of Lymph Nodes During Radical Prostatectomy. Accepted October 22, 2020
- [4] V. N. Potapov, N. K. Kononov, O. P. Ivanov, S. M. Ignatov, V. E. Stepanov, A.V. Chesnokov, and V. G. Volkov. A Gamma Locator for Remote Radioactivity Mapping and Dose Rate Control. Published in: IEEE Symposium Conference Record Nuclear Science, 2004.
- [5] Бердникова А. К. СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ ГАММА-ЗОНД ДЛЯ РАДИОНУКЛИДНОЙ ДИАГНОСТИКИ В ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЕ. Москва – 2016.
- [6] А.С.Симутин, М.Ю.Чернов, А.А.Гасанов, А.Д.Орлов, Н.В.Классен, С.З.Шмурак Исследование характеристик спектрометрического детектора на основе кристалла LaBr₃:Ce и ФЭУ-184, 2012.
- [7] Samaneh Azargoshasb, Simon van Alphen, Leon J. Slof, Giuseppe Rosiello, Stefano Puliatti, Sven I. van Leeuwen, Krijn M. Houwing¹, Michael Boonekamp, Jeroen Verhart, Paolo Dell'Oglio, Jos van der Hage, Matthias N. van Oosterom, Fijfs W. B. van Leeuwen. The Click-On gamma probe, a second-generation tethered robotic gamma probe that improves dexterity and surgical decision-making, 2021 May 25.
- [8] Ilse G. T. Baeten , Jacob P. Hoogendam, Arthur J. A. T. Braat, Ronald P. Zweemer¹ and Cornelis G. Gerestein. Feasibility of a drop-in γ -probe for radioguided sentinel lymph detection in early-stage cervical cancer, 20 June 2022.
- [9] Deepti Sharma, George Koshy, Sonal Grover, Bhushan Sharma. Sentinel Lymph Node Biopsy. A new approach in the management of head and neck cancers, Sultan Qaboos University Med J, February 2017.
- [10] Aram Radnia, Hamed Abdollahzadeh, Behnoosh Teimourian, Mohammad Hossein Farahani, Mohammad Reza Ay. Introducing the GammaPen: All-in-One Gamma Probe for Sentinel Lymph Node Biopsy. 20 February 2021.
- [11] Jean-Marc Classe, Maryse Fiche, Caroline Rousseau, MD, Christine Sagan, Francois Dravet, Raphaelle Pioud, Albert Lisbona, Ludovic Ferrer, Loic Champion, Isabelle Resche, Chantal Curtet. Prospective Comparison of 3 γ -Probes for Sentinel Lymph Node Detection in 200 Breast Cancer Patients. March 2005.
- [12] Aram Radnia, Hamed Abdollahzadeh, Behnoosh Teimourian, Mohammad Hossein Farahani, Mohammad Esmaeil Akbari, Habib Zaidi, Mohammad Reza Ay. Development and characterization of an all-in-one gamma probe with auto-peak detection for sentinel lymph node biopsy based on NEMA NU3-2004 standard. 19 January 2021.
- [13] T. Furuno, A. Koshikawa, T. Kawabata, M. Itoh, S. Kurosawa, T. Morimoto, M. Murata, K. Sakanashi, M. Tsumura, A. Yamaji. Response of the GAGG(Ce) scintillator to charged particles compared with the CsI(Tl) scintillator. 13 October 2021.
- [14] Ching-Chia Li, Bor-Shing Lin, Sheng-Chen Wen, Yuan-Teng Liang, Hung-Yu Sung, Jhen-Hao Jhan, Bor-Shyh. Smart Blood Vessel Detection System for Laparoscopic Surgery. Published online 2022 Mar 11.
- [15] Adrian Calborean, Sergiu Macavei, Mihaela Mocan, Catalin Ciuce, Adriana Bintintan, Adrian Cordos, Cosmin Pestean, Romeo Chira, Liviu Zarbo, Lucian Barbu-Tudoran, George Dindelegan, Felix Nicke, Bogdan Mocan, Valeriu Surlin, Vasile Bintintan. Non-invasive laparoscopic detection of small tumors of the digestive tract using inductive sensors of proximity. 2022.