Основной задачей моего проекта является разработка быстродействующего детектора рентгеновского излучения, реализующего спектрометрический метод счета рентгенговских фотонов для измерения минеральной плотности кости (денситометрии).

На данный момент в России не производятся денситометры, хотя в мире уже давно реализован подобный прибор. Поэтому нашей задачей является не только разработка прибора, но и разработка детектора, который будет превосходить существующие в мире аналоги.

Денситометр - это прибор, который позволяет определять минеральную плотность кости, что позволяет на ранних этапах приступить к лечению остеопороза. Остеопороз – заболевание, характеризующееся снижением плотности костей и увеличением риска перелома.

Что касается детектора, то следует отметить несколько вариантов его реализации. Существуют три основных способа сбора информации с детектора: интегрирующий режим, счетный режим и спектрометрический. При работе в интегрирующем режиме сигнал пропорционален количеству зарегистрированных фотонов, однако мы не можем восстановить их исходное значение. Счетный режим позволяет различать каждый отдельный рентгеновский фотон. Работа в спектрометрическом режиме означает, что мы не только отделяем каждый отдельный фотон, но и регистрируем его энергию.

Использование спектрометрических детекторов позволяет получать более высокое соотношение сигнал-шум и, следовательно, применять их при более низких дозах облучения, что особенно важно при массовых обследованиях населения.

Детектор состоит из SiPM и сцинтиллятора. К сцинтиллятору предъявляются следующие требования: он должен быть негигроскопичным, ярким, быстрым, иметь высокую плотность и атомный номер и, пожалуй, самое важное, иметь высокое энергетическое разрешение.

В ходе исследования мы выявили для сцинтиллятора, наиболее подходящих на эту роль: YAP:Ce и LuYAG:Pr. Конечно, существуют детекторы с лучшим энергетическим разрешением и меньшим временем высвечивания (CdTe или HPGe), однако первый не технологичен и требует специальной электроники, а второй слишком дорогой в повседневном использовании, т.к. требует охлаждения.

Выбор SiPM не составил особых проблем, т.к. его главная характеристика, существенным образом влияющая на энергетическое разрешение – это квантовая эффективность. Для исследований куплен SiPM фирмы KETEC с заявленной квантовой эффективностью свыше 40%.

Используя SiPM KETEC и сцинтиллятор YAP:Ce, удалось добиться энергетического разрешения 17% при энергии 59.5 кэВ. Однако на данный момент нет однозначного ответа какое энергетическое разрешение требуется от детектора, т.к. оно зависит от большого числа факторов. Судя по оценкам, энергетическое разрешение должно быть около 20% FWHM при энергии 40 кэВ.

Чтобы получить самосогласованную модель, учитывающею все основные параметры установки, необходимо уметь моделировать отклик детектора, знать падающий спектр рентгеновского излучения, число частиц в нем и, что самое главное, уметь по полученному спектру вычислять ошибку определения плотности кости.

Сначала была рассмотрена самая простая модель – случай двух моноэнергетических источников. Эта модель позволяет в первом приближении посчитать энергии, которыми необходимо облучать человека, а также вычислить ошибку определения плотности кости. Получилось, что нижняя энергия должна быть около 40 кэВ, а верхняя – как можно выше.

На данный момент рассматривается более точная и сложная модель, учитывающая неидеальность спектров.

Подводя итоги, можно сказать, что в ходе работ получен детектор на основе комбинации SiPM – сцинтиллятор, позволяющий достичь энергетического разрешения 17% при энергии 59.5 кэВ и обладающий высокой скоростью счета. Рассмотрена модель двух моноэнергетических источников, позволяющая в первом приближении оценивать ошибку определения плотности кости.