Генерация тормозного рентгеновского излучения на установке с ППТ и измерение его параметров

Г.И. Долгачев, Ю.Г. Калинин, Д.Д. Масленников, Е.Д. Казаков, А.А. Шведов, Б.Р. Мещеров, Ю.Л. Бакшаев, И.А. Ходеев

НИЦ "Курчатовский институт", Москва, Россия

В настоящее время значительную роль в ряде медицинских и биологических приложений играет применение радиационных технологий с использованием импульсных источников рентгеновского и гамма-излучения (РИ и ГИ). в частности, при стерилизации, существенную роль играет не только интегральная доза, но и её пиковая мощность. Так, например, для некоторых микроорганизмов летальная доза существенно уменьшается, если использовать импульсно-периодические источники ГИ. В данной работе представлен новый импульсный источник ГИ, созданный на базе электронного ускорителя РС-20 с плазменным прерывателем тока (ППТ). Для оптимизации параметров генератора ГИ была разработана и реализована методика расчета ППТ [1] и его согласования с диодом для получения максимального выхода ГИ.

Разработана методика расчета поля доз и их мощностей в зависимости от материала и толщины мишени для электронного пучка диаметром 3 см, падающего перпендикулярно к поверхности анода. Создан измерительный комплекс, включающий: 4-канальный электронно-оптический диагностический комплекс на основе ЭП-15 [2] для исследования динамики плазмы в ППТ;, измерители электрических параметров и комплекс для измерения импульсной дозы ГИ (до 10 Гр/имп. и более) и ее мощности (до 109 Гр/с и более).

Созданный на базе установки РС-20М генератор гамма-излучения позволяет получать в диоде (диаметр эмитирующей кромки катода — 4,8 см, зазор — 3 см) однородное гамма- излучающее пятно диаметром ~3cм. При напряжении ГИН UГИН = 0,72 МВ максимальное напряжение на диоде UД = 2,2 МВ, ток диода IД = (80 – 90) кА, доза и ее мощность, поглощаемая в свинце, составляют DPB = (12 – 23) Гр, WPB = (1,2 – 2,3) × 108 Гр/с соответственно. При этом мощность экспозиционной дозы составляет около 1010 Р/с.

Для дальнейшего развития этого направления и создания частотного генератора импульсов ГИ с указанной величиной дозы и ее мощностью необходимо решить задачу повышения стойкости мишени до (300 – 500) Дж/см2 и создать схемы, позволяющие «фокусировать» ГИ, т.е. получать указанные дозы при меньшей плотности энерговыделения на аноде — конверторе. Эскизная проработка показывает, что можно использовать «револьверный» мишенный узел на 30 мишеней. При этом в качестве мишени целесообразно использовать вольфрамовую «мочалку» (спиральки из вольфрамовой проволоки толщиной ~10 мкм), ограниченную пластинами из пироуглеродной ткани толщиной 0,4 мм со стороны пучка и 3 мм с противоположной стороны, работоспособность которой в наших условиях составляет ~10 импульсов. Тогда можно набрать суммарную дозу ~150 кР без вскрытия вакуумной камеры. Такая установка представляет интерес, например, для изучения влияния пиковой мощности дозы на эффективность стерилизации, которая даже при мощности дозы 106 Р/с повышается в 3 ÷ 5 раз. Следует также отметить, что при сегодняшнем состоянии установки РС-20М и некоторой модернизации диодного узла можно выпустить электронный пучок в атмосферу и работать с дозами электронного облучения на уровне 104 Гр/имп.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 15-32-20308 мол\_а\_вед.

Литература

1. Долгачев Г.И., Масленников Д.Д., Шведов А.А. // Физика плазмы, 2009, т.35, №3, с. 251-257
2. Ананьев С.С., Багдасаров Г.А. Казаков Е.Д., Шведов А.А. // ВАНТ. Серия Термоядерный синтез, 2013, т.36, вып.4. с. 84-91.