

ФИЗИКА ПЛАЗМЫ

УДК 621.384.6

DOI: 10.17223/00213411/62/10/122

К.Ю. ВАСИЛЬЕВ², А.А. КАЧАЛКОВ¹, В.К. ПЕТИН¹, Н.А. ПАТАХИН¹, М.Е. СЕРЕБРЯННИКОВ², А.А. ЭРФОРТ¹

ИМПУЛЬСНЫЙ УСКОРИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ

Представлен импульсный ускоритель электронных пучков с выводом ускоренных в вакуумном диоде электронов в атмосферу. Энергия электронов в пучке 1 МэВ, средняя регулируемая плотность тока электронов 10–200 А/см², средняя регулируемая мощность поглощённой дозы в кремнии 0.2·10¹¹–4·10¹¹ Гр/с, облучаемая площадь единицы квадратных сантиметров, длительность импульса ускоряющего напряжения регулируется в диапазоне 50–200 нс.

Ключевые слова: ускоритель электронных пучков, высоковольтный импульсный трансформатор, формирующая линия, ускорительная трубка, плотность тока электронов, мощность поглощённой дозы в кремнии.

Введение

Целью работы является разработка и изготовление простого и надёжного ускорителя электронов, предназначенного для получения и вывода в атмосферу пучка ускоренных электронов для исследования радиационной стойкости микроэлектронных изделий с массовой толщиной не более 0.5 г/см².

Технические требования к ускорителю: энергия электронов ≥ 1 МэВ, число электронов с энергией ≤ 1 МэВ после выводного окна ускорителя не больше 20 %, плотность тока электронов на расстоянии 10 мм от выводного окна ускорителя варьируется в диапазоне 10–200 А/см² с возможностью плавного изменения, площадь облучаемого пятна 2 см² с неоднородностью не более 20 %, длительность импульса электронов на полувысоте 50 нс с отклонением не более 15 нс, на полувысоте 100 нс – не более 15 нс, 200 нс – не более 20 нс, производительность ускорителя 50 однократных импульсов в смену, электромагнитные наводки в сигнальных кабелях не более 0.5 В, эксплуатация установки персоналом без опыта в области разработки ускорителей, управление ускорителем от персонального компьютера.

С учётом вышеприведённых требований и особенностей ускоритель может быть реализован по схеме: высоковольтный импульсный источник напряжения (генератор импульсного напряжения Аркадьева – Маркса или высоковольтный импульсный трансформатор) заряжает формирующий элемент, который после срабатывания коммутатора разряжается на вакуумный диод со взрывной электронной эмиссией. Из условия простоты устройства и эксплуатации в качестве высоковольтного импульсного источника выбран высоковольтный импульсный трансформатор с одновитковой первичной и многовитковой вторичной обмоткой, для обеспечения максимальной требуемой длительности импульса в качестве формирующего элемента выбрана необычная для установок с такими параметрами спиральная формирующая линия. Применение обычной формирующей линии из сплошных коаксиальных проводников кажется неоправданным из-за существенного увеличения (на 3–4.5 м) продольных размеров линии. Изменение длительности импульса обычно обеспечивается набором формирующих линий разной длины, применением для заполнения формирующих линий диэлектриков с разной диэлектрической проницаемостью (например, в [1]) или срезающего разрядника [2]. Использование срезающего разрядника приводит к передаче только части запасённой в первичном накопителе энергии в нагрузку. Неиспользованная в нагрузке энергия рассеивается в высоковольтном импульсном источнике напряжения и формирующем элементе и может вызывать уменьшение их ресурса, однако применение срезающего разрядника обеспечивает быстрый спад импульса напряжения (и следовательно, уменьшение доли электронов с энергией меньше 1 МэВ) и позволяет эксплуатировать ускоритель без дополнительных работ по сливу и заливу диэлектрических жидкостей и разборки-сборки формирующего элемента для изменения длительности импульсов.

Для уменьшения электромагнитных наводок все элементы ускорителя с импульсными напряжениями и токами выполняются внутри замкнутых заземлённых металлических корпусов или экранов.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>