

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЯМЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ РАДИАЦИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Ляшенко М. В.

Зацепин Е. Н. – канд. технических наук, доцент

В настоящее время человечество находится в поиске альтернативных источников электроэнергии. Найден способ преобразования радиации в электрическую энергию, однако в реально существующих устройствах (прямых преобразователях) низкий КПД (коэффициент полезного действия). В связи с чем ведутся работы по разработке и исследованию способов, повышающих КПД преобразователей до уровня, достаточного для практического применения.

При облучении слоистых структур, состоящих из чередующихся слоёв тяжелого металла, изолятора и легкого металла потоком гамма-квантов, в них формируется электродвижущая сила за счет преимущественного поглощения гамма-излучения тяжелым металлом, которое приводит к эмиссии быстрых электронов. Некоторая их часть проникает в легкий металл, вследствие чего он отрицательно заряжается. Если соединить легкий и тяжелый металл внешней нагрузкой, эти электроны будут возвращаться через нее в тяжелый металл, выполняя полезную работу. Отношение этой работы к энергии излучения, которую поглотила слоистая структура, и определяет эффективность преобразования радиации в электроэнергию в прямых преобразователях [1].

В идеальном случае, все выбитые из тяжелого эмиттера электроны доходят и поглощаются легким проводником. Если каждый из этих электронов через внешнюю цепь будет возвращаться из коллектора в эмиттер, то этой внешней цепи возникнет электрический ток I . При ее электрическом сопротивлении R в ней будет выделяться электрическая мощность. Можно оценить КПД системы, взяв отношение мощности, выделяющейся во внешней цепи $W_{вн}$, к мощности поглощаемых гамма-квантов $W_{пад}$.

При уменьшении кинетической энергии K электронов, КПД должен монотонно возрастать вплоть до ее приближения к нулю, однако для прохождения тока I через внешнюю цепь между эмиттером и коллектором должна быть разность потенциалов $\Phi = I \cdot R$.

Для того, чтобы электроны, вылетающие из эмиттера, могли преодолеть эту разность потенциалов и достичь коллектора, их кинетическая энергия должна быть не меньше, чем произведение этой разности потенциалов и заряда электрона.

В идеализированном случае, когда накачка системы гамма-квантами велика, т.е. энергозатратами на работу выхода можно пренебречь, КПД будет приближаться к единице с точностью до затрат на работу выхода. Таким образом, если кинетическая энергия эмитируемых электронов становится равной их электростатической энергии между эмиттером и коллектором, электроны входят в коллектор с нулевой кинетической энергией, что устраняет потери на тепловыделение и КПД приближается к единице, т.е. идеальной величине.

Но если кинетическая энергия эмитируемых электронов больше электростатической энергии между эмиттером и коллектором, то КПД начинает уменьшаться обратно пропорционально кинетической энергии.

КПД идеализированной системы может приближаться к 100%, однако экспериментальные исследования показали эффективность $\sim 10^{-5} \%$.

Причинами такого расхождения в результатах является ряд факторов: далекая от оптимальной геометрия преобразователей, чрезмерная толщина слоев тяжелого металла и изолятора, неоптимальная энергия электронов, вылетающих из эмиттера.

Для улучшения показателей эффективности наиболее оптимальной является сферическая геометрия фрагментов тяжелого металла, поглощающих гамма-кванты, однако размеры сфер не должны превышать их длин пробега, а также все сферы должны быть электрически соединены друг с другом. Также следует уменьшать толщину слоя тяжелого металла, чтобы электроны не останавливались в нем. Если же толщина изолятора будет слишком большой, то многие из эмитированных тяжелым металлом электронов будут останавливаться в слое изолятора, они не дойдут до легкого металла и, следовательно, выбывают из процесса формирования полезного тока. Это также приводит к снижению электросопротивления изолятора.

Наиболее предпочтительным изолятором является слой вакуума. Для создания изолятора, близкого по свойствам к вакууму, может быть использован слой аэрогеля (материала, образованного волокнами диэлектриков типа оксидов алюминия или кремния, пористость которого превышает 95%, а механическая прочность позволяет удерживать слои тяжелого и легкого металлов на определенном расстоянии, не позволяя им вступить в прямой контакт). Регулирование же выходной энергии в первую очередь означает подбор оптимальной формы и размера поверхности эмиттера и должна производиться применительно к техническим параметрам конкретных условий эксплуатации.

В наше время ученые занимаются поиском вариантов построения высокоэффективных преобразователей радиации в электроэнергию. Однако на данный момент это направление в области альтернативной энергетики не находит достойного применения вследствие низких показателей эффективности.

Список используемых источников:

1. Кедров, В.В. Новые радиационно-прочные устройства для контроля ионизирующих излучений и прямого преобразования радиации в электроэнергию на основе наноструктурированных материалов / Ершов А.Е., Кедров В.В., Классен Н.В., Кошелев С.В., Курлов В.Н., Шахрай О.А., Шмурак С.З., Шмытько И.М. // Вопросы атомной науки и техники серия «Техническая физика и автоматизация», в. 66, с. 132-139, 2011.