

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

УДК 53.072

КАМЕРА ВИЛЬСОНА НА ЭЛЕМЕНТАХ ПЕЛЬТЬЕ

Верич А.В., Кулик А.В.

Научный руководитель – Качан С.М., к.ф.-м.н., доцент

Почувствовать или увидеть ионизирующее излучение (радиацию) невозможно, по причине ограниченных возможностей наших органов чувств. Но за все время изучения ионизирующего излучения были созданы различные счетчики регистрации частиц. Важным этапом в методике наблюдения следов частиц явилось создание камеры Вильсона. За это изобретение Ч. Вильсону в 1927 г. присуждена Нобелевская премия. В камере Вильсона треки заряженных частиц становятся видимыми благодаря конденсации перенасыщенного пара на ионах газа, образованных при взаимодействии заряженной частицы с атомами. На ионах образуются капли жидкости, которые вырастают до размеров, достаточных для наблюдения и фотографирования при хорошем освещении. Рабочей средой чаще всего является смесь паров воды и спирта.

Однако у оригинальной камеры Вильсона был заметный недостаток. Так как она работала в циклическом режиме, то устойчивое наблюдение треков частиц было затруднительно. Для того, чтобы наблюдать треки устойчиво, необходимо достигать нужных параметров рабочей среды не за счет адиабатического расширения, а за счет охлаждения нижней поверхности камеры [1]. Это охлаждение можно осуществить с помощью сухого льда, так как сухой лед имеет довольно низкую температуру и прост в эксплуатации. Но в таком случае возникает другая проблема – ограничение эксперимента по времени. Сухой лед очень быстро заканчивается!

Чтобы решить проблему стабильности проведения эксперимента по наблюдению треков заряженных частиц в камере Вильсона, было предложено использовать для охлаждения нижней поверхности камеры элементы Пельтье. Принцип действия элемента Пельтье как термоэлектрического охладителя (ThermoElectric Cooler - TEC) основан на возникновении разности температур при прохождении электрического тока через контакт двух разнородных проводников (эффект Пельтье) Конструкция стандартного элемента Пельтье приведена на рисунке 1.

Основной задачей данного проекта являлось создание автономной, стационарно работающей камеры Вильсона на элементах Пельтье, которую в дальнейшем можно было бы использовать в учебной лаборатории при выполнении практикума.

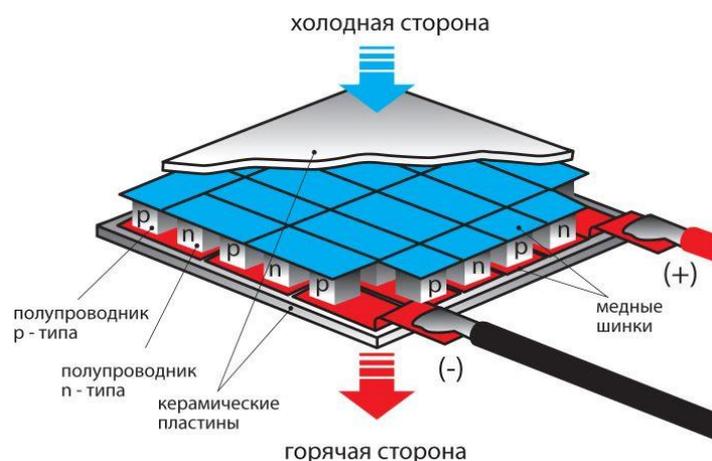


Рис. 1. Конструкция элемента Пельтье

На первом этапе стоял вопрос выбора модели элемента Пельтье и способа охлаждения его нагретой стороны. В качестве способа охлаждения рассматривались два варианта – воздушное охлаждение и водное. Выбор модели основывался на значении достижимого минимума температуры на «холодной стороне» при данном виде охлаждения. Не последнюю роль играла и площадь самого элемента Пельтье, так как для реализации камеры, способной демонстрировать полноценные треки альфа-частиц от радионуклидных источников со стандартной энергией до 5.5 МэВ, требуется охлаждаемая площадка размером не менее 8 см в диаметре (при центральном размещении радиоактивного источника).

Чтобы разобраться, какая модель элемента Пельтье проявит себя наилучшим образом, и за счет какого способа охлаждения, было проведено большое количество экспериментов. В итоге, наиболее эффективными были признаны модели TEC1-12706 и TEC1-12710 при водном охлаждении. На рисунках 2 и 3 приведены зависимости температуры «холодной стороны» элемента Пельтье от подаваемого напряжения, для моделей TEC1-12706 и TEC1-12710, соответственно. При этом температура охлаждающей воды в среднем была равной 23°C.

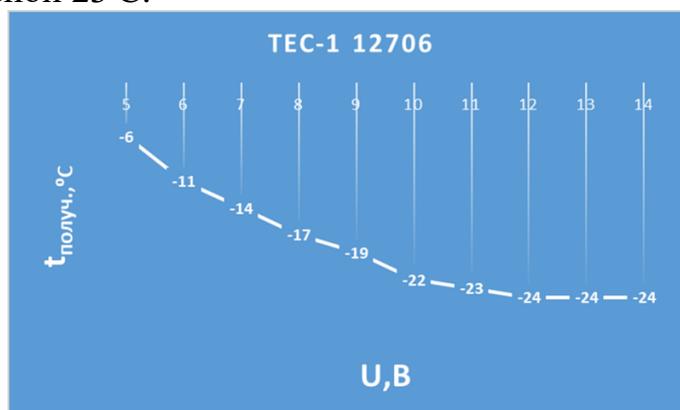


Рис. 2. Зависимость температуры «холодной стороны» элемента Пельтье от подаваемого напряжения при водном охлаждении для TEC1-12706

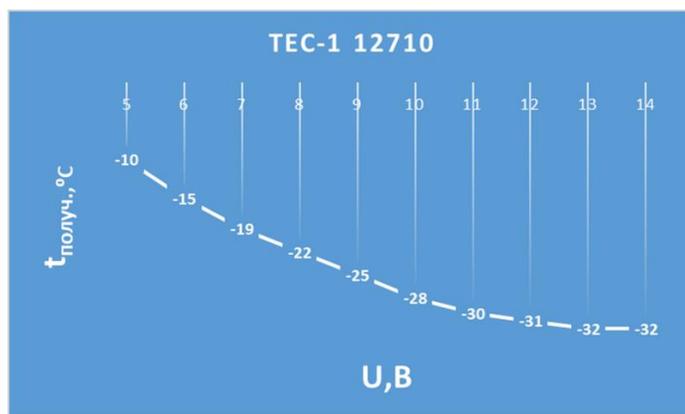


Рис. 3 Зависимость температуры «холодной стороны» элемента Пельтье от подаваемого напряжения при водном охлаждении для TEC1-12710

Как видно из рисунков 2 и 3, минимальную температуру «холодной стороны» удалось получить при использовании TEC1-12710. Однако, при сборке камеры Вильсона на TEC1-12710 стало ясно, что температура охлаждения поверхности недостаточна для конденсации в парах изопропилового спирта. Для решения этой проблемы было предложено использовать в качестве подложки стек из двух элементов Пельтье. Стекло представляет собой соединение двух элементов Пельтье разной мощности. Важно было добиться того, чтобы нижний элемент стека успевал охлаждать верхний, и возможным это оказалось при минимальном напряжении верхнего элемента TEC1-12706 и размещении нижнего элемента TEC1-12710 на радиаторе с водным охлаждением. Зависимость температуры «холодной стороны» стека от подаваемого на нижний элемент Пельтье напряжения приведена на рисунке 4.

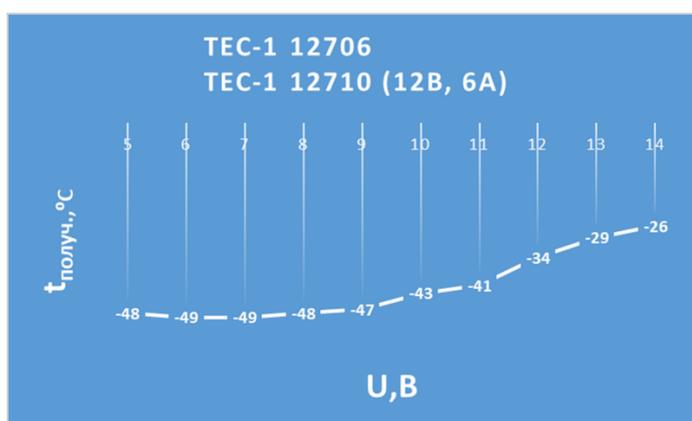


Рис. 4. Зависимость температуры «холодной стороны» TEC1-12706 от подаваемого напряжения на TEC1-12710 при водном охлаждении стека TEC1-12706/ TEC1-12710

В окончательном варианте сборки камеры Вильсона, рабочие пары изопропилового спирта которой охлаждались стеками из элементов Пельтье, была добавлена система воздушного охлаждения для водного теплоносителя, позволившая продлить время работы установки.

Принципиальная схема функционирующей камеры Вильсона на элементах Пельтье представлена на рисунке 5.

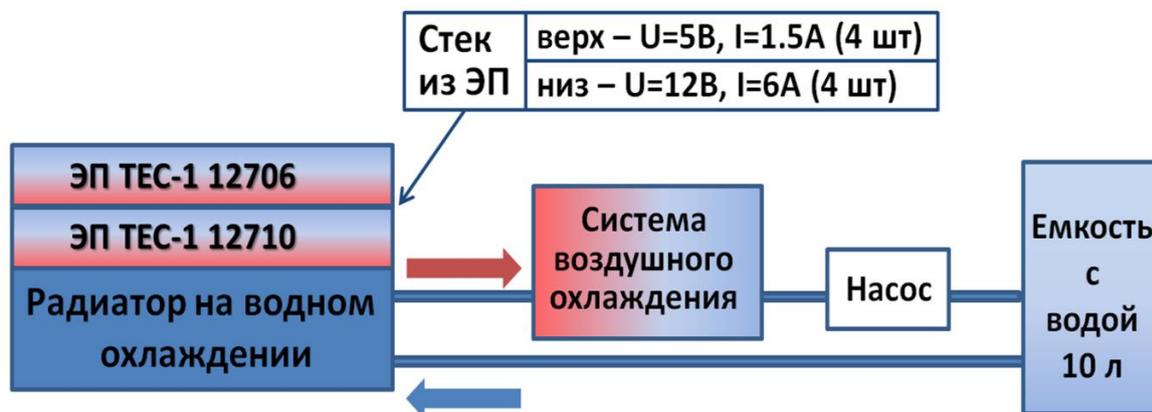


Рис. 5. Принципиальная схема камеры Вильсона на элементах Пельтье

Конструктивно камера Вильсона была организована путем помещения охлаждающей площадки из четырех стеков в пластиковый корпус. По периметру внутренней поверхности корпуса был помещен тканевый шнур, смачиваемый изопропиловым спиртом. В центре камеры, на высоте 3 см от охлаждаемой поверхности, зафиксировали радиоактивный альфа-источник на основе изотопа америция-241. Проверки работоспособности и стабильности рабочего режима камеры прошла успешно: демонстрация треков альфа-частиц продолжалась в непрерывном режиме на протяжении 2 часов.

В дальнейшем, на основе сконструированной камеры Вильсона, способной к длительной работе в стационарном температурном режиме, планируется создание лабораторной работы, целью которой будет: изучение принципов работы камеры Вильсона, определение энергии альфа-частиц по длине их пробега R , определение массы альфа-частиц по длине пробега R и потенциалу ионизации I паров. Возможности камеры Вильсона значительно возрастают при помещении её в сильное магнитное поле. По искривлённой магнитным полем траектории заряженной частицы определяют знак её заряда и импульс. Поэтому в дальнейшем планируется изучить возможность использования неодимовых магнитов для создания сильного квазиоднородного магнитного поля.

Литература

1. Ядерная физика в интернете [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/experiment/detectors/wchamber.htm>. – Дата доступа: 01.09.2024.