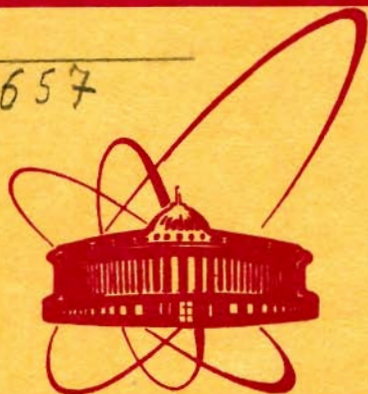


Г-657



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

135 / 2-80

14/1-80

P8 - 12738

И.Н.Гончаров, В.М.Дробин, Л.Н.Зайцев,
Е.Д.Клещенко, Н.М.Осипова, А.В.Пучков,
В.В.Фролов, С.И.Яковлев

КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ
ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ
В СВЕРХПРОВОДЯЩЕМ СПЛАВЕ НТ-50
ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ПРОТОНАМИ
С ЭНЕРГИЕЙ 8,5 ГэВ

1979

P8 - 12738

И.Н.Гончаров, В.М.Дробин, Л.Н.Зайцев,*
Е.Д.Клещенко,* Н.М.Осипова, А.В.Пучков,*
В.В.Фролов,* С.И.Яковлев

КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ
ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ
В СВЕРХПРОВОДЯЩЕМ СПЛАВЕ НТ-50
ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ПРОТОНАМИ
С ЭНЕРГИЕЙ 8,5 ГэВ

* Московский инженерно-физический институт.

Гончаров И.Н. и др.

P8 - 12738

Калориметрические измерения энерговыделения в сверхпроводящем сплаве Nb-Ti-50 при облучении протонами с энергией 8,5 ГэВ

Описан калориметрический метод измерений энерговыделения в сверхпроводящем сплаве ниобий-титан /Nb-Ti-50/, обусловленного прохождением пучка протонов с энергией 8,5 ГэВ. Приведены результаты измерений при гелиевых температурах для образца толщиной 2 мм. Полученное значение энерговыделения составило $(2,5 \pm 0,8) \cdot 10^{-13}$ Дж/прот.г·см⁻². Главный источник ошибки - неточность определения числа протонов, прошедших через образец.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Goncharov I.N. et al.

P8 - 12738

Calorimetric Measurements of Energy Release in the Nb-Ti-50 Superconducting Alloy at the Irradiation by 8.5 GeV Protons

The calorimetric method of measurements of energy release in the Nb-Ti-50 alloy caused by irradiation by 8.5 GeV proton beam is described. The results of measurements at helium temperatures for sample 2 mm thick are given. The obtained value of energy release was: $(2.5 \pm 0.8) \cdot 10^{-13}$ J/proton.g.cm⁻². The error is mainly due to uncertainty in determining number of protons passing through sample.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших задач при изучении влияния облучения на сверхпроводящие материалы является определение энергии, поглощенной в них. В литературе отсутствуют экспериментальные данные, позволяющие связать плотность потока частиц с дозой, оставленной излучением в сверхпроводящих ниобий-титановых сплавах. Такие данные необходимы для прогнозирования режима облучения при работе со сверхпроводниками под током и планирования диапазона возможных значений токов, с которыми можно работать при заданной интенсивности облучения. Цель настоящей работы состояла в получении вышеуказанных данных.

УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения проводились в гелиевом криостате (рис.1). Наружные окна криостата были сделаны из алюминизированного майлара толщиной 50 мкм. Внешний медный тепловой экран (1) с толщиной стенки 1 мм имел контакт с азотным резервуаром. Для уменьшения массы вещества на пути пучка во внешнем экране были прорезаны окна и закрыты алюминизированным майларом. Образец (4) находился в вакуумном пространстве внутри медного теплового экрана (2) с толщиной стенки 50 мкм, имеющего тепловой контакт с гелиевым бачком криостата, и крепился с помощью капроновых нитей и рамки из оргстекла к У-образному каналу (3) гелиевого объема. Минимальная температура образца, полученная в данных условиях, была равна 4,5 К.

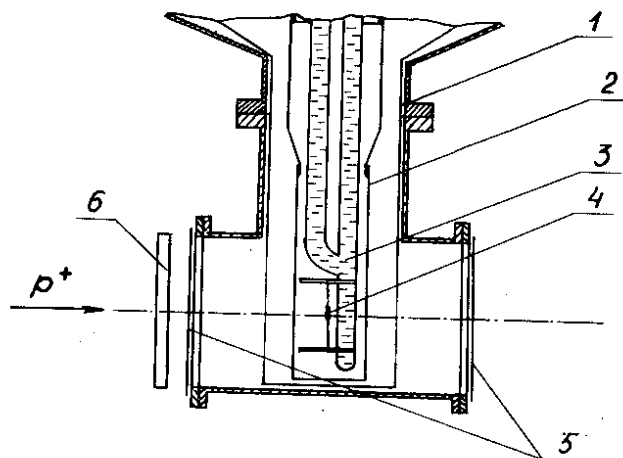


Рис.1. Схема эксперимента (обозначения в тексте).

Образец из сплава НТ-50 представлял собой правильный шестиугольник со стороной 4 мм и толщиной 2 мм. Он был отрезан от стержня, полученного в результате горячего прессования, который являлся заготовкой для изготовления мелкодисперсного кабеля. Экспериментальное определение состава данного образца, выполненное рентгеновским методом, показало, что содержание титана в сплаве составляет 39 вес.% (55 ат.%). Возможно, такое отличие от исходного состава (около 50 вес.%) связано с выделением α -фазы, что сопровождается обеднением матрицы титаном.

К образцу клеем БФ-2 приклеивался термометр сопротивления фирмы "Аллен-Бредли" и спай термпары Au + 0,03 ат.% Fe - хромель для измерения температуры. Для обеспечения хорошего теплового контакта с образцом, а также для уменьшения массы термометр был сошлифован почти до половины диаметра. Затем он был откалиброван по образцовому германиевому термометру ТСГ-1. Для измерения теплоемкости использовался на-

греватель из константановой проволоки диаметром 0,1 мм с сопротивлением 21 Ом, намотанный по периметру образца. Масса системы, состоящей из образца, нагревателя и датчиков, составляла 0,64 г (масса самого образца - 0,58 г.).

ИЗМЕРЕНИЕ ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ

Перед облучением была измерена теплоемкость системы, состоящей из образца, нагревателя, термометра и терморпары. С помощью нагревателя системе сообщались калиброванные импульсы тепла. Изменение температуры образца регистрировалось термометром сопротивления. Длительность теплового импульса составляла 1÷5 с, время релаксации температуры - 110 с (см.рис.2). Результаты измерения теплоемкости системы приведены на рис.3.

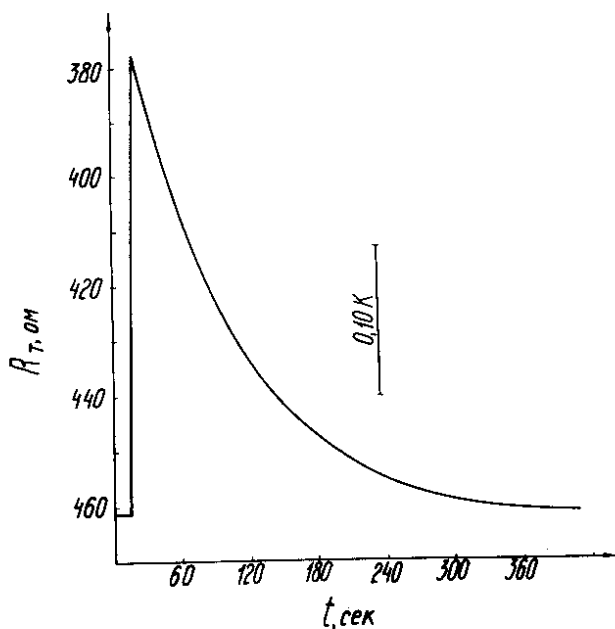


Рис.2. Отклик термометра сопротивления на тепловой импульс нагревателя.

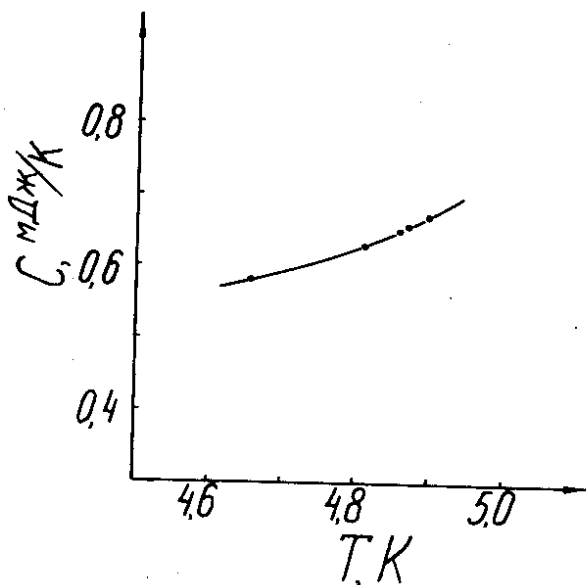


Рис.3. Зависимость от температуры теплоемкости системы, состоящей из нагревателя, термометра и термопары.

Измерение энерговыделения при прохождении пучка протонов через сверхпроводящий образец проводилось при температурах $4,5 \pm 5$ К. Длительность импульса ускорителя составляла 400 мс. Типичный сигнал с датчика после прохождения одного импульса протонов приведен на рис.4. Выбросы на кривой обусловлены наводками, возникающими из-за циклического изменения магнитного поля во время работы ускорителя. По изменению температуры образца и измеренному значению теплоемкости определялась энергия, выделенная в образце пучком протонов.

Результаты измерений приведены в первой и второй колонках таблицы.

В третьей колонке - измеренные значения энерговыделения, приведенные к среднему значению полного числа протонов в импульсе, зарегистрированных плоскопараллельной ионизационной камерой (6) (см.рис.1).

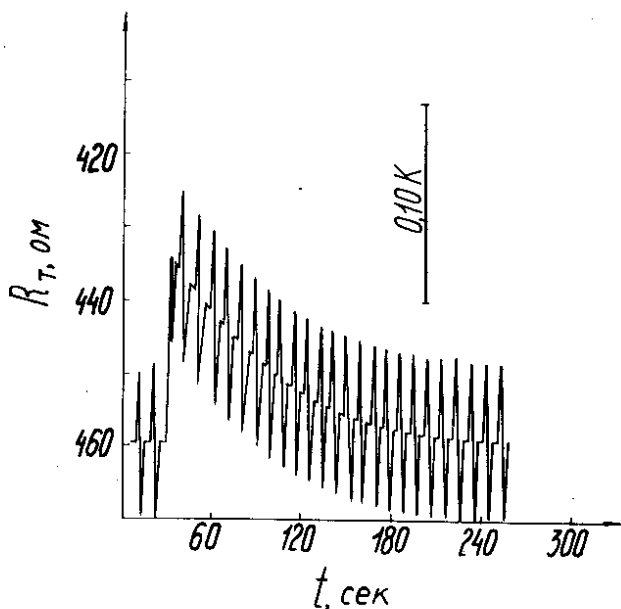


Рис.4. Отклик термометра сопротивления на прохождение через образец одиночного импульса протонов.

Таблица

Результаты измерения энерговыделения, обусловленного протонами с энергией 8,5 ГэВ, в образце из сплава НТ-50

$\Delta T,$ К	в эксп., 10^{-4} Дж/образец.	в прив., 10^{-4} Дж/образец.
0,17	1,10	1,13
0,14	0,83	0,87
0,18	1,13	1,14
0,16	0,98	0,97
0,21	1,18	1,17
0,14	0,77	0,76
0,22	1,28	1,22
среднее		1,04

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ ОТ ОДНОЙ ЧАСТИЦЫ

Абсолютное число протонов, прошедших через образец, определялось следующим образом. К обоим наружным окнам криостата крепились алюминиевые фольги (5) - см. рис.1, ширина которых была равна ширине образца - 8 мм. Для определения распределения протонов в пучке по вертикали каждая фольга разрезалась на 24 участка размером 2×8 мм² и определялась активность каждого из них, возникшая в результате реакции $^{27}\text{Al}(\text{p}, \text{3n})^{24}\text{Na}$, сечение которой известно с точностью 6,5%¹. Погрешность в определении активности составила 8%. Полученные результаты аппроксимировались кривыми нормального распределения. Вертикальный профиль пучка непосредственно в месте размещения образца, расположенного посередине между фольгами, определен линейной интерполяцией параметров нормального распределения, что вполне допустимо при расстоянии между фольгами = 35 см.

Положение пучка относительно криостата контролировалось периодическим фотографированием пучка с помощью фотобумаги (длительность экспозиции = 100 импульсов ускорителя).

По окончании эксперимента экраны внутри криостата были удалены и образец был сфотографирован на своем месте аппаратом, ось которого была строго совмещена с осью, соединяющей центры окон. Взаимное положение образца, фольги и центра пучка показано на рис.5. Поскольку образец оказался смещенным относительно фольги по горизонтали, была проведена оценка горизонтального профиля пучка. Для этого все участки фольги были разрезаны вдоль на две части и определены активности обеих половин фольги. Из этих измерений, а также по известному среднему положению центра пучка относительно фольги была внесена поправка в значение среднего числа частиц, прошедших через образец. Суммарная погрешность в определении абсолютного среднего значения числа протонов, прошедших через образец, не превышала 16%.

Число частиц, прошедших через образец в каждом отдельном импульсе ускорителя, менялось из-за отклонений центра пучка относительно своего среднего положения. Это приводило к разбросу значений энерговыделения (см. третью колонку таблицы). Среднеквадратичный разброс (после отбрасывания двух крайних значений) составил 12%.

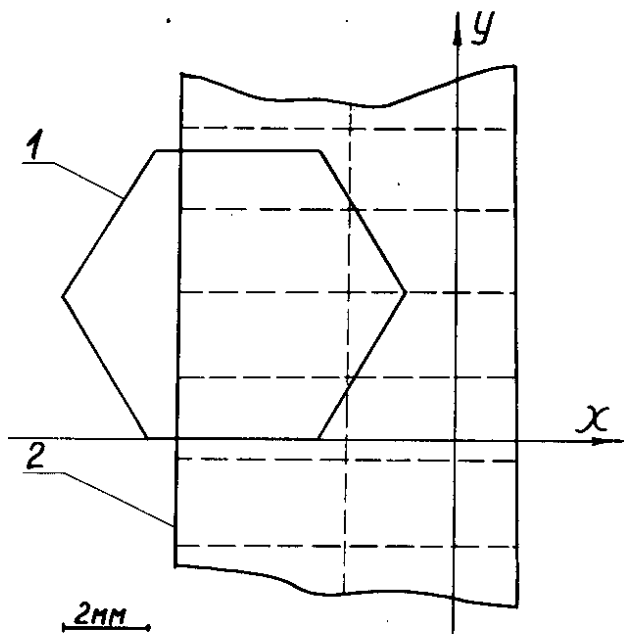


Рис.5. Взаимное расположение образца (1), фольги (2) и пучка протонов с центром в начале координат x y .

Среднее число протонов, прошедших через образец в одном импульсе, составило $(2,9 \pm 0,8) \cdot 10^8$ прот./образец.

Определенное экспериментально энерговыделение при прохождении протона с энергией 8,5 ГэВ через образец из НТ-50 массой 0,58 г получилось равным $(2,5 \pm 0,8) \cdot 10^{-13}$ Дж/прот.г.см⁻² = $(2,5 \pm 0,8) \cdot 10^{-8}$ рад/прот.см⁻².

Для сравнения был сделан расчет энерговыделения при прохождении одного протона с энергией 8,5 ГэВ через образец той же толщины. Он проводился по методике,

предложенной в работе /2/, в которой учитывались ионизационные потери, ядерные взаимодействия и вынос энергии δ -электронами. Расчетное значение энергии, оставленной протоном в образце, оказалось равным $3,7 \cdot 10^{-13}$ Дж/прот.г.см⁻². По-видимому, вклад ядерных взаимодействий в расчетах несколько завышен. Учет только ионизационных потерь с выносом энергии из образца δ -электронами дает значение $2,5 \cdot 10^{-13}$ Дж/прот.г.см⁻².

Авторы выражают благодарность В.А.Бамблевскому и Ю.Ф.Бычкову за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Van de Voorde M. et al. Low-temperature irradiation effects on materials and components for superconducting magnets for high-energy physics applications, CERN 77-03, Geneva, 1976.
2. Зайцев Л.Н. и др. Сообщение ОИЯИ 16-12964, Дубна, 1979.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 августа 1979 года.