

Сверхпроводящая магнитная квадрупольная линза

И. И. ГОНЧАРЕНКО, И. С. СИДОРЕНКО, Е. И. РЕВУЦКИЙ

УДК 621.384.64

Цель настоящей работы — разработка компактной конструкции магнитной квадрупольной линзы с обмотками из сверхпроводящей проволоки для получения значительных поперечных магнитных полей при малых потерях на джоулево тепло.

Магнитопровод линзы собран из штампованных пластин электротехнической стали марки Э-42 толщиной 0,35 мм. Четыре катушки линзы намотаны на каркасах из электрокартона сверхпроводящей медной проволоки тройного сплава ниобий — цирконий — титан (близкого к соотношению 50% ниобия — 25% циркония — 25% титана) и соединены последовательно. Проволока эмалирована, диаметр проволоки с медным покрытием ~0,31 мм, диаметр самой проволоки ~0,25 мм. В каждой катушке 297 витков. Активное сопротивление линзы при 300° К составляет 65 ом.

Конструкция магнитной квадрупольной линзы приведена на рис. 1. Пластины магнитопровода линзы представляют собой кольцо с наружным диаметром 80 мм и четырьмя полюсами плоской формы. Каждая пластина имеет четыре отверстия диаметром 5 мм для стяжек. Механическая прочность пакета линзы обеспечивается четырьмя стяжными шпильками, изолированными от магнитопровода фторопластовыми лентами и шайбами. Апертура линзы 20 мм. На полюса линзы одеваются каркасы и закрепляются на них клеем БФ-4. Намотка катушек производится челноком. Начало и конец обмотки линзы выведены на торец и припаяны к медным стойкам, укрепленным на текстолитовом кольце. Текстолитовое кольцо совместно со скобой для подвески линзы закрепляется на концах стяжных шпилек.

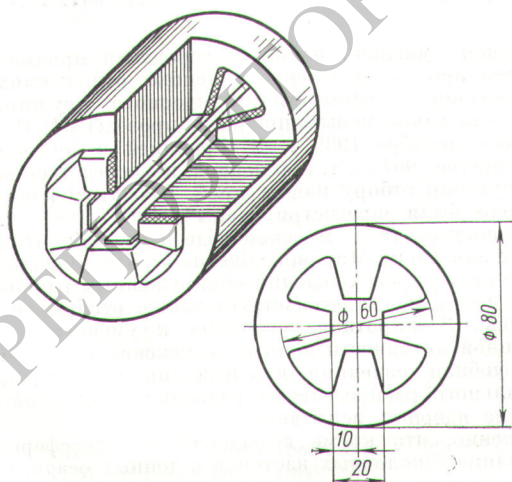
Квадрупольная магнитная линза подвешивается на мельхиоровой трубке к капке криостата с жидким гелием. Подвод тока к сверхпроводящим катушкам линзы осуществляется через медные проводники сечением 12,56 мм², проходящие через капку криостата. Для уменьшения потерь на джоулево тепло медные

проводники соединены с медными стойками канатиками сечением 0,4 мм², состоящими из семи жил сверхпроводящей проволоки, спаянных между собой. Общий вид линзы с токовыми вводами показан на рис. 2.

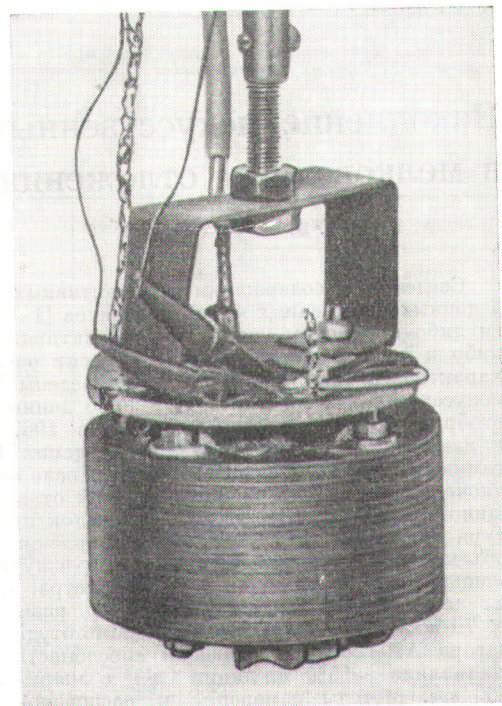
В качестве источника тока для питания сверхпроводящей магнитной квадрупольной линзы используется двухполупериодный выпрямитель, собранный на понижающем трансформаторе 220 × 10⁶ в с током 220 а и двух полупроводниковых управляемых диодов типа КУВ-150. Измерение магнитного поля в апертуре производилось баллистическим методом с точностью ±1%. Величина тока определялась с точностью ±0,5% по падению напряжения на калиброванном сопротивлении.

На рис. 3 показана зависимость $H = f(n, I)$ для рассматриваемой линзы при 4,2° К (кривая 1), где H — магнитное поле на радиусе апертуры $r = 10$ мм, n — количество витков на полюс, I — величина тока в обмотках линзы. Кривая 2 приведена для аналогичной линзы, магнитопровод которой выполнен из стали Ст. 3.

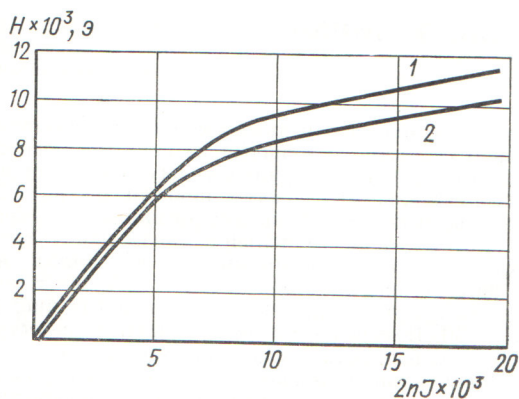
В результате исследования сверхпроводящей магнитной квадрупольной линзы не замечено изменения свойства магнитопровода при охлаждении от 300° до 4,2° К. Экспериментально измеренные значения магнитных полей в сверхпроводящей магнитной линзе совпадают со значениями полей, рассчитанными теор-



Р и с. 1. Конструкция магнитной квадрупольной линзы.



Р и с. 2. Общий вид магнитной квадрупольной линзы с токовыми вводами.



Р и с. 3. Зависимость магнитного поля линзы от количества ампер-витков на полюс.

ретически для несверхпроводящих обмоток при том же количестве ампер-витков. Максимальное значение магнитного поля сверхпроводящей магнитной линзы, приведенной на рис. 1, составляет $11400 \pm 100 \text{ э}$ на радиусе апертуры линзы 10 мм . При этом количество ампер-витков на полюс $nI = 9700$, магнитная проницаемость магнитопровода линзы $\mu \approx 4$. Максимальная величина магнитного поля ограничивается значением критического тока, который для рассматриваемой сверхпроводящей линзы составляет $\sim 33 \text{ а}$. В работах [1, 2] показано, что значение критического тока сверхпроводящей проволоки из ниобий — цирко-

ний — титанового сплава увеличивается с понижением температуры от $4,2^\circ$ до 2° К . Поэтому при 2° К можно ожидать большего значения магнитного поля в описанной линзе.

Увеличение тока в сверхпроводящих катушках линзы выше I_K приводит к скачкообразному «сбросу» тока до значения 8 а . В этом состоянии активное сопротивление линзы становится равным $0,12 \text{ ом}$. Чтобы после сброса довести ток линзы до величин, близких к критическим, необходимо на $1-2 \text{ мин}$ полностью обесточить линзу.

Для оценки джоулевых потерь в токопроводах к сверхпроводящей квадрупольной магнитной линзе производились измерения скорости испарения жидкого гелия в обесточенной линзе и при токе, близком к критическому. Оказалось, что при токе испаряется $0,75 \text{ см}^3/\text{мин}$ жидкого гелия, а без тока $0,57 \text{ см}^3/\text{мин}$. Тепловыделение, вероятно, связано с тем, что канатик не по всей длине является сверхпроводником, и тепловой поток к линзе через токовые вводы несколько увеличивается.

Описанная сверхпроводящая магнитная квадрупольная линза надежно работает при токах $\sim 31-32 \text{ а}$ и может использоваться в лабораторной практике для получения поперечных магнитных полей до 10^4 и выше, а также для фокусировки пучков заряженных частиц.

Поступило в Редакцию 10/VII 1970 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Г. Лазарев, Л. С. Лазарева, С. И. Горюхов. «Докл. АН СССР», 177, № 6, 1310 (1967).
2. Б. Г. Лазарев и др. Там же, 184, № 1, 89 (1969).

Накопление искусственных радиоактивных изотопов в мелководных отложениях Южной Атлантики

С. А. ПАТИН, В. Н. ТКАЧЕНКО

УДК 551.510.72

Сведения о содержании радиоактивных продуктов в донных отложениях морей и океанов [1—6] относятся либо к районам удаления радиоактивных отходов, либо к внутренним бассейнам и носят региональный характер. В настоящей работе приведены данные об искусственной радиоактивности проб донных осадков, отобранных в Южной Атлантике в 1967—1968 гг. и измеренных на борту судна «Академик Книпович» гамма-спектрометрическим методом. После отбора проб дночерпателем снимали верхний слой отложений толщиной около 10 см , высушивали осадок при температуре $\sim 150^\circ \text{ С}$, помещали сухой порошок в кювету объемом 900 мл и измеряли спектр γ -излучения с помощью сцинтилляционного спектрометра, состоящего из детектора с кристаллом NaI(Tl) размером $70 \times 70 \text{ мм}$ в свинцовой защите и амплитудного анализатора АИ-128. Разрешающая способность детектора составляла $\sim 15\%$ по линии Cs^{137} с энергией квантов 660 кэВ . Методы измерения и расфировки γ -спектров не отличались от общепринятых [7, 8]. Некоторые из спектров γ -излучения проб приведены на рис. 1, а результаты измерений в таблице и на рис. 2.

По нашему мнению, наиболее вероятная причина нахождения продуктов деления в донных отложениях океана связана с испытаниями ядерного оружия. Известно, что такие испытания были проведены КНР в октябре — декабре 1966 г. и Францией в декабре 1966 г. и январе 1967 г., т. е. в период, непосредственно предшествующий отбору наших проб. Продукты ядерных взрывов были зарегистрированы в 1966—1967 гг. в атмосферных осадках, морской воде и гидробионтах различных акваторий Мирового океана [9, 10]. В пользу атмосферного происхождения обнаруженных радиоактивных изотопов свидетельствует также изображенная на рис. 2 широтная тенденция к уменьшению искусственной активности донных отложений с севера на юг. Подобная тенденция, как известно, характерна для глобального распределения радиоактивных выпадений после ядерных испытаний.

Несомненно, что кроме выпадений из атмосферы на содержание осколочных изотопов в донных осадках оказали влияние океанологические и геохимические условия формирования осадочного материала в районах отбора проб. Исследованные районы, особенно