

С 345e4

01/ix-71

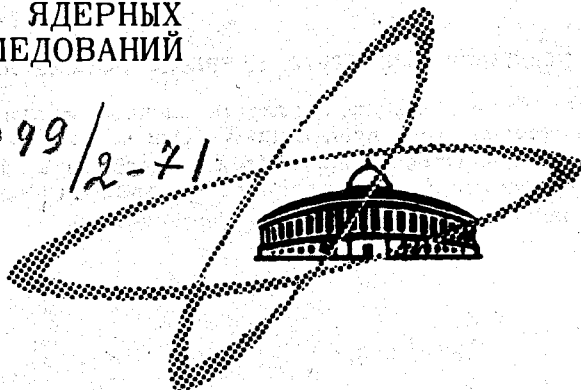
В-191

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

3099/2-71

13 - 5894



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

Б.В. Васильев, В.Г. Симкин

СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ ДАТЧИК  
МАГНИТНОГО ПОТОКА

1971

13 - 5894

Б.В. Васильев, В.Г. Симкин

СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ ДАТЧИК  
МАГНИТНОГО ПОТОКА

Специальный институт  
физических исследований  
Библиотека

Один из методов поиска электрического дипольного момента электрона предусматривает измерение с максимально возможной чувствительностью изменений намагниченности образца, которые могут возникнуть в нем под воздействием электрического поля<sup>/1/</sup>. Создание магнитометров с высокой чувствительностью стало возможным после открытия и изучения эффектов Джозефсона и явления квантования магнитного потока в сверхпроводниках<sup>/2-4/</sup>. Для того, чтобы реализовать один из типов таких магнитометров, в сверхпроводящем кольце создаются два сужения (точечные контакты) малой площади ( $10^{-10} - 10^{-11}$  см<sup>2</sup>), которые при токах  $\approx 10^{-4}$  а переходят в нормальное состояние, тогда как основная масса кольца остается сверхпроводящей<sup>/2/</sup>. Величина напряжения, устанавливающегося при этом на сужениях, периодически зависит от магнитного потока, заключенного внутри кольца. Период напряжения равен кванту магнитного потока  $\Phi_0 = 2,07 \cdot 10^{-7}$  гс.см<sup>2</sup>.

Основным элементом магнитометра является сверхпроводящий датчик магнитного потока. На рис. 1 представлено его схематическое изображение. Два полуцилиндра (1) были изготовлены из ниобия и плотно прижаты друг к другу через пленку из майлара (2) толщиной 20 мк. Внешний диаметр полуцилиндров 2 см, высота 1 см. Поверхность полуцилиндров тщательно шлифовалась и полировалась пастой ГОИ. Сужения с малым поперечным сечением создавались с помощью остро заточенных винтов из ниобия (3) диаметром 2 мм и шагом резьбы 0,4 мм. Заточка винтов производилась вручную и контролировалась с помощью микроскопа. Для

устранения колебаний в резьбе винты поджимались плоскими пружинками (4), изготовленными из бериллиевой бронзы. Винты, прокалывая майлар, создавали точечные контакты между двумя полуцилиндрами. Точечные контакты являлись самыми "деликатными" частями датчика. С одной стороны, у них должна быть очень малая площадь, чтобы критический ток был достаточно мал, с другой - они должны быть малочувствительны к вибрациям и ударам. Чтобы избежать влияния колебаний, возникающих при кипении жидкого гелия, датчик помещался в герметичную камеру, заполненную газообразным гелием.

Плавная и тонкая настройка контактов датчика, охлажденного до гелиевой температуры, осуществлялась путем регулировки ниобиевых винтов, связанных через червячные редукторы с тягами, выведенными наружу криостата. Контролируемое перемещение винтов составляло величину порядка нескольких сот ангстрем. Для того, чтобы устранить возможность передачи вибраций тяг на точечные контакты, после настройки червячный редуктор отводился от винтов - контактов. Для уменьшения влияния радиочастотных помех на характеристики точечных контактов все вводы в криостат снабжались фильтрами. На токовых и потенциальных концах датчика прямо в герметичной камере находились дополнительные LC-фильтры. На точечные контакты, помимо радиочастотных помех, влияют и переменные магнитные поля. Поэтому камера с датчиком окружалась сверхпроводящим экраном, изготовленным из листового свинца толщиной 70 мк.

Для контроля настройки контактов была собрана схема, показанная на рис. 2а, позволявшая регистрировать вольт-амперные характеристики контактов. Типичная вольт-амперная характеристика представлена на рис. 3. Наклон кривой вдали от области сверхпроводимости определяет сопротивление точечного контакта. Следует отметить, что контакты, вольт-амперные характеристики которых имеют резкий (скачкообразный) переход между нормальным и сверхпроводящим состояниями, не позволяли выбрать стабильную рабочую точку на чувствительном участке характеристики.

Схема измерения и записи изменений магнитного поля представлена на рис. 2б. Для создания меняющихся во времени слабых магнитных полей использовалась окружающая датчик катушка, состоящая из десяти витков медного провода,

Через точечные контакты устанавливался постоянный ток, на несколько процентов превышающий критический, так что контакты находились в нормальном (резистивном) состоянии. Линейно изменяющийся во времени магнитный поток создавался указанной выше катушкой, питавшейся от низкочастотного генератора периодических колебаний (НПК). Напряжение на датчике регистрировалось фотокомпенсационным микровольтметром Ф 116/1 и записывалось на двухкоординатном самописце ПДС-021М в зависимости от величины поля в датчике. Так как площадь контура квантования датчика равнялась  $\approx 3 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2$ , период кривой, представленной на рис. 4, соответствовал изменению магнитного поля на  $\approx 7 \cdot 10^{-5} \text{ э}$ . Изменяя ток через контакты, можно найти такую рабочую точку на вольт-амперной характеристике, в которой амплитуда напряжения на датчике будет максимальной<sup>/5/</sup>. В иллюстрируемом случае амплитуда была близка к максимальной и равнялась  $\approx 30 \text{ мкВ}$ . Шумы системы позволяли в этом случае наблюдать примерно 1/200 долю целого периода. Это соответствовало чувствительности установки к малым изменениям напряженности магнитного поля, примерно равной  $4 \cdot 10^{-7} \text{ э}$ .

На рабочие характеристики датчика существенное влияние оказывают механические вибрации и удары, ограничивающие его долговременную стабильность. Кроме того, настройку точечных контактов необходимо проводить при каждой новой заливке жидкого гелия. Эти недостатки, по-видимому, можно устранить изготовлением датчика с одним точечным контактом<sup>/6/</sup>.

Авторы приносят благодарность Б.И. Киселеву за помощь в подготовке и проведении экспериментов и В.И. Константинову за помощь в конструировании устройства тонкой регулировки контактов.

#### Литература

1. Ф.Л. Шапиро. УФН, 95, в.2 (1968).
2. J.E. Zimmerman and A.H. Silver. Physical Review, 141, No 1 (1968).
3. R.L. Forgacs and A. Warnick. IEEE International Convention Record, 10, p. 90, 1966.

4. J.M. Goodkind and D.L. Stolfa. Rev. Scient. Instrum., 4, No 6 (1970).
5. И.М. Дмитренко, С.И. Бондаренко и Т.П. Нарбут. ЖЭТФ, 57, в.5 (1969).
6. J.E. Zimmerman, P.Thiene and T.Harding. Journal of Applied Physics, 41, No 4 (1970).

Рукопись поступила в издательский отдел  
25 июня 1971 года.

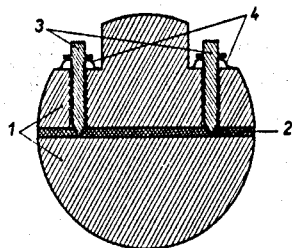


Рис. 1. Сверхпроводящий датчик магнитного потока: 1 - полуцилиндры из ниобия; 2 - майлар; 3 - винты-контакты; 4 - пружинки из бериллиевой бронзы.

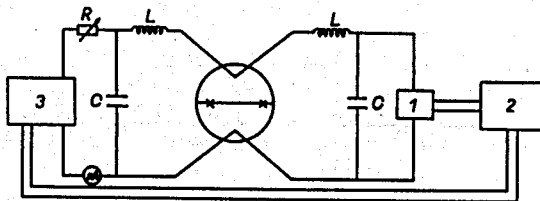


Рис. 2а. Схема регистрации и записи вольт-амперных характеристик точечных контактов.

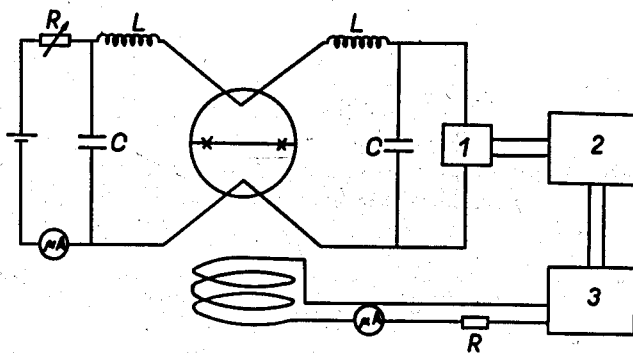


Рис. 2б. Схема измерений и записи изменений магнитного поля: 1 - Ф-116/1; 2 - ПДС 021М; 3 - НГПК.

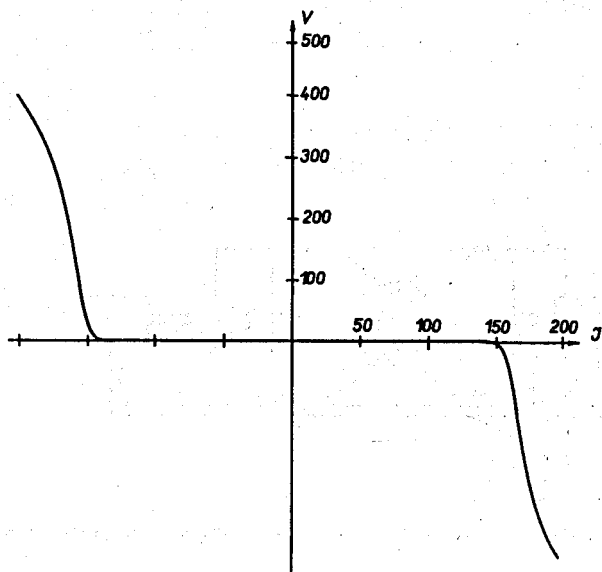


Рис. 3. Типичная вольт-амперная характеристика точечных контактов:  $I$  - ток в микроамперах;  $V$  - напряжение в микровольтах.

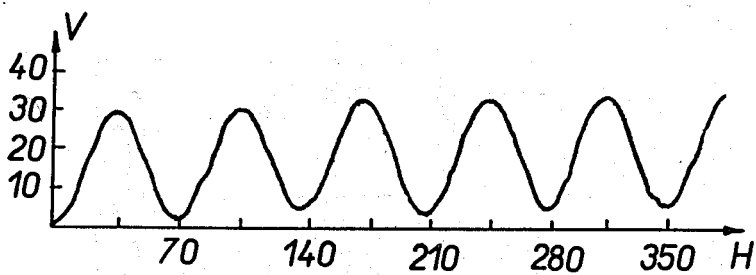


Рис. 4. Зависимость напряжения на датчике от величины магнитного поля:  $H$  - напряженность поля в микроэрстедах;  $V$  - напряжение в микровольтах.