



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012155277/28, 19.12.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
19.12.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 19.12.2012

(43) Дата публикации заявки: 27.06.2014 Бюл. № 18

(45) Опубликовано: 10.10.2014 Бюл. № 28

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: "Физические методы исследования конструкционных наноматериалов", учебно-методический комплекс дисциплины, Введенский В.Ю., МИСиС, Москва 2010, стр. 147-151. "XXXVI совещание по физике низких температур, Санкт-Петербург, 2-6 июля 2012, тезисы докладов". "Исследование магнитных свойств монокристаллов CoSi", В.Н. Нарожный, В.Н. Краснорусский, стр. (см. прод.)

Адрес для переписки:

660036, г.Красноярск, Академгородок, 50, стр. 38, ИФ СО РАН, патентный отдел

(72) Автор(ы):

Великанов Дмитрий Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

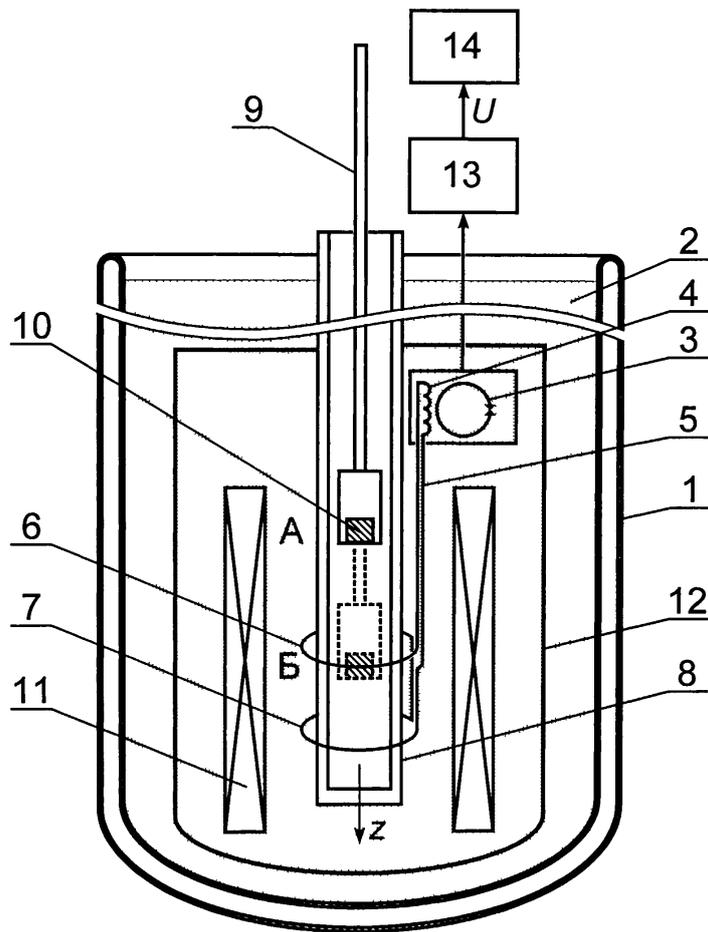
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ им. Л.В. Киренского  
Сибирского отделения Российской академии  
наук (RU)

## (54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОГО МОМЕНТА ОБРАЗЦОВ НА СКВИД-МАГНИТОМЕТРЕ

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройствам для измерения переменных магнитных величин и может быть использовано при проведении магнитных измерений в следующих областях: физика магнитных явлений, палеомагнетизм, биомагнетизм. В способе измерения магнитного момента образцов на СКВИД-магнитометре, включающем механическое передвижение образца, новым является то, что перед началом измерения образец помещают на удалении от приемных катушек вверх, на выходе магнитометра устанавливают нулевое

напряжение, затем образец передвигают вниз в положение несколько ниже верхней приемной катушки, при этом регистрируют максимальную величину  $U_{MAX}$  выходного напряжения магнитометра, исходя из которой определяют магнитный момент  $M$  образца по формуле:  $M = k \cdot U_{MAX} - M_d$ , где  $k$  - калибровочная константа,  $M_d$  - вклад от держателя образца. Техническим результатом изобретения является усовершенствование и упрощение методики измерения магнитного момента образцов на СКВИД-магнитометре. 2 ил.



Фиг. 1

(56) (продолжение):

67. SU 1531669 A1, 27.02.1996. SU 1632171 A1, 27.05.1996; . WO 9807043 A1, 19.02.1998; . US 5923166 A1, 13.07.1999

RU 2530463 C2

RU 2530463 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012155277/28, 19.12.2012  
 (24) Effective date for property rights:  
19.12.2012  
 Priority:  
 (22) Date of filing: 19.12.2012  
 (43) Application published: 27.06.2014 Bull. № 18  
 (45) Date of publication: 10.10.2014 Bull. № 28  
 Mail address:  
 660036, g.Krasnojarsk, Akademgorodok, 50, str. 38,  
 IF SO RAN, patentnyj otdel

(72) Inventor(s):  
**Velikanov Dmitrij Anatol'evich (RU)**  
 (73) Proprietor(s):  
**FEDERAL'NOE GOSUDARSTVENNOE  
 BJuDZhetNOE UChREZhDENIE NAUKI  
 INSTITUT FIZIKI im. L.V. Kirenskogo  
 Sibirskogo otdelenija Rossijskoj akademii nauk  
 (RU)**

(54) **METHOD OF MAGNETIC MOMENT MEASUREMENT AT SAMPLES WITH SUPERCONDUCTING QUANTUM INTERFERENCE DEVICE**

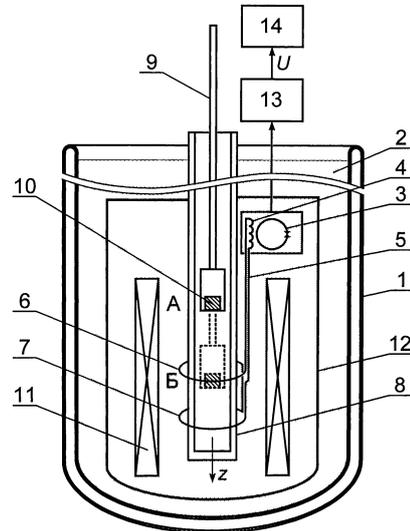
(57) Abstract:

FIELD: measuring instrumentation.

SUBSTANCE: invention refers to measuring instrumentation for variable magnetic parameters and can be used in magnetic measurements in the following areas: magnetic physics, paleomagnetism, biomagnetism. Method of magnetic moment measurement in samples with superconducting quantum interference device (SQID) magnetometer involves mechanical movement of sample, and as a novel feature, before measurement a sample is placed at distance from receiving coils above, zero voltage is set at magnetometer output, then the sample is shifted down a bit below the top receiving coil, and maximum magnetometer output voltage  $U_{MAX}$  is measured to determine magnetic moment  $M$  by the formula:  $M = k \cdot U_{MAX} - M_h$ , where  $k$  is calibration constant,  $M_h$  is sample holder contribution.

EFFECT: improved and simplified method of magnetic moment measurement in samples with SQID

magnetometer.  
2 dwg



Фиг. 1

RU 2 530 463 C2

RU 2 530 463 C2

Изобретение относится к устройствам для измерения переменных магнитных величин и может быть использовано при проведении магнитных измерений в следующих областях: физика магнитных явлений, палеомагнетизм, биомагнетизм.

СКВИД-магнитометр (магнитометр со сверхпроводящим квантовым интерференционным датчиком) представляет собой прибор для измерения магнитных полей и их градиентов. Его действие основано на эффекте Джозефсона [Кларк Дж. Принципы действия и применение СКВИДов. - ТИИЭР, 1989, т.77, №8, с.118-137].

Известен способ измерения магнитного момента образцов на СКВИД-магнитометре, при котором образец на держателе продвигается через приемные катушки сверхпроводящего градиентометра, вторичная катушка которого индуктивно связана со СКВИДом. При этом происходит изменение магнитного потока, величина которого зависит от положения образца. Расположению образца по центру первой и второй приемных катушек соответствует два пика в выходном сигнале магнитометра. Величина обоих пиков измеряется цифровым вольтметром, а из суммарной величины пиков, определяющей число квантов магнитного потока, производится вычисление величины магнитного момента образца [Бароне А., Патерно Дж. Эффект Джозефсона: физика и применения: Пер. с англ. - М.: Мир, 1984. - 640 с.; С.510-512] (прототип).

Недостатком известного способа является его высокие трудоемкость и сложность, так как для проведения одного измерения магнитного момента образца необходимо сначала произвести измерение величины каждого из двух пиков, затем провести ряд математических действий: определить суммарную величину пиков, сопоставить ее с числом квантов магнитного потока и, наконец, с учетом вклада в сигнал от держателя вычислить величину магнитного момента образца.

Техническим результатом изобретения является усовершенствование и упрощение методики измерения магнитного момента образцов на СКВИД-магнитометре.

Технический результат достигается тем, что в способе измерения магнитного момента образцов на СКВИД-магнитометре, включающем механическое передвижение образца, новым является то, что перед началом измерения образец помещают на удалении от приемных катушек сверху, на выходе магнитометра устанавливают нулевое напряжение, затем образец передвигают вниз в положение несколько ниже верхней приемной катушки, при этом регистрируют максимальную величину  $U^{\wedge}$  выходного напряжения магнитометра, исходя из которой определяют магнитный момент  $M$  образца по формуле

$$M = k \cdot U_{\text{MAX}} - M_{\text{д}},$$

где  $k$  - калибровочная константа,  $M_{\text{д}}$  - вклад от держателя образца.

Сущность изобретения поясняется с помощью графических материалов. На фиг.1 представлена схема СКВИД-магнитометра. На фиг.2 приведена зависимость сигнала магнитометра от положения образца.

СКВИД-магнитометр содержит криостат 1, заполненный хладагентом 2, сверхпроводящий квантовый интерференционный датчик (СКВИД) 3, индуктивно связанный посредством вторичной катушки 4 со сверхпроводящим трансформатором 5 магнитного потока, приемные катушки 6, 7 которого включены по схеме градиентометра и расположены соосно с антидьюаром 8, в котором находится на держателе 9 исследуемый образец 10. Магнитное поле создается соленоидом 11. Соленоид 11, трансформатор 5, нижняя часть антидьюара 8 и СКВИД 3 заключены в сверхпроводящий экран 12 внутри криостата 1. СКВИД 3 подключен к электронному блоку 13, который своим выходом подключен к вольтметру 14. Выход блока 13 является выходом СКВИД-магнитометра.

Измерение магнитного момента образцов на СКВИД-магнитометре проводится

следующим образом.

Криостат 1 заполняется хладагентом 2. Антидьюар 8 осуществляет тепловую развязку между хладагентом 2 и образцом 10, нагревом внутренней части антидьюара 8 устанавливается требуемое значение температуры образца 10. Пропусканием

5 электрического тока через соленоид 11 устанавливается требуемое значение магнитного поля. Магниточувствительным датчиком магнитометра является СКВИДЗ. Экран 12 экранирует элементы устройства от внешних электромагнитных помех.

Градиентометрическое включение приемных катушек 6,7 способствует подавлению помех, вызванных вариациями магнитного поля и микрофонным эффектом.

10 Исследуемый образец 10 с помощью держателя 9 помещается на удалении от приемных катушек 6, 7 вверху (положение А). Посредством переключения режимов в блоке 13 на его выходе устанавливается нулевое напряжение. Существует несколько способов установить нулевое напряжение на выходе магнитометра. Один из таких способов заключается в обнулении интегратора, входящего в состав электронного

15 блока 13, например, путем кратковременного замыкания между собой обкладок интегрирующего конденсатора. Гораздо более совершенен способ с применением в составе электронного блока 13 специального устройства для установки пуля, выполненного на основе устройства выборки-хранения и дифференциального усилителя [RU 2246119 С1, кл. G01R 33/035, опубл. 10.02.2005].

20 Затем образец 10 на держателе 9 механически передвигается вниз в положение несколько ниже верхней приемной катушки 6 (положение Б). По мере перемещения образца 10 происходит изменение магнитного потока через катушки 6, 7, величина которого зависит от местоположения образца 10 (см. фиг.2). Наведенный сигнал передается во вторичную катушку 4 трансформатора 5, преобразуется СКВИДом 3 и

25 поступает в электронный блок 13, в котором усиливается и проходит обработку. Напряжение  $U$  на выходе блока 13 регистрируется вольтметром 14. Выходной сигнал  $U$  магнитометра пропорционален изменению магнитного потока.

Когда образец 10 располагается по центру катушки 6, выходное напряжение магнитометра достигает своей максимальной величины  $U_{MAX}$ . Из величины  $U_{MAX}$

30 определяется магнитный момент  $M$  образца в соответствии с выражением

$$M = k \cdot U_{MAX} - M_d,$$

где  $k$  - калибровочная константа,  $M_d$  - вклад от держателя образца.

Константа  $k$  определяется при калибровке магнитометра. Калибровка производится

35 либо по образцу с известным магнитным моментом, либо по эталонной катушке с током. Вклад  $M_d$  от держателя определяется при измерении пустого держателя при условиях, идентичных условиям измерения исследуемого образца.

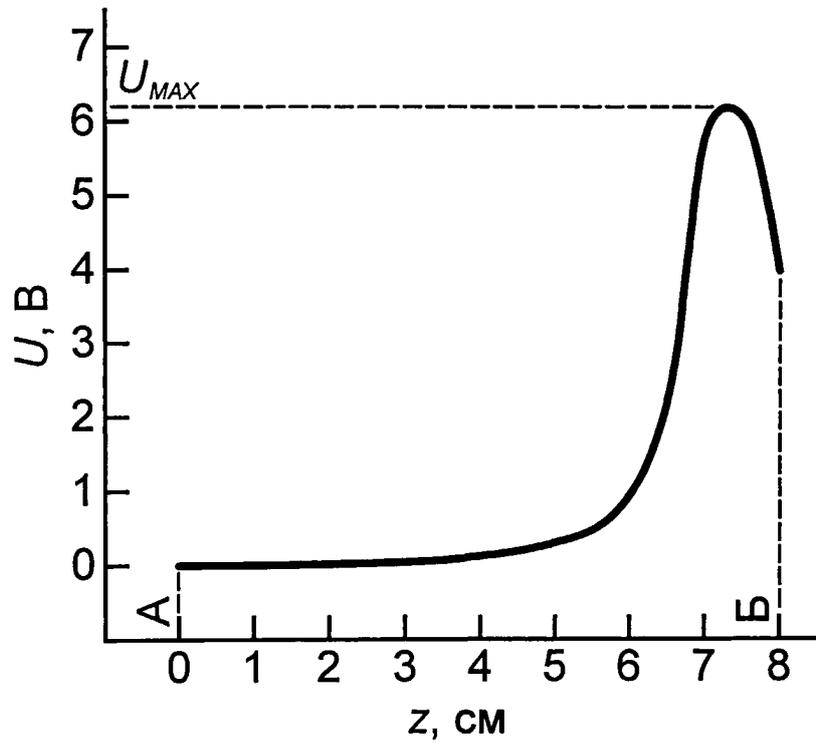
#### Формула изобретения

40 Способ измерения магнитного момента образцов на СКВИД-магнитометре, включающий механическое передвижение образца, отличающийся тем, что перед началом измерения образец помещают на удалении от приемных катушек вверху, на выходе магнитометра устанавливают нулевое напряжение, затем образец передвигают

45 вниз в положение несколько ниже верхней приемной катушки, при этом регистрируют максимальную величину  $U_{MAX}$  выходного напряжения магнитометра, исходя из которой определяют магнитный момент  $M$  образца по формуле

$$M = k \cdot U_{MAX} - M_d,$$

где  $k$  - калибровочная константа,  $M_d$  - вклад от держателя образца.



Фиг. 2