

2-га науково-технічна школа-семінар

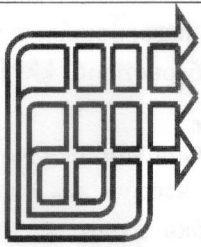


БМІТ / 2009

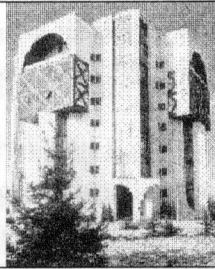
БІОМЕДИЧНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

в охороні здоров'я





ІНСТИТУТ
КІБЕРНЕТИКИ
ІМ. В.М. ГЛУШКОВА
НАН УКРАЇНИ



Міжнародний науково-
навчальний Центр
«Інформаційних
технологій і систем»
НАН та МОН України



ЗА ПІДТРИМКИ
УКРАЇНСЬКОГО
НАУКОВО-ТЕХНОЛО-
ГІЧНОГО ЦЕНТРУ
ПРОЕКТ 4719

**ЗБІРНИК ДОПОВІДЕЙ
ДРУГОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
ШКОЛИ – СЕМІНАРУ**

**БІОМЕДИЧНІ ІНФОРМАЦІЙНІ
ТЕХНОЛОГІЇ
В ОХОРОНІ ЗДОРОВ'Я**

БІМІТ-2009

Місце проведення: Фізико—математична школа МННЦ «ІТіС»

Адреса: село Жукин на річці Десні, Вишгородський район, Київська область

Дата проведення: 17-20 червня 2009 року

КИЇВ – ЖУКИН
2009

Збірник доповідей 2-ї науково-технічної школи-семінару „Біомедичні інформаційні технології в охороні здоров'я” (БМІТ-2009) /Під ред. М. М. Будника. — Київ: Ін-т кібернетики НАНУ. — 17-20 червня 2009, Київ-Жукін — 215 с.

Розглянуто різні питання створення інформаційних технологій для медицини та біології та їх застосування в охороні здоров'я. Представлені питання розробки технічних засобів для біомедичних потреб, програмного забезпечення для реєстр-рації, накопичення та обробки даних, у тому числі інформаційно-вимірювальні системи в галузі біомедичних технологій та інтелектуальні сенсори на основі оптичних технологій. Велику увагу приділено методам медичної і біологічної кібернетики та інформатики та питанням підвищення їх ефективності при вирішенні актуальних проблем охорони здоров'я, у першу чергу — кардіології.

Почесні голови науково-технічної школи-семінару:

Войтович Ігор Данилович

доктор технічних наук, професор, академік НАНУ, зав. відділом 220 Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України

Гриценко Володимир Ілліч

кандидат технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, директор Міжнародного науково-навчального центру Інформаційних технологій і систем НАН та МОН України

Співголови науково-технічної школи-семінару:

Будник Микола Миколайович

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу 220 Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України

Коваленко Олександр Сергійович

доктор медичних наук, зав. відділом 135 МННЦ Інформаційних технологій і систем НАН та МОН України

Оргкомітет:

Риженко Т.М.

відповідальний секретар семінару

Артеменко Л.А.

адміністратор

Коваленко О.С.

модератор секції №1

Котова А.Б.

модератор секції №2

Будник М.М.

модератор секції №3

Лебедева Т.С.

модератор секції №4

Короновська К.П.

оригінал-макет збірника

Будник В.М.

технічні засоби

Будник В.А.

поселення, побут

Лебедева А.Є.

дизайн обкладинки та друк збірника

Кривова О. А.

секретар семінару від МННЦ

Статті публікуються без змін, зі збереженням авторського оригіналу

ISBN 978-966-02-5251-6

Затверджено до друку на засіданні наукової ради НАН України по проблемі «Кібернетика», протокол 6 від 28.04.2009 р.

Колектив авторів, 2009

КРИОСТАТ-ЭКРАН ДЛЯ СКВИД-СТРУКТУРОСКОПИИ РЕАКТОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.Ю. Ляхно¹, А.В. Федорченко¹, Г.Е. Ведерников², В.Б. Малков²,
Н.М. Крючков², В.И. Шнырков¹

¹Физико-технический институт низких температур НАН Украины

²ЗАО «Научно-производственный центр «РОСНА», г.Екатеринбург, Россия

Введение. Магнитная структуроскопия базируется на взаимосвязи между структурным состоянием, механическими свойствами и магнитными характеристиками конструкционных материалов [1-3]. Магнитная восприимчивость, измеренная в больших полях, обладает высокой информативностью. Например, в нержавеющих сплавах типа X18H(10-25) таким методом [4] регистрируется образование ферромагнитной фазы на стадии ее зарождения, выявляются зоны локализации скольжения в деформируемом материале, и определяется предел текучести ферромагнитной фазы в аустенитной матрице при разных температурах. Исследование сплавов Fe-Cr-Ni [5], являющихся базовыми материалами для ядерной энергетики, продемонстрировало высокую чувствительность метода к структурным изменениям. Принципиально новый уровень диагностики материалов реакторостроения может быть достигнут при совершенствовании метода с использованием сверхпроводящих квантовых интерференционных детекторов (сквидов). На пути к достижению предельной чувствительности метода требуется решить ряд сложных задач связанных с подавлением внешних электромагнитных полей, шумов связанных с вибрациями образца, дрейфом магнитного поля и т.д. В работе описан измеритель магнитной восприимчивости, созданный на основе специального криостата-экрана и ВЧ сквида. Ниже описаны конструкция комплекса, методы оптимизации параметров и алгоритмы работы.

ВЧ СКВИД градиентометр. В большинстве систем для измерения магнитной восприимчивости используются ВЧ сквиды [6, 7]. Интерферометр, состоящий из сверхпроводящего контура L , замкнутого джозефсоновским контактом, индуктивно связан $M = k \cdot (L_T L)^{1/2}$ с резонансным контуром, имеющим частоту $\omega_T = (L_T \cdot C_T)^{-1/2}$ и трансформатором магнитного потока (антенной), показан на рис.1. Контур возбуждается на частоте $\alpha \equiv \alpha_T$, которая значительно превышает характерные частоты измеряемого сигнала $\mathcal{E}\Phi_S(t)$. Индуктивности трансформатора потока выбираются из условия $L_1 + L_2 = L_S$. Изменение магнитного момента образца, приводящее к $\mathcal{E}\Phi_S(t)$, меняет среднее значение фазы контакта. Это приводит к изменению импеданса интерферометра и, следовательно, переменного напряжения $\mathcal{E}V_T(\mathcal{E}\Phi_S)$, которое после усиления превращается детектором в выходной сигнал.

$$\delta V_T(t) \equiv (\omega_T / k)(L_T / L)^{1/2} \delta \Phi_S(t) \quad (1)$$

Учитывая, что при согласовании интерферометра с контуром, имеющим добротность $Q \approx 200$, выполняется $k^2 Q \approx 1$ и выбирая $\alpha / 2\pi \approx 30$ МГц, $L_T \approx 2 \cdot 10^{-7}$ Гн, $L \approx 5 \cdot 10^{-10}$ Гн, получим коэффициент преобразования $\gamma = \partial V_T / \partial \Phi_S \approx 5 \cdot 10^{10}$ В/Вб. Минимальное значение собственной чувствительности ВЧ сквида определяется шумами резонансного контура $S_T(\alpha)$ и ВЧ усилителя $S_A(\alpha)$. Поскольку измерительный тракт имеет суммарную спектральную плотность шума на низких частотах $S_N = S_T + S_A \approx 2,5 \cdot 10^{-17}$ В²/Гц для чувствительности получим $\delta \Phi_{\min} = S_N^{1/2} / \gamma \approx 10^{-19}$ Вб/Гц^{1/2}. Отсюда основной параметр ВЧ сквида - чувствительность по энергии равна

$$\varepsilon = (\delta \Phi_{\min})^2 / 2L = S_N / 2L \gamma^2 \approx 10^{-29} \text{ Дж/Гц} \quad (2)$$

Поскольку трансформатор потока работает в полях до $B=4-5$ Тл, применяют ряд конструктивных особенностей. Рассмотрим чувствительность сквида с антенной в виде градиентометра первого порядка. Во-первых, сверхпроводящий замкнутый трансформатор потока, связанный с интерферометром, приводит к уменьшению его индуктивности $L^* = L[1 - (k_s^2 L_s / L_1 + L_2 + L_s)]$, где $k_s \approx 0.35$ - коэффициент связи между L и L_s . Если перемещение образца через виток приемной антенны приводит к изменению потока в трансформаторе $\Delta\Phi$, то из условия квантования потока получим

$$\Delta\Phi + (L_1 + L_2 + L_s) \cdot I = 0, \tag{3}$$

где I - сверхпроводящий ток, индуцированный в трансформаторе потока. Этот ток наводит магнитный поток $\Phi_s \approx k_s (L_s \cdot L)^{1/2} \cdot I$. Приравнявая Φ_s к $\delta\Phi_{\min}$ найдем выражение для оптимизации сквида с антенной в виде градиентометра первого порядка:

$$\Delta\Phi_{\min} \approx (2/k_s) \cdot (L_s/L)^{1/2} \cdot \delta\Phi_{\min} \tag{4}$$

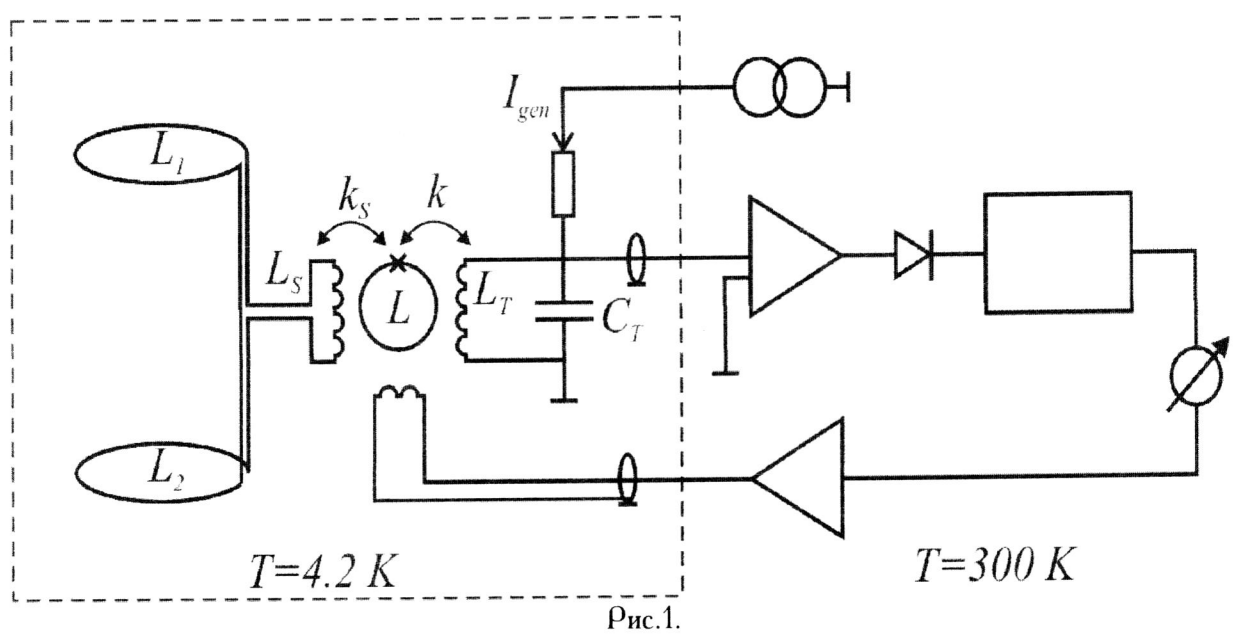


Рис.1.

При работе в полях $B=4-5$ Тл для подавления сигналов пропорциональных градиентам магнитного поля изготавливают более сложные конструкции антенн. Нами используется антенна в виде градиентометра 3-его порядка, намотанная на текстолитовый каркас диаметром 25 мм сверхпроводящим проводом НТ-50 диаметром 0.1 мм, база градиентометра 20мм. Для уменьшения влияния вибраций каркас антенны жестко закреплен внутри сверхпроводящего соленоида таким образом, чтобы приемные петли располагались в области с максимальной однородности магнитного поля. Условие согласования $L_s = \sum L_i$ антенны трудно выполнимо для градиентометра 3-его порядка и приводит к уменьшению полезного сигнала. Компромиссное решение обеспечивает $\sum L_i \approx 4L_s$. Чувствительность системы к изменениям магнитного момента образца составила $5 \cdot 10^{-6}$ эме при времени скана 15 сек с $\tau_{\text{int}} = 0.5$ сек.

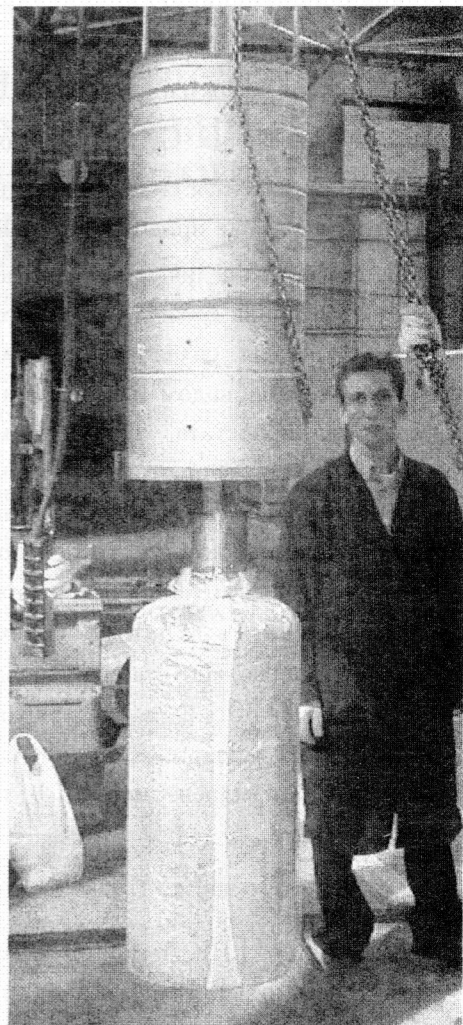
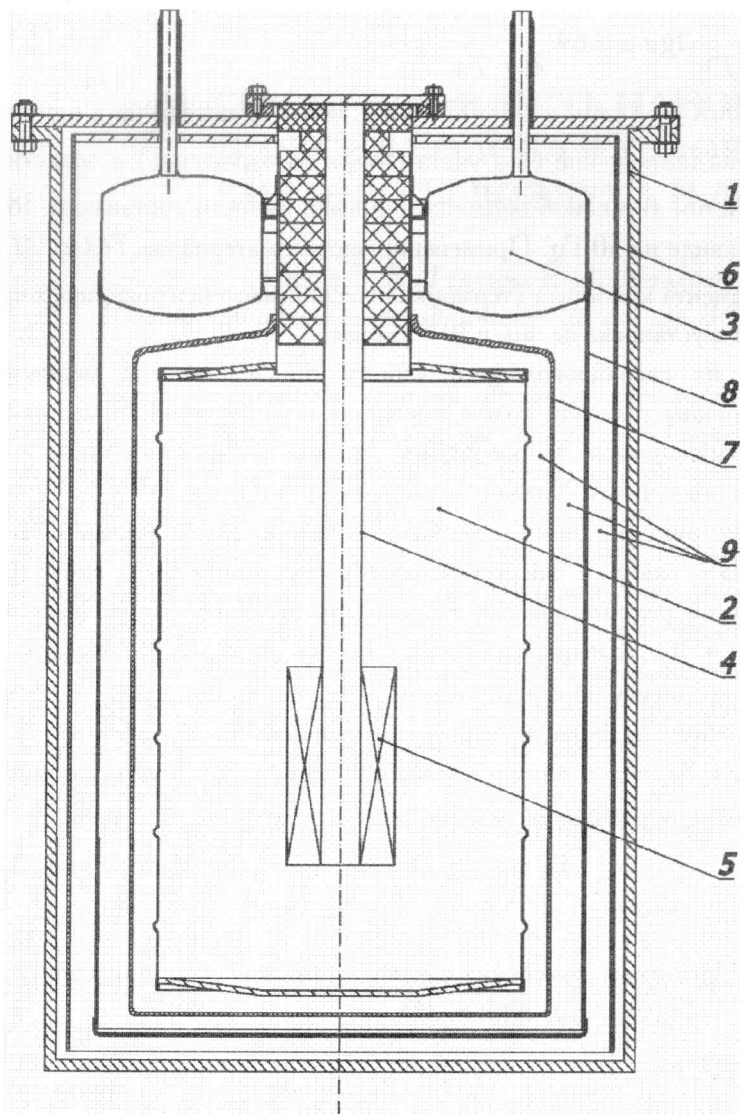


Рис. 2 Конструкция криостата: 1 — внешний алюминиевый корпус, 2 — гелиевый резервуар, 3 — азотный резервуар, 4 — антикриостат с держателем образцов и регулировкой температуры, 5 — сверхпроводящий соленоид, 6 — алюминиевый теплый экран, 7 — медный холодный экран, 8 — азотный экран, 9 — слои экранно-вакуумной изоляции.

Криостат-экран и основные функциональные системы. Разработанный криостат, предназначен для проведения измерений в магнитных полях $B=4-5$ Тл и имеет объем бака для жидкого гелия ~ 65 литров. Поскольку при таких полях внутри криостата применение сверхпроводящих экранов не возможно, а шум на частоте 50 Гц и ее гармониках достигает $(3-5) \cdot 10^{-9}$ Тл/Гц $^{1/2}$ [7], то становится понятна трудность измерений с чувствительностью на уровне 10^{-13} Тл/Гц $^{1/2}$. Специальный криостат-экран содержит несколько экранирующих оболочек (рис. 2) - внешняя цилиндрическая оболочка и верхний фланец выполнен из толстого ($t_1 = 10$ мм) алюминия марки АМц. Для образования замкнутого контура они соединены металлическим (индиевым) уплотнением. Вблизи внешней расположена дополнительная алюминиевая оболочка ($t_2 = 2$ мм), реализуя метод запредельного волновода. Экран из отожженной меди ($t_3 = 2$ мм) охлаждается за счет тепловой связи с тороидальной азотной емкостью, а к горловине гелиевого бака крепится тонкий медный экран ($t_4 = 0,5$ мм) и находится при более низкой температуре, охлаждаясь испарившимся гелием. Пространство между оболочками заполнено тремя пакетами по 20 слоев (поз.8, рис.2) суперизоляции. С учетом глубины скин-слоя $\lambda(f, T) = [\pi \cdot f \cdot \mu \cdot \sigma(T)]^{-1/2}$ потери на поглощение в одной металлической оболочке можно представить в виде

$$K_{ac}(f) = 20 \cdot \frac{t}{\lambda(f, T)} \cdot \lg e \cong 8.69 \frac{t}{\lambda(f, T)}, \text{ дБ} \quad (5)$$

Поскольку на частоте 50 Гц $\lambda_{Al}(300K) \approx 11 \text{ мм}$, а $\lambda_{Cu}(77K) \approx 3.5 \text{ мм}$, то потери на в одном экране $K_{ac} \approx 5 - 9 \text{ дБ}$. Суммарные потери на поглощение (без учета потерь на отражение) в области расположения антенны скивда (50 Гц) с учетом титановой оболочки гелиевой емкости составляют 38 дБ. Остаточное поле приводит к $0.1\Phi_0$ в скивде на 50 Гц. Применение чистых материалов Ti, Cu, Al устраняет эффект увеличения магнитного момента криостата (термоциклический мартенситный переход в сталях). Величина дрейфа магнитного поля в установке не более 10^{-5} Тл/час .

Токовводы соленоида выполнены из сверхпроводящего кабеля НТ-50, обвиты медным многожильным проводом и в области горловины гелиевой колбы припаяны к радиационным медным экранам антикриостата, обдуваемым испаряющимся газообразным гелием. Магнитное поле с относительной погрешностью 1.5 Э измеряется датчиком Холла с размерами 2 1.5 0.6 мм.

Закключение. С целью развития магнитной структуроскопии материалов реакторостроения разработан криостат-экран, в котором использован ВЧ скивд с энергетическим разрешением 10^{-29} Дж/Гц . Применение СП соленоида в кроткозамкнутом режиме позволяет проводить исследования магнитной восприимчивости в магнитных полях до 4 Тл. Специальная конструкция антикриостата и блок термометрии позволяют стабилизировать температуру образца объемом $5 \times 5 \times 5 \text{ мм}^3$ с точностью 0.05 К в диапазоне 4.2–10 К. Криостат-экран уменьшает внешние электромагнитные поля частотой 50-100 Гц на 40-60 дБ и имеет скорость испарения 0.8 л/час с измерительным штоком. При использовании антенны в виде градиентометра 3-го порядка чувствительность к магнитному моменту составила $5 \cdot 10^{-6} \text{ эме}$.

Литература

1. Заварицкий Н.В., Легкоступов М.С. Магнитные измерения с использованием сверхпроводящего квантового измерителя магнитного поля. — ПТЭ, 1973, №3, с. 213.
2. <http://www.qdusa.com/products/mpms.html>
3. Десненко В.А., Доля С.Н., Исаев Н.В., Свечкарев И.В., Федорченко А.В. Аномальный диамагнетизм в сплавах алюминий-литий. ФНТ, 2004, т.30, вып.5, с.568.
4. Большуткин Д.Н., Десненко В.А., Ильичев В.Я. Магнитная восприимчивость сталей X18H(10-25) в интервале температур 4,2-300 К. — ФММ, 1980, т.49, вып.2, с.286.
5. Десненко В.А., Печерская В.И., Фертман Е.А., Ильичев В.Я., Пеца П, Штепан И. Физико-механические свойства дисперсионно-твердеющего FeCrNi аустенитного сплава. — ФММ, 1990, вып.9, с.91.
6. V.I. Shnyrkov, G.M. Tsoi, Signal and Noise Characteristics of RF-SQUIDS in: Principle and Applications of SQUIDS. Ed. A. Barone, World Scientific, Singapore, 1992, pp. 77.
7. V.I. Shnyrkov, High-Temperature RF SQUIDS, Handbook of HTS Electronics, ed. N. Khare, Marchel Dekker Inc., USA, 2003, pp. 193.