



УКРАЇНА

(19) UA (11) 96233 (13) C2

(51) МПК (2011.01)

F17C 3/00

F17C 13/00

G01R 33/00

G01N 27/72 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) КРІОСТАТ-ЕКРАН ДЛЯ ВИМІРЮВАНЬ МАГНІТНОЇ СПРИЙНЯТЛИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ У СИЛЬНИХ МАГНІТНИХ ПОЛЯХ

1

2

(21) а201010595

(22) 01.09.2010

(24) 10.10.2011

(46) 10.10.2011, Бюл. № 19, 2011 р.

(72) ЛЯХНО ВАЛЕРІЙ ЮРІЙОВИЧ, ШНИРКОВ
ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, БУДНИК МИКОЛА МИ-
КОЛАЙОВИЧ(73) ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ ІМ. В.М. ГЛУШКОВА
НАН УКРАЇНИ, ЛЯХНО ВАЛЕРІЙ ЮРІЙОВИЧ,
ШНИРКОВ ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, БУДНИК
МИКОЛА МИКОЛАЙОВИЧ(56) Гелієвий кріостат типу КГ 30/60, НПО "Гелій-
маш", Росія, <http://geliymash.aha.ru/node/143/>
SU 1116265 A, 30.09.1984Кріостат SQUIDVSM23, Quantum Design,
<http://www.qdusa.com/>, SQUIDVSM23.pdf

UA 25565 U, 10.08.2007

UA 18778 U, 15.11.2006

UA 38110 U, 25.12.2008

RU 58204 U1, 10.11.2008

(57) 1. Кріостат-екран для вимірювань магнітної сприйнятливості матеріалів у сильних магнітних полях до 10 Тесла, призначений для охолодження до $T=4,2$ К і екранування від зовнішніх електромагнітних перешкод (ЕМП) зразків матеріалів при виконанні надчутливих вимірювань за допомогою СКВІДів з метою вивчення структурних властивостей зазначених матеріалів, тобто магнітної структури- чи дефектоскопії, який являє собою посудину Дюара і включає металеву посудину для зрідженого азоту (азотний бак), посудину для зрідженого гелію (гелієвий бак), всередині якого розміщують вимірювальний об'єм з тримачем зразка і регулятором температури вимірюваного зразка та надпровідниковий соленоїд, що генерує магнітне поле для намагнічення зазначеного зразка; гелієвий бак оточено радіаційними екранами та екранно-вакуумною теплоізоляцією (ЕВТІ) та вміщено для послаблення зовнішніх ЕМП у товстостінний металевий корпус, що має температуру навколишнього середовища; вказані екрани включають гелієвий та підвісний азотний екран, які кріплять, відповідно, до горловини кріостата та до

корпусу азотного бака; вказана ЕВТІ заповнює порожнину між корпусом кріостата та азотним екраном; всі екрани, гелієвий бак та корпус кріостата являють собою суцільні та повністю електрично замкнуті посудини, виготовлені з нормальних металів, які мають високу електропровідність, який відрізняється тим, що гелієвий бак виконують без нероз'ємних з'єднань різнорідних матеріалів для уникнення механічних напруг, зумовлених різними коефіцієнтами температурного розширення матеріалів та наявністю значних градієнтів температур; гелієвий бак виконують з металу високого ступеня очищення, який у присутності сильних магнітних полів не має залишкової намагніченості при гелієвих температурах, а під час циклів охолодження-відігрівання - також не має і структурних переходів; до зовнішнього боку корпусу тороїдального азотного баку кріплять додатковий підвісний азотний екран, який виконують у вигляді багат шарової конструкції, оболонки якої між собою та з корпусом азотного баку скріплюють за допомогою діелектричних пластин з високою теплопровідністю; між додатковим азотним екраном та корпусом кріостата до горловини кріостата кріплять тепловий екран; при цьому розміри та положення всіх радіаційних екранів та гелієвого бака виконують з урахуванням товщини скін-шарів металів, з яких вони виготовлені, при їх робочих температурах, мінімуму впливів на вимірюваний від зразка сигнал, а також мінімальної тривалості затухання власних електромагнітних наведень, екрани виконують з металічних смуг без електричного контакту між ними для зменшення амплітуди вихрових струмів, породжених зовнішніми ЕМП, у результаті чого ці екрани та корпус бака слугують також і електромагнітними екранами; заповнюють ЕВТІ якнайменш одну з порожнин між будь-якими сусідніми екранами чи між гелієвим екраном і гелієвим баком.

2. Пристрій за п. 1, який відрізняється тим, що гелієвий та/або тепловий екран кріплять до горловини кріостата за допомогою діелектричних пластин з високою теплопровідністю.

(13) C2

(11) 96233

(19) UA

3. Пристрій за пп. 1, 2, який **відрізняється** тим, що гелієвий та/або тепловий екран виконують у вигляді багат шарової конструкції, утвореної з'єднанням не менш ніж з 2-х окремих оболонок.

4. Пристрій за п. 3, який **відрізняється** тим, що якнайменш одне з'єднання оболонок виконують за допомогою діелектричних пластин з високою теплопровідністю.

Винахід належить до вимірювальної техніки, а саме до магнітних методів дослідження властивостей матеріалів. Більш конкретно, він стосується пристроїв, призначених для охолодження й екранування досліджуваних об'єктів при проведенні надчутливих вимірювань магнітної сприйнятливості за допомогою Надпровідникових Квантових Інтерференційних Детекторів (СКВІДів) у сильних магнітних полях, зокрема магнітної структуроскопії конструкційних матеріалів.

Магнітна дефектоскопія конструкційних матеріалів ґрунтується на взаємозв'язках між структурним станом, механічними властивостями матеріалів та його магнітними характеристиками. Завдяки вимірюванням температурних залежностей магнітної сприйнятливості матеріалів у магнітних полях пружністю від 10^{-3} до 10 Тесла в інтервалі температур 4,2-290 К можливо визначити зміни у їх структурі під впливом різних чинників. Наприклад, невеликі зміни структурного стану матеріалів під дією радіоактивного випромінювання призводять до значних змін магнітної сприйнятливості. На цьому ефекті ґрунтується метод контролю конструкційних реакторних матеріалів АЕС.

У сучасних пристроях висока чутливість методу до змін магнітної сприйнятливості (МС) досягається за рахунок використання СКВІДів. Головна проблема магнітної дефектоскопії на основі СКВІДів полягає у необхідності підвищення відношення сигнал/шум, що вимагає високого ступеня екранування вимірювального об'єму зі зразком досліджуваного матеріалу від зовнішніх промислових електромагнітних перешкод (ЕМП), особливо на низьких частотах (НЧ) (частота мережі 50 Гц, її гармоніки та субгармоніки).

З іншого боку, для намагнічування зразка і створення для цього постійної магнітної індукції в діапазоні 5-10 Тесла застосовують надпровідникові соленоїди, охолоджені до 4,2 К за допомогою зрідженого гелію. Проте при таких великих значеннях магнітної індукції поля розсіювання соленоїдів значно перевищують критичні магнітні поля надпровідників, тому надпровідні екрани для екранування вимірюваного зразка від ЕМП є неефективними.

Отже, при використанні у вимірювачі МС сильних (більше 1 Тл) полів намагнічування, застосування надпровідних екрануючих оболонок у ближній зоні соленоїда є неможливим. Одним із технічних рішень, на думку авторів, є використання самого кріостата для екранування зовнішніх ЕМП.

Іншими словами, кріостат одночасно повинен бути і екраном. Необхідність створення такого крі-

остата-екрана обумовлена двома основними обставинами:

1) З огляду на необхідність вимірювань МС у сильних магнітних полях (5-7 Тл) кріостат повинен бути виготовлений з матеріалів, які не намагнічуються полями розсіювання соленоїдів.

2) Матеріали, використані для виготовлення кріогенної частини кріостата-екрана і вимірювального зонду, не повинні мати мартенситних структурних переходів, які виникають під час циклів "охолодження - відігрівання", оскільки такі процеси призведуть до постійного збільшення власного магнітного моменту матеріалів конструкції і, як наслідок, - до зростання похибки при вимірюваннях магнітного моменту зразка. Наприклад, через це використання нержавіючих сталей у даному пристрої неприйнятно.

Оскільки пристрій, що є предметом даної корисної моделі, ґрунтується на використанні надчутливих СКВІД-магнітометрів, то для зменшення зовнішніх ЕМП вимірювальний об'єм повинен бути ретельно екранований. Оцінка амплітуди магнітного поля на частотах 50, 100, 150 Гц і т.д. показує, що навіть при використанні як антени градієнтметра першої похідної, магнітне поле ЕМП у вимірювальному об'ємі потрібно зменшити в 50-80 разів, тобто приблизно на 40 дБ.

Робочий об'єм вимірювача сприйнятливості можна екранувати, розмістивши безпосередньо в рідкому гелії екран із металу в нормальному стані. Та наведені в екрані струми генерують електромагнітні поля і збільшують шумову компоненту у вимірюваному сигналі за рахунок досить близького (5-10 см) їх розташування до зразка. Цей спосіб вимагає збільшення діаметра горловини кріостата, що спричинить збільшення швидкості випаровування кріогенної рідини.

Оскільки, як зазначено вище, застосування надпровідних екранів в сильних магнітних полях недоцільно, необхідно створити кріостат-екран із екрануванням вимірювального об'єму за рахунок екрануючої дії "струмів Фуко", тобто кріостат-екран на основі чистих металів з великою провідністю.

Відомі пристрої для охолодження надпровідних соленоїдів і вимірювання МС, які містять металічні чи склопластикові (скляні) кріостати і надпровідні екрани.

Зазвичай для охолодження вимірювальної апаратури до $T=4,2$ К застосовують кріостати з нержавіючих сталей, які мають низьку теплопровідність і високі механічні властивості. Проте поступове збільшення альфа-фази заліза при багаторазових циклах охолодження й відігрівання робить ці матеріали непридатними в даному випадку. Крім

того, значний питомий електричний опір цих матеріалів не дозволяє ефективно (при прийнятній товщині матеріалу) екранувати зовнішні ЕМП.

Відомо також гелієвий кріостат типу КГ 30/60 [виробник НПО "Геліймаш", Росія, <http://geliymash.aha.ru/>], який містить вставлений у вакуумований корпус гелієвий бак, оточений радіаційними екранами, що охолоджуються парами гелію, та з'єднаний зі склопластиковою горловиною \varnothing 55 мм. Цей кріостат використовують як для охолодження об'єктів, так і для зберігання рідкого гелію. Його недоліки: а) великі витрати гелію зумовлені теплоприпливами по горловині; б) відповідно нетривалий час роботи на одній заливці рідким гелієм. Для їх усунення необхідно застосовувати додаткове охолодження рідким азотом.

Це реалізовано у кріостаті [SU 1116265, F17C3/00, 1984], всередині вакуумованого герметичного корпусу якого розташовані циліндричні теплоізолявані азотний і гелієвий баки, по центру кожного з яких виконані циліндричні отвори, через які введена горловина кріостата. В силфонну горловину вміщують кріостатований об'єкт та через неї заливають рідкий гелій.

При цьому обидва баки охоплені радіаційними екранами, між якими і корпусом розміщена екранно-вакуумна теплоізоляція (ЕВТІ). У вакуумованому проміжку між баками розташовано змієподібний теплообмінник, який служить для охолодження екранів і виводу парів гелію. Азотний бак скріплений з верхніми частинами екранів склопластиковими почіпами. За допомогою струнних розпірок гелієва посудина прикріплена до внутрішнього екрану, а азотна - до корпусу.

Порівняно з кріостатом типу КГ 30/60 у даному кріостаті менше випаровування рідкого гелію за рахунок використання струнних розпірок з низькою теплопровідністю за рахунок невеликої площі поперечного перерізу. Однак через горловину мають місце великі теплоприпливи, що прискорює випаровування гелію і скорочує час роботи кріостата на одній заправці криогенними рідинами.

Деякою мірою недоліки кріостатів для вимірювачів МС усунуто фірмою Quantum Design [<http://www.qdusa.com/>, SQUIDVSM23.pdf] у комбінованому кріостаті для систем вимірювання МС MPMS SQUID VSM. Такий кріостат включає алюмінієвий гелієвий бак, з'єднаний зі склопластиковою горловиною та вміщений у азотний кріостат. Параметри: ємність гелію/азоту - 65/60 л, випаровування гелію/азоту - 4/5 л/добу, ресурс роботи на одній заправці криогенними рідинами 12 діб. Зовнішній корпус такого кріостата виконують з досить товстого (10-15 мм) алюмінію, який одночасно й слугує екраном від зовнішніх ЕМП. Крім того, на зовнішній поверхні гелієвого бака змонтовано радіочастотний екран із м'якого заліза (dewar soft iron shield). Однак, таке технічне рішення має певні недоліки:

1) Коефіцієнт екранування для такої конструкції недостатній, що не дозволяє повністю реалізувати чутливість СКВІДів.

2) Склопластикові горловина має досить високу проникність для газоподібного гелію, що вимагає досить частого (більш ніж раз на рік) періо-

дичного відкачування вакуумного об'єму кріостата, заповненого ЕВТІ.

3) Досить велику швидкість випаровування гелію і азоту (4-5 л/добу).

Для подолання недоліку 1) зазначена фірма була змушена створити додатковий екран із мю-металу (Environmental Magnetic Shield), який має форму циліндру з дном, у який вміщують зазначений комбінований кріостат (див. на сайті Application Note1014-209). Коефіцієнт екранування експериментально визначають згідно з виразом:

$$S[dB]=20 \log V(\text{Shield})/V(\text{Unshield}), \quad (1)$$

де $V(\text{Shield})$ та $V(\text{Unshield})$ - розмах сигналу на виході СКВІДу, відповідно, з та без використання екрану. Він становить -38 дБ в нульовому магнітному полі та зменшується до -25 дБ в полі 5,5 Тл. Проте, такий екран досить важкий, громіздкий та вартісний, а тому його застосування не завжди можливе чи доцільне.

Для подолання недоліку 2) можна взагалі відмовитися від горловини. Так, втрати гелію мінімізовані у кріостаті [UA 25565, Ніколаєнко В.О., Кріостат, 2007], який містить розміщену у вакуумованому корпусі гелієву посудину, оточену радіаційними екранами, які охолоджуються парами гелію. Всередині кріостата у тепловому контакті з гелієвою посудиною встановлено закритий кришкою кріостатований бокс, при цьому радіаційні екрани також виконані з кришками, а корпус обладнано герметичною кришкою з вузлом герметичного ущільнення заливної трубки, яка ізолювано проходить через кришки екранів і бокс до гелієвої посудини. У такому кріостаті при ємності 100 л рідкого гелію та 3-х радіаційних екранах витрата гелію становить лише 0,33 л/добу, але цей кріостат, на жаль, не пристосований до вимірювань МС.

Для подолання недоліку 3) фірма Quantum Design пропонує вдосконалені конструкції кріостатів з інтегрованою апаратурою для зрідження парів гелію (cryocooler). Але це рішення значно ускладнює та здорожує пристрій, тому інший шлях зменшення витрат криогенних рідин полягає у застосуванні підвісних радіаційних екранів.

У цьому напрямку відмітимо патенти України на корисні моделі "Терморегульований кріостатний пристрій" UA18778 (2006) та UA38110 (2008), які є найближчими аналогами. Кріостат є складовою частиною зазначеного пристрою, складається із зовнішнього кожуха, порожнина якого вакуумована, резервуара рідкого азоту з підвісними радіаційними екранами, що охоплюють резервуар-живильник із криогенною рідиною (тобто рідким гелієм). Відмінність цих пристроїв полягає в тому, що вони мають наскрізний отвір і призначені для дослідження оптичних, а не магнітних властивостей матеріалів.

Отже, сучасний рівень техніки демонструє певні недоліки, які можна усунути, відповідно, таким чином:

1) не застосовувати склопластики як конструкційний матеріал;

2) екранувати робочий об'єм вимірювача МС за допомогою екрану з нормального металу, розміщеного безпосередньо в рідкому гелії.

Однак, у цьому випадку необхідно врахувати, що екрануюча оболонка за наявності замкнутого наведеного електричного струму сама є джерелом ЕМП. Це особливо небезпечно, коли мають місце НЧ механічні коливання екрану, при цьому критичною є величина постійної часу системи $t=L/R$. Для зниження впливу цього чинника потрібно збільшувати діаметр екрану, що знижує індуктивний зв'язок із приймальною антеною СКВІД-магнітометра. Це, в свою чергу, потребує збільшення діаметру горловини що, як наслідок, - збільшує швидкість випаровування криогенної рідини - гелію.

В основу винаходу поставлено задачу створення криостата-екрана для магнітної структуроскопії, що забезпечує можливість проведення низькотемпературних (до $T=4,2$ К) досліджень магнітної сприйнятливості матеріалів за допомогою СКВІДів у сильних (до 10 Тесла) магнітних полях із високою ефективністю екранування вимірювального об'єму. Поставлена задача досягається шляхом:

1) виконання криостата без нероз'ємних з'єднань, утворених з різномірних матеріалів для уникнення механічних напруг завдяки різним коефіцієнтам температурного розширення при наявності значних температурних змін;

2) виконання гелієвого бака з металу високої чистоти, який у присутності сильних магнітних полів не має залишкової намагніченості при гелієвих температурах, а під час циклів охолодження-відігрівання - також не має і структурних переходів;

3) екранування вимірювального об'єму багатшаровими коаксіальними електромагнітними азотним та гелієвим екранами, виготовленими з металу в нормальному стані (алюміній, мідь), які охолоджуються за рахунок теплового контакту, відповідно з тороїдальним азотним баком чи горловиною гелієвого баку;

4) виконання розмірів та положення всіх радіаційних екранів та гелієвого бака з урахуванням товщини скін-шару при відповідній робочій температурі, мінімуму впливів на вимірюваний від зразка сигнал, а також мінімальної тривалості затухання власних електромагнітних наведень, у результаті чого ці екрани та корпус гелієвого бака слугують також і електромагнітними екранами;

5) застосування додаткового азотного та теплового екранів, які є одночасно радіаційними та електромагнітними екранами;

6) виконання багатшарових екранів, оболонки яких для зменшення амплітуди вихрових струмів, породжених зовнішніми ЕМП, конструкційно виконують з металічних смуг без електричного контакту між смугами;

7) виконання оболонок багатшарових екранів, які для зменшення інтенсивності вихрових струмів, породжених зовнішніми ЕМП, кріплять до елементів конструкції криостата чи скріплюють між собою діелектричними пластинами з високою теплопровідністю;

8) заповнення усіх вакуумних порожнин (зовнішній корпус криостата - тепловий екран, гелієвий бак - гелієвий екран, та між усіма екранами) ЕВТІ.

Це забезпечує такий технічний результат:

1) збільшення коефіцієнта екранування (1) зовнішніх ЕМП;

2) зменшення швидкості випаровування рідкого гелію, отже - збільшення часу роботи на одній заправці рідким гелієм.

Короткий опис ілюстрації.

Креслення: розріз пропонованої конструкції криостата-екрана.

Технічна задача полягає у розробці і створенні спеціального криостата-екрана, призначеного для охолодження до температури 4,2 К СКВІД-магнітометра і надпровідного соленоїда з максимальною індукцією $B=10$ Тл, які входять до складу вимірювача сприйнятливості. Для забезпечення максимального ефекту екранування другий і наступні, коаксіальні із зовнішнім циліндричним корпусом, екрани розташовують у вакуумній порожнині між корпусом і ЕВТІ, які виконують одночасно функції теплових (радіаційних) і електромагнітних екранів. Таким чином, пропонується криостат-екран з екрануванням вимірювального об'єму за рахунок "струмів Фуко", тобто на основі використання чистих металів з високою провідністю.

Більш докладно суть винаходу пояснюється за допомогою креслення, на якому показані: 1 - зовнішній алюмінієвий корпус, 2 - тороїдальний азотний бак, 3 - гелієвий бак, 4 - вимірювальний об'єм із тримачем зразків і регулятором температури (показаний схематично, не є предметом даного винаходу), 5 - надпровідний соленоїд, 6 - тепловий екран, 7 - гелієвий екран, який охолоджується гелієвим баком, 8 - підвісні азотні екрани, які охолоджуються азотним баком, 9 - шари ЕВТІ.

В основній реалізації внутрішній гелієвий бак виконують з титану, який має теплопровідність, приблизно рівну теплопровідності нержавіючої сталі, що дозволяє знизити теплоприплив по горловині до таких же значень, як і у криостатах на основі нержавіючої сталі. Крім того, для вимірювача сприйнятливості дуже важливо те, що титан не змінює своїх магнітних властивостей у процесі тривалої експлуатації.

Зовнішня стінка криостата-екрана виконується з технічно чистого алюмінію з товщиною стінки 10-15 мм, а у вакуумній порожнині коаксіально із корпусом криостата розміщують додатковий електропровідний екран 6 у вигляді позамежового хвильоводу (тепловий екран).

У вакуумній порожнині додатково встановлюють металеві оболонки (екрани), розміщені коаксіально відносно корпусу криостата, які виготовлені з металу в нормальному стані і охолоджуються за рахунок теплового контакту з азотним баком або горловиною гелієвого баку, збільшуючи ефективність екранування ЕМП за рахунок їх відбиття та поглинання в екранах. Для забезпечення максимального коефіцієнту екранування товщина охолоджених до 78 К коаксіальних екранів вибирається приблизно рівною глибині скін-шару матеріалу екрану (у основній реалізації - міді чи алюмінію).

Особливістю даної конструкції є те, що вона передбачає зварні (нероз'ємні) з'єднання окремих деталей, причому зварювання проводять тільки однакових металів (наприклад, титан-титан, алюміній-алюміній), що виключає можливість появи

термоциклічної деградації зварних швів. Роз'ємні вакуумні з'єднання передбачають використання металічних ущільнювачів типу індієвих прокладок, для створення електрично замкнутих повністю екранованих об'ємів.

Ступінь екранування магнітного поля характеризують розрахунковим коефіцієнтом екранування K :

$$K = 20 \log (H_0/H), [\text{дБ}] \quad (2)$$

де H_0 - напруженість магнітного поля (магнітна компонента ЕМП) в зовнішньому просторі,

H - напруженість усередині екрана.

Для електромагнітної хвилі, що падає на металеву поверхню, існує два види втрат - втрати на відбиття та на згасання. Відповідно вводять два коефіцієнти, які задовольняють рівнянню:

$$K = K_v + K_z, \quad (3)$$

де $K_v(K_z)$ - коефіцієнт відбиття (згасання). Втрати на багаторазове відбиття не враховуємо.

При поширенні ЕМП в металі амплітуда магнітного поля H_z зменшується експоненційно за рахунок омичних втрат у матеріалі екрану:

$$H_z = H_0 \exp(-x/F), \quad (4)$$

де

$F = (1/\pi f \mu \sigma)^{1/2}$ [м] глибина скін-шару для даного металу, x - відстань вглиб металу [м], F - частота ЕМП, σ - питома електрична провідність металу [См/м], μ - магнітна проникність даного металу [Гн/м].

Вкажемо, що глибина скін-шару на частоті 50 Гц для технічно чистого алюмінію при температурі 300 К приблизно рівна 10,5 мм, а для технічної міді при температурі 100 К (мідний екран) - 3,5 мм. Підставляючи (4) у (2) одержимо вираз для втрат на поглинання:

$$K_z = 8,69x/F, [\text{дБ}] \quad (5)$$

Підсумовуючи втрати в кріостаті-екрані на поглинання з урахуванням поглинання в титановій оболонці, одержимо на частоті 50 Гц K_z приблизно 12-15 дБ. Зрозуміло, що втрати на поглинання вище для високих частот, а в області НЧ в основному "працює" коефіцієнт відбиття.

Втрати на відбиття вище на НЧ і для матеріалів із високою провідністю і для 50 Гц і нижче вони

становлять 150-125 дБ при використанні алюмінію. Ці втрати оцінюють з формули:

$$K_v = 168 - 10 \log (f \mu / \sigma'), [\text{дБ}], \quad (6)$$

де $\sigma' = 0,6$ відносна (відносно міді) питома провідність алюмінію. Однак через геометричний фактор (алюмінієвий циліндр можна вважати відкритим із верхньої сторони до діаметра порядку діаметра горловини) коефіцієнт екранування зменшиться до $K \approx 36L/R = 1296$ (~60 дБ). (7)

Розрахунок пропонованого кріостата-екрана показує, що він має коефіцієнт екранування на рівні 50 дБ на 50 Гц. Зі збільшенням частоти коефіцієнт екранування збільшиться до 100 дБ і більше (телебачення, мобільний зв'язок, радіомовлення і т.п.). При об'ємі рідкого гелію 64 л і діаметрі горловини 120 мм кріостат забезпечує роботу вимірювальної установки протягом тижня. Крім того, магнітні характеристики кріостата не будуть змінюватися при багаторазових циклах "охладження - відігрівання", що є однією з важливих вимог для вимірювача сприйнятливості на основі СКВІДа.

Оскільки пропонований кріостат-екран виготовляється із промислово освоєних матеріалів (металів) і на основі існуючих виробничих технологій, його вартість буде істотно нижче закордонних аналогів.

Пропонований пристрій промислово придатний і може бути легко запущений у виробництво. Галуззю його застосування є експериментальна фізика (будь-які дослідження при $T = 4,2$ К при використанні сильних постійних магнітних полів із одночасним ефективним екрануванням вимірювального об'єму від зовнішніх ЕМП), а також технічне матеріалознавство в лабораторіях, що проводять дефектоскопічні і структурні дослідження матеріалів, наприклад для тестування радіаційного старіння металів.

Конкретна реалізація пристрою у винаході детально описана з метою ілюстрації. Зрозуміло, що люди, досвідчені в галузі магнітних вимірювань та кріогенної техніки, можуть внести деякі зміни (модифікації) в пропоновану конструкцію кріостата-екрана. Проте, якщо зазначені зміни та модифікації зроблені без суттєвих відхилень від даного винаходу, вони підпадають під дію цього винаходу.

