Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Факультет радіофізики, електроніки та комп’ютерних систем

Звіт

по лабораторній роботі

з курсу «Кріогенна електроніка»

на тему: «Замкнені мікрокріогенні охолоджувальні системи»

Виконав

Прокопенко Ярослав

студент 4 курсу

кафедра нанофізики

та наноелектроніки

Київ 2015

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Факультет радіофізики, електроніки та комп’ютерних систем

Звіт

по лабораторній роботі

з курсу «Кріогенна електроніка»

на тему: «Замкнені мікрокріогенні охолоджувальні системи»

Виконав

Козинець Олег

студент 4 курсу

кафедра нанофізики

та наноелектроніки

Київ 2015

**Замкнені мікрокріогенні охолоджувальні системи**

**Мета роботи:** вивчення принципів роботи і конструкції мікрокріогенних охолоджувальних систем з замкненим циклом*.*

# Схема установки

 Рис. 1. Блок - схема мікрокріогенної системи.

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Вимірювальна секція 2. Вакуумна камера 3. Форвакуумний насос 4. Вакуумний кран 5. Мікроохолоджувач 6. Фланець І рівня охолодження 7. Фланець ІІ рівня охолодження 8. Адсорбційний насос 9. Термопарні датчики вакууму 10. Додаткові низькочастотні гермороз’єми 11. Індикатор вакууму 12. Au-Au+Fe термопари 13. Термопари 14. Манганінові нагрівачі | 1. Блок контролю та регулювання температури фланців 9 та 10 2. Холодопровід 3. Попередній захисний екран 4. Основний захисний екран 5. Напівпровідникові датчики температури 6. Константановий нагрівач 7. Електронна система контролю низьких температур зразка 8. Вхідний сигнальний гермоввід 9. Вихідний сигнальний гермоввід 10. Вхідні та вихідні лінії передачи 11. Магнітний екран |

# Опис установки

Досліджуваний зразок розміщується у вимірювальній секції (1), що розташована всередині вакуумної камери (2). Відкачка вакуумної камери (2), на першому етапі, в діапазоні вакууму до ~10-3 мм рт. ст. здійснюється форвакуумним насосом (3) через сифонний вакуумний кран (4). При значенні вакууму 10-2 мм рт. ст. включається мікроохолоджувач поршневого типу (5), у результаті роботи якого здійснюється другий етап відкачки в діапазоні вакууму 10-3 ÷10-6 мм рт. ст. Цей мікроохолоджувач був побудований за двохступеневою схемою Джифорда – Мак - Магона [3]. На першому ступені відбувається захолодження до азотної температури (≥77К) з холодовиробництвом ≤7 Вт., а другий ступінь забезпечує охолодження до температури водневого рівня (≥15К) з холодовиробництвом ≤2 Вт. У процесі роботи мікроохолоджувача (5) відбувається охолодження мідних фланців (6) та (7) цих ступенів. Фланець (6) охолоджується до температури 77К, а фланець (7) охолоджується до температури 15К. При їх охолоджуванні паралельно відбувається другий етап процесу відкачки, де ці фланці (6) та (7) використовуються в якості кріовловлювачів. Для зменшення часу другого етапу відкачки та стабілізації динамічного вакууму використовується компактний адсорбційний насос (8) з діапазоном відкачки 10-2 ÷10-6 мм рт. ст., що контактує зі стінкою мідного фланця водневого рівня (7). Вимірювання тиску у вакуумній камері (2) проводиться термопарними датчиками (9) та виводиться через низькочастотні гермороз’єми (10) на індикатор вакууму (11). Вимірювання температури на фланцях (6) та (7) здійснюється Au-Au+Fe термопарами (12), а її регулювання виконується манганіновими нагрівачами (13), що розташовуються безпосередньо на цих фланцях. Потужність нагрівачів - ≤10 Вт та ≤3 Вт на фланцях (6) та (7) відповідно. Вибір та стабілізація фіксованої температури на фланцях (6) та (7) здійснюється блоком контролю та регулювання температурою фланців (14).

Діапазон регулювання температури фланця азотного рівня (6) - 77÷300К, а на водневому фланці (7) температура може змінюватися в межах 15÷77К. Стабільність підтримання температури становить ± 5 К та ± 1 К на фланцях (6) та (7) відповідно.

При значеннях вакууму 10-4 ÷10-5 мм рт. ст. у процесі роботи мікроохолоджувача (5) та за рахунок зменшення притоку тепла від стінок вакуумної камери (2) через рештки повітря починається процес ефективного охолодження мідних фланців (6) та (7). Швидкість охолодження приблизно становить 200 К на годину.

В умовах високого вакууму передача низької температури з джерела холоду МКС (мідного фланця 7) на вимірювальну секцію 1 здійснюється гнучким мідним холодопроводом (16).

Для поліпшення теплового контакту між вимірювальною секцією (1) и холодопроводом (16), а також вимірювальною секцією (1) і фланцем (7) використовуються індієві прокладки. Для зменшення радіаційного теплопритоку від стінок вакуумної камери (2) до мідних фланців (6) і (7), вимірювальної секції (1) і холодопровода (16) використовуються захисні екрани двох типів. Перший екран (17) є попереднім з азотним рівнем охолодження. Він являє собою масивний мідний циліндр, що контактує з фланцем (9), на його стінки напорошено метал з великим коефіцієнтом відбиття випромінювання. Другий тип екрану 18 є основним, він охолоджується до водневого рівня. Це легкий компактний трьохшаровий екран, який контактує з фланцем водневого рівня 7. Він розташований в безпосередній близькості від цього фланця, вимірювальної секції (1) та холодопровода (16). Застосування таких екранів дозволяє досягти перепаду температур між вимірювальною секцією (1) і мідним фланцем (7), що не перевищує 1 К.

Контроль за температурою на вимірювальної секції (1) здійснювалося чутливими напівпровідниковими датчиками (18), а її регулювання здійснювалося константановим нагрівачем (19), що був розташований безпосередньо на секції (1). Потужність нагрівача була ≤5 Вт. Вибір фіксованої температури вимірювальної секції (1) здійснювався електронною системою контролю низьких температур зразка (20). Діапазон регулювання температурою міг змінюватися в межах 40К. Стабільність підтримання температури становила ~10-3К. Комплексне використання можливостей системи (20) та блока (14) дозволило проводити дослідження зразка, розташованого у вимірювальній секції (1), у широкому діапазоні температур від 16К до 300К.

Для підводу вхідних та вихідних сигналів до зразка, що знаходиться в середині вимірювальної секції (1), у стінки вакуумної камери (2) були вмонтовані вакуумні гермовводи (21) та (22), та додаткові низькочастотні роз’єми з вакуумними ущільнювачами (10). Температурна розв’язка між вимірювальною секцією (1) та гермовводами (10), (21) та (22) забезпечується використанням малотеплоприточних ліній передачі (23), холодороз’ємами та холодними екранами - бандажами азотного рівня. Для зменшення паразитного впливу вібрацій фланця (7) на вимірювальну секцію (1) використовувався гнучкий холодопровід (15) і гумові прокладки на вакуумних ущільненнях гермовводів (21) і (22) та мікроохолоджувача (5) із вакуумною камерою (2). При необхідності для зменшення впливу зовнішніх магнітних полів можна застосовувати магнітний екран (24) водневого рівня охолодження.

Таким чином ця кріогенна система дозволяє проводити низькотемпературні вимірювання зразків в широкому діапазоні температур від 16К до 300К за умов високого вакууму 10-6 мм рт. ст. Точність вимірювань температури - ~10-3 К. Термостабілізація - не гірше ±10-3 К.

# Висновок

За допомогою даної установки було досягнуто температур порядку 30К. Це є досить значне досягнення, яке дозволяє проводити дослідження властивостей зразка за низьких температур. Загалом, інтенсивний розвиток кріогенної техніки є однією з характерних особливостей науково-технічного прогресу на протязі останніх 10-15 років. З кожним роком розширюється коло завдань, що стоїть перед кріогенною технікою, виникають нові напрямки використання низьких температур, зростає їх роль в сучасних галузях науки і техніки. Реалізація досягнень низькотемпературної фізики в радіоелектроніці стимулювала появу зовсім нової та специфічної області - мікрокріогенної техніки. Її розвиток відкрив принципово нові можливості при розвитку багатьох актуальних задач. Останнім часом надпровідна електроніка стала перспективним напрямком розвитку мікроелектронних та наноелектронних інтегральних схем. Перспективність полягає в тому, що використання у якості «фізичного носія інформації» кванту магнітного потоку, величина якого (Ф0 ≈2,07\*10-15 Вб ≈2 пс\*мВ), що дозволяє отримувати рекордну швидкодію при мінімальному енерговиділенні.

Для роботи надпровідних пристроїв необхідні низькі температури. Один з найбільш розповсюджених методів –зкраплених газів – має свої недоліки, серед яких основним є те, що зкраплені гази швидко випаровуються. Крім того, при використанні ускладнюється отримання температур, більш низьких, ніж температура кипіння газу. Тому були розроблені альтернативні методи отримання низьких температур, з одним з яких є використання автономної мікрокріогенної системи замкненого циклу (МКС) на базі промислової установки МСМР-100А-3,2/20.