



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2014년11월07일  
 (11) 등록번호 10-1458978  
 (24) 등록일자 2014년10월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 G01N 24/08 (2006.01) A61B 5/055 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2013-0123725  
 (22) 출원일자 2013년10월17일  
 심사청구일자 2013년10월17일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR100657399 B1  
 KR1020040080371 A  
 KR1020050107138 A  
 KR1020060123357 A

(73) 특허권자  
 한국기초과학지원연구원  
 대전광역시 유성구 과학로 169-148 (어은동)  
 (72) 발명자  
**최연석**  
 대전 유성구 은구비남로 56, 903동 605호 (노은동, 열매마을9단지)  
**박승영**  
 대전 서구 문예로 174, 114동 405호 (문산동, 샘머리아파트)  
**이상갑**  
 대전 유성구 엑스포로 448, 510동 204호 (전민동, 엑스포아파트)  
 (74) 대리인  
**김정수**

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 박재우

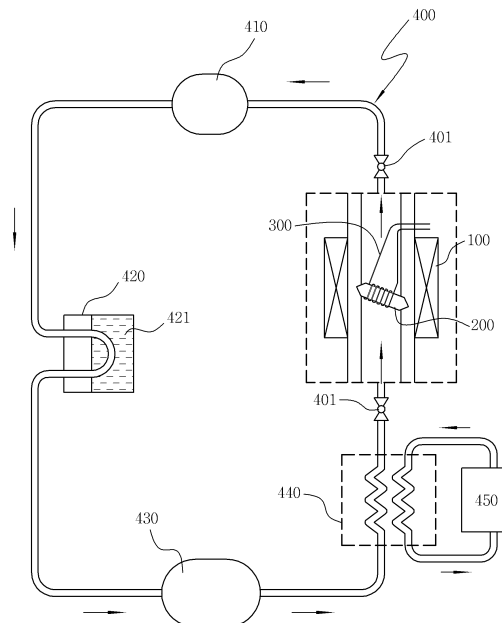
(54) 발명의 명칭 **폐순환 가스루프를 이용한 핵자기 공명장치용 극저온 프로브**

**(57) 요약**

본 발명은 폐순환 가스루프를 이용한 핵자기 공명장치용 극저온 프로브에 관한 것으로, 자기장을 제공하는 초전도 마그네트; 시료가 담긴 상태로 상기 초전도 마그네트 사이에 회전가능하게 배치되어 드라이빙가스에 의해 회전하는 로터; 상기 로터에 라디오 주파수를 인가하여 상기 시료의 공명현상에 따른 핵자기공명 스펙트럼을 발생

(뒷면에 계속)

**대표도** - 도2



시키는 코일; 및 상기 드라이빙가스를 펌프에 의해 순환시키면서 상기 로터에 공급하는 가스루프;를 포함하고, 상기 가스루프는, 상기 드라이빙가스를 극저온 상태로 냉각시키면서 상기 로터에 공급하여 상기 로터를 회전시키는 것을 특징으로 한다.본 발명에 의하면, 시료가 담긴 로터가 드라이빙가스에 의해 냉각된 상태로 회전하므로 열잡음이 감소되어 검출감도가 향상될 수 있으며, 특히 사용된 드라이빙가스가 가스루프에 의해 순환하면서 냉각 상태로 재공급됨에 따라 드라이빙가스의 재충전이 필요없으므로 비용이 절감됨은 물론, 냉각가스의 배출로 인한 환경오염을 방지할 수 있다.

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

자기장을 제공하는 초전도 마그네트;

시료가 담긴 상태로 상기 초전도 마그네트 사이에 회전가능하게 배치되어 드라이빙가스에 의해 회전하는 로터;

상기 로터에 라디오 주파수를 인가하여 상기 시료의 공명현상에 따른 핵자기공명 스펙트럼을 발생시키는 코일; 및

상기 드라이빙가스를 펌프상태로 순환시키면서 극저온 상태로 냉각시켜 상기 로터에 공급하는 가스루프;를 포함하며,

상기 가스루프는,

상기 로터의 일측에 연결되어 상기 로터를 회전시킨 상기 드라이빙가스가 유입되고, 상기 드라이빙가스를 저장하면서 압력을 완충시키는 리저브탱크;

상기 리저브탱크에서 배출된 상기 드라이빙가스를 냉각유체로 냉각시켜 관류시키면서 상기 드라이빙가스에 포함된 불순물을 응결시켜 정제하는 정제기;

상기 정제기에서 정제된 상기 드라이빙가스를 설정된 용량으로 저장하여 배출하는 저장탱크;

상기 저장탱크에서 배출되는 상기 드라이빙가스를 냉매와 열교환시켜 극저온상태로 냉각시키고, 상기 냉각된 드라이빙가스를 상기 로터의 타측으로 공급하는 열교환기; 및

상기 열교환기로 상기 냉매를 순환시키면서 상기 드라이빙가스와 열교환된 상기 냉매를 냉각시키는 냉매쿨러;를 포함하는 것을 특징으로 하는 폐순환 가스루프를 이용한 핵자기 공명장치용 극저온 프로브.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 가스루프는,

상기 리저브탱크의 전방이나 후방에 배치되어 상기 드라이빙가스를 상온으로 가열하여 공급하는 상온히터;

상기 정제기 및 상기 저장탱크를 통해 상기 상온히터와 연결되어 상온으로 가열된 상기 드라이빙가스의 압력을 설정된 압력으로 조정하는 레귤레이터; 및

상기 레귤레이터에서 공급되는 상기 드라이빙가스를 설정된 용량으로 상기 열교환기에 제공하는 유량제어기;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폐순환 가스루프를 이용한 핵자기 공명장치용 극저온 프로브.

### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 가스루프는,

상기 리저브탱크에서 배출되는 상기 드라이빙가스를 고압으로 변환시켜 공급하는 적어도 하나의 고압변환기;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폐순환 가스루프를 이용한 핵자기 공명장치용 극저온 프로브.

### 청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 고압변환기는,

상기 리저브탱크에서 배출된 상기 드라이빙가스를 저장하면서 상기 드라이빙가스의 팽창공간을 제공하는 팽창챔버;

상기 팽창챔버를 가열하여 상기 드라이빙가스를 상기 팽창챔버의 내부에서 팽창시켜서 상기 드라이빙가스를 고

압으로 변환시키는 팽창히터;

상기 팽창챔버의 배출구에 개폐가능하게 구비되어 상기 배출구를 차폐하고, 상기 팽창챔버의 드라이빙가스가 고압으로 팽창됨에 따라 개방되면서 상기 고압의 드라이빙가스를 배출하는 배출밸브; 및

상기 팽창챔버의 유입구에 개폐가능하게 구비되고, 상기 고압의 드라이빙가스가 상기 배출밸브로 배출됨에 따라 개방되면서 상기 리저브탱크의 드라이빙가스를 상기 팽창챔버로 유입하는 유입밸브;를 포함하는 것을 특징으로 하는 폐순환 가스루프를 이용한 핵자기 공명장치용 극저온 프로브.

#### 청구항 5

제 3 항에 있어서, 상기 고압변환기는,

상기 리저브탱크에서 배출된 상기 드라이빙가스를 회전시켜 원심력을 제공하면서 상기 드라이빙가스를 고압으로 압축하는 원심압축기;로 구성된 것을 특징으로 하는 폐순환 가스루프를 이용한 핵자기 공명장치용 극저온 프로브.

#### 청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 고압변환기는, 복수로 구성되어 직렬이나 병렬을 이루면서 연속적으로 설치되어 상기 드라이빙가스를 연속적으로 고압으로 변환시키는 것을 특징으로 하는 폐순환 가스루프를 이용한 핵자기 공명장치용 극저온 프로브.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 가스루프는,

상기 열교환기로 공급되는 상기 드라이빙가스를 상기 정제기의 냉각유체와 열교환시키면서 예비냉각시키는 예비열교환기;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폐순환 가스루프를 이용한 핵자기 공명장치용 극저온 프로브.

#### 청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 예비열교환기는,

상기 정제기와 연결되어 상기 정제기에서 사용된 상기 냉각유체를 연장시키며, 상기 열교환기로 공급되기 이전의 상기 드라이빙가스와 상기 냉각유체를 인접상태로 관류시키는 유체연장라인;으로 구성된 것을 특징으로 하는 폐순환 가스루프를 이용한 핵자기 공명장치용 극저온 프로브.

#### 청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 드라이빙가스는, 질소 가스 또는 헬륨 가스 중 적어도 어느 하나로 이루어진 것을 특징으로 하는 폐순환 가스루프를 이용한 핵자기 공명장치용 극저온 프로브.

### 명세서

#### 기술분야

본 발명은 핵자기 공명장치용 프로브에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 시료가 담긴 로터를 극저온상태로 회전시킴으로써 열잡음을 감소시키고 감도를 향상시킬 수 있는 폐순환 가스루프를 이용한 핵자기 공명장치용 극저온 프로브에 관한 것이다.

[0001]

**배경 기술**

- [0002] 물질을 구성하는 원자의 핵스핀(nuclear spin)이 외부 자기장 하에 있게 되면, 핵스핀은 외부 자기장을 중심으로 세차 운동(precession)을 한다. 이 경우, 외부에서 상기 외부 자기장에 비례하는 특정한 RF(radio frequency)를 인가하면 공명현상이 관찰된다. 이를 핵자기공명(NMR; nuclear magnetic resonance)이라 한다.
- [0003] 핵자기 공명장치(NMR;nuclear magnetic resonance)는 이와 같은 원자핵이 가지는 공명현상을 이용하여 무기물, 고분자, 유기물을 비롯한 다양한 물질의 분자구조 및 성분의 분석에 이용되며, 생물학, 화학, 물리학, 약리학 등의 다양한 분야에서 폭넓게 사용되고 있다.
- [0004] 일반적인 핵자기 공명장치용 프로브는 도 1에 도시된 바와 같이 자기장을 제공하는 시료가 담기는 로터(1)가 자기장을 제공하는 마그네트(2)의 사이에 회전가능하게 설치되며, 로터(1)에 RF 전자기 펄스를 제공하는 코일(3)이 로터(1)에 감긴 형태로 구성된다.
- [0005] 이러한 일반적인 핵자기 공명장치용 프로브는 로터(1)를 고압의 공기로 회전시키면서 코일(3)의 RF 전자기 펄스에 의해 발생하는 공명현상을 감지하여 시료에 따른 자기공명 스펙트럼을 검출한다. 이에 따라, 사용자는 성분 에 따라 서로 다른 검출 피크(Peak)를 갖는 자기공명 스펙트럼을 통해 시료를 분석한다.
- [0006] 그런데, 일반적인 프로브는 로터(1)가 회전하면서 열잡음(Thermal noise)이 발생함에 따라 검출감도가 저하되어 자기공명 스펙트럼의 검출 피크가 완만해지는 문제점이 있다.
- [0007] 최근에는 상기와 같은 열잡음을 감소시키고 S/N(Signal to Noise Ratio)를 증가시키기 위하여 로터(1)를 질소가스나 헬륨가스로 냉각시켜 회전시키는 방식의 핵자기 공명장치가 사용되고 있다.
- [0008] 그러나, 종래의 핵자기 공명장치용 프로브는 냉각가스로 사용되는 고가의 질소가스나 헬륨가스가 회수되지 않고 배출되어 버려지므로 비용소모가 큰 문제점이 있으며, 이에 더하여, 배출되는 냉각가스가 대기중에 노출됨에 따라 환경에 악영향을 끼치는 문제점이 있다.
- [0009] 또한, 종래의 프로브는 냉각가스를 로터(1)에 공급하기 위하여 기계식 컴프레서를 사용하고 있어서 잡음 및 진동이 심하게 발생하는 문제점도 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0010] 본 발명은 상기와 같은 종래기술의 문제점을 개선하기 위하여 창출된 것으로, 냉각가스를 이용하여 로터를 회전시키는 동시에 냉각시킬 수 있으며, 사용된 냉각가스를 폐순환 상태로 순환시켜 냉각상태로 재공급함으로써 냉각유체의 재충전이 필요없는 폐순환 가스루프를 이용한 핵자기 공명장치용 극저온 프로브를 제공하는 것이 하나의 목적이다.
- [0011] 또한, 냉각가스를 순환시키면서 냉각가스의 압축에 따른 소음 및 진동을 억제시킬 수 있는 폐순환 가스루프를 이용한 핵자기 공명장치용 극저온 프로브를 제공하는 것이 다른 하나의 목적이다.
- [0012] 그리고, 냉각가스를 정제시키는 유체를 재활용하여 냉각가스를 예비냉각시킬 수 있는 폐순환 가스루프를 이용한 핵자기 공명장치용 극저온 프로브를 제공하는 것이 또 다른 하나의 목적이다.

**과제의 해결 수단**

- [0013] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 폐순환 가스루프를 이용한 핵자기 공명장치용 극저온 프로브는, 자기장을 제공하는 초전도 마그네트; 시료가 담긴 상태로 상기 초전도 마그네트 사이에 회전가능하게 배치되어 드라이빙가스에 의해 회전하는 로터; 상기 로터에 라디오 주파수를 인가하여 상기 시료의 공명현상에 따른 핵자기공명 스펙트럼을 발생시키는 코일; 및 상기 드라이빙가스를 폐루프상태로 순환시키면서 극저온 상태로 냉각시켜 상기 로터에 공급하는 가스루프;를 포함하며, 상기 가스루프는, 상기 로터의 일측에 연결되어 상기 로터를 회전시킨 상기 드라이빙가스가 유입되고, 상기 드라이빙가스를 저장하면서 압력을 완충시키는 리저브탱크; 상기 리저브탱크에서 배출된 상기 드라이빙가스를 냉각유체로 냉각시켜 관류시키면서 상기 드라이빙가스에 포함된 불

순물을 응결시켜 정제하는 정제기;

- [0014] 상기 정제기에서 정제된 상기 드라이빙가스를 설정된 용량으로 저장하여 배출하는 저장탱크; 상기 저장탱크에서 배출되는 상기 드라이빙가스를 냉매와 열교환시켜 극저온상태로 냉각시키고, 상기 냉각된 드라이빙가스를 상기 로터의 타측으로 공급하는 열교환기; 및 상기 열교환기로 상기 냉매를 순환시키면서 상기 드라이빙가스와 열교환된 상기 냉매를 냉각시키는 냉매쿨러;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 또한, 상기 가스루프는 상기 리저브탱크의 전방이나 후방에 배치되어 상기 드라이빙가스를 상온으로 가열하는 상온히터; 상기 정제기 및 상기 저장탱크를 통해 상기 상온히터와 연결되어 상온으로 가열된 상기 드라이빙가스의 압력을 설정된 압력으로 조정하는 레귤레이터; 및 상기 레귤레이터에서 공급되는 상기 드라이빙가스를 설정된 용량으로 상기 열교환기에 제공하는 유량제어기;를 더 포함하여 구성될 수 있다.
- [0016] 이에 더하여, 상기 리저브탱크에서 배출되는 상기 드라이빙가스를 고압으로 변환시켜 공급하는 적어도 하나의 고압변환기;를 더 포함하여 구성될 수 있다.
- [0017] 상기 고압변환기는 예컨대, 상기 리저브탱크에서 배출된 상기 드라이빙가스를 저장하면서 상기 드라이빙가스의 팽창공간을 제공하는 팽창챔버; 상기 팽창챔버를 가열하여 상기 드라이빙가스를 상기 팽창챔버의 내부에서 팽창시켜서 상기 드라이빙가스를 고압으로 변환시키는 팽창히터; 상기 팽창챔버의 배출구에 개폐가능하게 구비되어 상기 배출구를 차폐하고, 상기 팽창챔버의 드라이빙가스가 고압으로 팽창됨에 따라 개방되면서 상기 고압의 드라이빙가스를 배출하는 배출밸브; 및 상기 팽창챔버의 유입구에 개폐가능하게 구비되고, 상기 고압의 드라이빙가스가 상기 배출밸브로 배출됨에 따라 개방되면서 상기 리저브탱크의 드라이빙가스를 상기 팽창챔버로 유입하는 유입밸브;를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0018] 이와 달리, 상기 고압변환기는 상기 리저브탱크에서 배출된 상기 드라이빙가스를 회전시켜 원심력을 제공하면서 상기 드라이빙가스를 고압으로 압축하는 원심고압변환기;로 구성될 수도 있다.
- [0019] 또한, 상기 고압변환기는 복수로 구성되어 직렬이나 병렬을 이루면서 연속적으로 설치되어 상기 드라이빙가스를 연속적으로 압축할 수도 있다.
- [0020] 그리고, 상기 가스루프는 상기 열교환기로 공급되는 상기 드라이빙가스를 상기 정제기의 냉각유체와 열교환시키면서 예비냉각시키는 예비열교환기;를 더 포함하여 구성될 수 있다.
- [0021] 상기 예비열교환기는 예컨대, 상기 정제기와 연결되어 상기 정제기에서 사용된 상기 냉각유체를 연장시키며, 상기 열교환기로 공급되기 이전의 상기 드라이빙가스와 상기 냉각유체를 인접상태로 관류시키는 유체연장라인;으로 구성하는 것이 바람직하다.
- [0022] 덧붙여, 상기 드라이빙가스는 질소 가스 또는 헬륨 가스 중 적어도 어느 하나로 이루어지는 것이 바람직하다.

**발명의 효과**

- [0023] 전술한 바와 같은 본 발명에 따른 폐순환 가스루프를 이용한 핵자기 공명장치용 극저온 프로브는, 시료가 담긴 로터가 드라이빙가스에 의해 냉각된 상태로 회전하므로 열잡음이 감소되어 검출감도가 향상될 수 있으며, 특히 사용된 드라이빙가스가 가스루프에 의해 순환하면서 냉각상태로 재공급됨에 따라 드라이빙가스의 재충전이 필요 없으므로 비용이 절감됨은 물론, 냉각가스의 배출로 인한 환경오염을 방지할 수 있다.
- [0024] 또한, 가스루프를 구성하는 정제기가 드라이빙가스에 포함된 수분과 같은 불순물을 제거함에 따라 드라이빙가스가 순수한 상태로 로터에 공급되므로 로터가 안정적으로 회전할 수 있다.
- [0025] 또, 드라이빙가스가 상온히터 및 레귤레이터에 의해 상온 및 균일한 압력으로 조정되므로 드라이빙가스의 저온 컨트롤이 불가능할 경우 유량제어기에 의한 흐름제어가 가능하다.
- [0026] 그리고, 고압변환기를 구성하는 팽창챔버가 팽창히터의 가열에 의해 드라이빙가스를 고압으로 팽창된 상태로 배출하므로 드라이빙가스가 소음 및 진동이 감소된 상태로 고압변환될 수 있다.
- [0027] 이에 더하여, 고압변환기가 복수로 구성되어 연속적으로 설치될 경우 드라이빙가스의 연속적인 고압변환이 가능하므로 드라이빙가스의 압축비를 향상시킬 수 있다.
- [0028] 더욱이, 드라이빙가스가 열교환기로 공급되기 이전에 예비열교환기에 의해 예비냉각되므로 드라이빙가스가 원활

하게 극저온 상태로 냉각될 수 있다.

[0029] 구체적으로, 예비냉각기를 구성하는 유체연장라인이 정제기에서 사용된 냉각유체를 통해 드라이빙가스를 예비냉각시키므로 드라이빙가스의 냉각효과가 극대화됨은 물론, 냉각유체를 재사용함에 따른 에너지 절감효과를 기대할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0030] 도 1은 일반적인 핵자기 공명장치용 프로브를 나타내는 개략도이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 핵자기 공명장치용 프로브를 나타내는 개념도이다.
- 도 3은 도 2에 도시된 가스루프의 다른 실시예를 나타내는 개략도이다.
- 도 4는 도 3에 도시된 고압변환기의 다른 실시예를 나타내는 개략도이다.
- 도 5는 도 3에 도시된 고압변환기의 배열상태를 나타내는 상태도이다.
- 도 6은 도 2에 도시된 가스루프의 또 다른 실시예를 나타내는 개략도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0031] 이하에서 첨부 도면을 참고하여 본 발명의 실시예에 대해서 더욱 상세하게 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술의 범용적인 기능 또는 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0032] 본 발명의 일실시예에 따른 폐순환 가스루프를 이용한 핵자기 공명장치용 극저온 프로브는 도 2에 도시된 바와 같이 초전도 마그네트(100), 로터(200), 코일(300) 및 가스루프(400)를 포함한다.
- [0033] 초전도 마그네트(100)는 자기장을 형성하는 부재이다.
- [0034] 로터(200)는 도 2에 도시된 바와 같이 초전도 마그네트(100)의 사이에 회전가능하게 설치되어 후술되는 드라이빙가스에 의해 회전하는 구성요소이다. 이러한 로터(200)는 도시된 바와 같이 튜브형태로 형성되어 내부에 고체 시료 또는 액체시료가 담긴 상태로 회전한다.
- [0035] 예컨대, 로터(200)는 축방향으로 공급되는 드라이빙가스에 의해 고속으로 회전하면서 냉각될 수 있으며, 양단부 축으로 베어링가스가 공급됨에 따라 공중부양된 상태로 원활하게 회전할 수 있다.
- [0036] 코일(300)은 도 2에 도시된 바와 같이 로터(200)에 감긴 형태로 설치되어 라디오 주파수를 인가하여 시료의 공명현상에 따른 핵자기공명 스펙트럼을 제공한다.
- [0037] 구체적으로, 시료는 초전도 마그네트(100)에 의한 자기장 내에서 회전하면서 코일(300)에 의해 라디오 주파수가 인가되면 시료 내 원자핵의 운동상태에 따른 에너지 상태변화가 일어나며, 핵은 에너지를 흡수하여 들뜬 상태가 되었다가 흡수한 에너지를 내어놓고 원래의 바닥상태로 돌아가면서 약한 전자기 복사선을 방출한다. 이러한 전자기 복사선에는 핵 주위의 물리적, 화학적 상태에 관한 정보가 포함되어 있는바 이를 세밀하게 받아들여 푸리에 변환을 실시하여 핵자기공명 스펙트럼을 얻은 후, 스펙트럼의 각 피크에 대한 정보를 얻는다.
- [0038] 한편, 전술한 초전도 마그네트(100)와 로터(200) 및 코일(300)의 구성은 본 발명이 속하는 분야에 알려진 구성이 채택될 수도 있다.
- [0039] 가스루프(400)는 로터(200)에 드라이빙가스를 극저온 상태로 공급하여 로터(200)를 냉각상태로 회전시키고, 사용된 드라이빙가스를 펌프상태로 순환시키면서 극저온상태로 재냉각시켜 로터(200)로 재공급하는 구성요소이다. 이러한 가스루프(400)는 예컨대, 도 2에 도시된 바와 같이 리저브탱크(410), 정제기(420), 저장탱크(430), 열교환기(440) 및 냉매쿨러(450)를 포함하여 구성할 수 있다.
- [0040] 여기서, 드라이빙가스는 가스루프(400)에 담긴 시료를 극저온으로 냉각시키기 위하여 헬륨가스나 질소가스로 구성되는 것이 바람직하다.
- [0041] 리저브탱크(410)는 로터(200)를 회전시킨 드라이빙가스의 압력을 완충시키기 위한 부재로 도 2에 도시된 바와 같이 로터(200)의 일측에 연결되어 고압의 드라이빙가스가 유입되면서 임시로 저장됨에 따라 압력이 완충된다.
- [0042] 정제기(420)는 드라이빙가스에 포함된 수분과 같은 불순물을 제거하여 드라이빙가스를 정제하는 구성요소이다.



예컨대, 정제기(420)는 도 2에 도시된 바와 같이 냉각트랩형태로 구성되어 냉각유체(421)를 통해 드라이빙가스의 일부분을 냉각상태로 관류시키면서 드라이빙가스에 포함된 불순물을 응결시킨다.

- [0043] 여기서, 냉각유체(421)는 액체질소로 구성하는 것이 바람직하다.
- [0044] 즉, 정제기(420)는 도 2에 도시된 바와 같이 일부분이 냉각유체(421)에 의해 냉각된 상태로 관류시키면서 냉각유체(421)보다 이슬점이 높은 수분과 같은 불순물을 응결시켜 드라이빙가스를 정제한다. 그리고, 정제기(420)는 미도시된 포집실이 구비되어 응결된 불순물을 포집할 수도 있으며, 응결된 불순물을 외부로 배출할 수도 있다.
- [0045] 저장탱크(430)는 도 2에 도시된 바와 같이 정제기(420)에 연통되어 정제기(420)에서 배출된 드라이빙가스를 설정된 용량으로 저장하여 후술되는 열교환기(440)로 배출한다. 이러한 저장탱크(430)는 드라이빙가스의 저온컨트롤이 가능할 경우 독립적으로 설치되어 드라이빙가스를 설정된 용량으로 배출할 수 있으며, 이와 달리 드라이빙가스의 저온컨트롤이 불가능할 경우에는 후술되는 상온히터(460), 레귤레이터(470) 및 유량제어기(480)와 함께 설치될 수 있다.
- [0046] 한편, 전술한 정제기(420)는 도시된 바와 달리, 저장탱크(430)의 후방에 배치될 수도 있다. 이는 드라이빙가스의 압력이 높으면 이슬점이 상승하므로 고압의 드라이빙가스를 정제하는 것이 드라이빙가스의 순도유지에 적합하기 때문이다.
- [0047] 열교환기(440)는 드라이빙가스를 극저온상태로 냉각시키기 위한 부재로써, 도 2에 도시된 바와 같이 저장탱크(430)에서 배출되는 드라이빙가스를 냉매와 카운터플로상태로 열교환시키고, 극저온으로 냉각된 드라이빙가스를 로터(200)의 타측으로 공급한다.
- [0048] 여기서, 로터(200)의 입구측 및 출구측에는 도 2에 도시된 바와 같이 제어밸브(401)가 제각기 구비되어 드라이빙가스의 유입 및 배출을 단속할 수 있다.
- [0049] 냉매쿨러(450)는 도 2에 도시된 바와 같이 열교환기로 냉매를 순환시키고, 드라이빙가스와 열교환된 냉매를 냉각시킨다.
- [0050] 한편, 본 발명의 가스루프(400)는 도 3에 도시된 바와 같이 상온히터(460), 레귤레이터(470) 및 유량제어기(480)를 더 포함하여 구성할 수 있다.
- [0051] 상온히터(460)는 도 3에 도시된 바와 같이 전술한 리저브탱크(410)의 후방에 설치되거나 리저브탱크(410)의 전방에 설치되어 드라이빙가스를 상온으로 가열한다. 이러한 상온히터(460)는 드라이빙가스를 15~20℃로 가열하는 것이 바람직하다.
- [0052] 레귤레이터(470)는 드라이빙가스의 압력을 일정한 상태로 조정하는 부재로써, 도 3에 도시된 바와 같이 정제기(420) 및 저장탱크(430)의 후방에 설치되는 것이 바람직하며, 저장탱크(430)에서 배출되는 드라이빙가스의 압력을 설정된 압력으로 조정하여 배출시킨다.
- [0053] 유량제어기(480)는 도 3에 도시된 바와 같이 레귤레이터(470)에 연결되어 등압 및 상온상태로 공급되는 드라이빙가스를 설정된 유량으로 열교환기(440)로 공급한다.
- [0054] 이러한 상온히터(460), 레귤레이터(470) 및 유량제어기(480)는 전술한 바와 같이 드라이빙가스의 유량제어가 저온에서 불가능할 경우 구비되며, 드라이빙가스의 저온컨트롤이 가능한 경우에는 생략될 수 있다.
- [0055] 한편, 본 발명의 가스루프(400)는 도 3에 도시된 바와 같이 고압변환기(500)를 더 포함하여 구성할 수 있다.
- [0056] 고압변환기(500)는 드라이빙가스를 고압으로 변환시켜 공급하는 구성요소로써, 예컨대 리저브탱크(410)에서 배출된 드라이빙가스를 회전시켜 원심력을 제공하면서 고압으로 압축하는 원심압축기로 구성할 수 있다. 즉, 고압변환기(500)는 기계식 컴프레서로 구성되어 고압으로 압축된 드라이빙가스를 저장탱크(430)로 공급할 수 있다.
- [0057] 이와 달리, 고압변환기(500)는 예컨대 도 4에 도시된 바와 같이 팽창챔버(510), 팽창히터(520), 배출밸브(530) 및 유입밸브(540)를 포함하여 구성할 수도 있다.
- [0058] 팽창챔버(510)는 드라이빙가스의 팽창공간을 제공하는 구성요소로써, 도 4에 도시된 바와 같이 리저브탱크(410)와 정제기(420)의 사이에 설치될 수 있으며, 리저브탱크(410)에서 배출된 드라이빙가스가 설정된 용량으로 저장된다.
- [0059] 팽창히터(520)는 도 4에 도시된 바와 같이 팽창챔버(510)에 인접설치되어 팽창챔버(510)를 고온으로 가열한다. 즉, 드라이빙가스는 팽창챔버(510)의 내부에서 팽창히터(520)에 의해 가열됨에 따라 팽창하면서 압력이 상승한



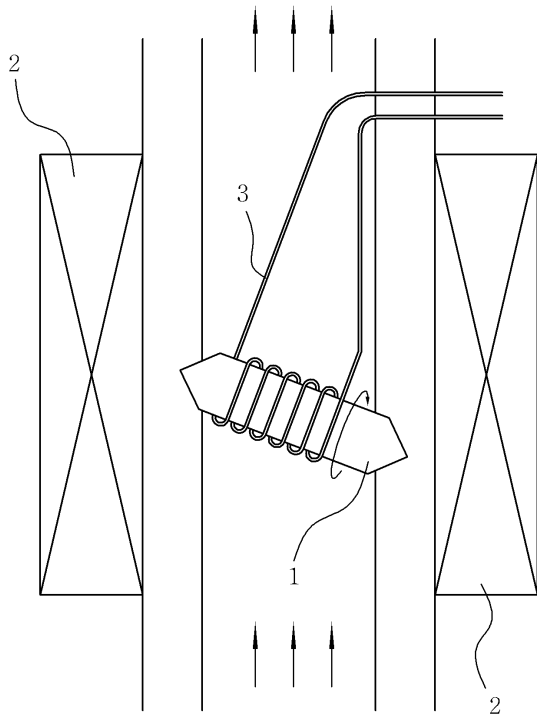
다.

- [0060] 배출밸브(530)는 도 4에 도시된 바와 같이 팽창챔버(510)의 배출구에 개폐가능하게 구비되어 드라이빙가스의 배출을 단속하는 부재이다. 여기서, 배출밸브(530)는 유체를 일방향으로만 관류시키는 체크밸브로 구성하는 것이 바람직하다. 이러한 배출밸브(530)는 팽창챔버(510)에 드라이빙가스가 유입됨에 따라 배출구를 차폐하고, 팽창챔버(510)의 드라이빙가스가 고압으로 팽창함에 따라 개방되면서 고압의 드라이빙가스를 정제기(420)로 공급한다.
- [0061] 유입밸브(540)는 도 4에 도시된 바와 같이 팽창챔버(510)의 유입구에 개폐가능하게 설치되어 드라이빙 가스의 유입을 단속한다. 예컨대 유입밸브(540)는 유체를 일방향으로만 관류시키는 체크밸브로 구성하는 것이 바람직하다. 이러한 유입밸브(540)는 배출밸브(530)가 팽창된 드라이빙가스를 배출함에 따라 팽창챔버(510)의 내부에 발생하는 부압에 의해 개방되면서 드라이빙가스를 유입시키고, 드라이빙가스가 유입된 후에는 차폐된다.
- [0062] 즉, 배출밸브(530)는 드라이빙가스의 팽창으로 인한 팽창챔버(510)의 고압에 의해 개방되어 드라이빙가스를 배출하고, 유입밸브(540)는 드라이빙가스의 배출로 인한 팽창챔버(510)의 부압에 의해 개방되어 드라이빙가스를 유입한다.
- [0063] 이와 같이, 고압변환기(500)가 팽창챔버(510), 팽창히터(520), 배출밸브(530) 및 유입밸브(540)로 구성된 경우에는 소음 및 진동이 기계식 컴프레서인 원심압축기에 대하여 현저하게 감소될 수 있다.
- [0064] 여기서, 고압변환기(500)는 복수조로 구성되어 도 5의 (a)에 도시된 바와 같이 직렬을 이루거나 (b)에 도시된 바와 같이 병렬을 이루면서 연속적으로 설치될 수도 있다. 이와 같이, 고압변환기(500)가 연속적으로 설치될 경우에는 드라이빙가스를 연속적으로 압축함으로써 드라이빙가스의 압축비를 향상시킬 수 있다.
- [0065] 한편, 본 발명의 가스루프(400)는 도 6에 도시된 바와 같이 예비열교환기(600)를 더 포함하여 구성할 수 있다.
- [0066] 예비열교환기(600)는 전술한 열교환기(440)로 공급되는 드라이빙가스를 전술한 정제기(420)의 냉각유체와 열교환시키면서 예비냉각시키는 구성요소로서, 예컨대, 도 6에 도시된 바와 같이 유체연장라인(610)으로 구성할 수 있다.
- [0067] 유체연장라인(610)은 도시된 바와 같이 정제기(420)에 연결되어 정제기(420)에서 사용된 냉각유체(421)를 열교환기(440)의 전방으로 연장시키고, 열교환기(440)로 공급되기 이전의 드라이빙가스와 냉각유체(421)를 인접상태로 관류시키면서 드라이빙가스와 냉각유체(421)를 열교환시킨다. 이러한 유체연장라인(610)은 드라이빙가스와 열교환된 냉각유체(421)를 재냉각시켜서 정제기(420)로 재공급할 수 있으며, 이와 달리 냉각유체(421)를 폐기시킬 수도 있다.
- [0068] 상술한 바와 같은 구성요소를 포함하는 본 발명의 폐순환 가스루프를 이용한 핵자기 공명장치용 극저온 프로브의 작동 및 작용을 설명한다.
- [0069] 도 2를 참조하면, 드라이빙가스는 저온 컨트롤이 가능할 경우, 로터(200)에 공급되어 로터(200)를 냉각상태로 회전시킨 후 리저브탱크(410)로 유입되면서 압력이 완충되고, 정제기(420)로 공급되어 불순물이 정제된다. 이때, 수분과 같은 불순물은 드라이빙가스가 냉각유체(421)에 의해 냉각된 상태로 관류함에 따라 응결되어 포집되거나 외부로 배출된다. 그리고, 드라이빙가스는 고압변환기(500)에 의해 압축된 상태로 저장탱크(430)에 저장되며, 열교환기(440)에 의해 극저온으로 냉각된 후 로터(200)에 재공급된다.
- [0070] 도 3을 참조하면, 드라이빙가스는 저온 컨트롤이 불가능할 경우, 리저브탱크(410)에서 배출되어 상온히터(460)에 의해 가열된 상태로 정제기(420)로 공급되며, 레귤레이터(470)에 의해 균일한 압력으로 조정된 후, 유량제어기(480)에 의해 설정된 용량으로 열교환기(440)로 공급된다.
- [0071] 도 4를 참조하면, 고압변환기(500)가 팽창챔버(520), 팽창히터(520) 및 밸브들(530)(540)로 구성된 경우, 드라이빙가스는 리저브탱크(410)에서 배출된 후, 팽창챔버(510)의 부압에 의해 개방되는 유입밸브(540)를 통해 팽창챔버(510)로 유입되며, 팽창챔버(510)가 팽창히터(520)에 의해 가열됨에 따라 팽창하면서 고압으로 상승한다. 그리고, 드라이빙가스는 팽창챔버(510)의 고압에 의해 개방되는 배출밸브(530)를 통해 배출되어 정제기(420)로 공급된다.
- [0072] 도 6을 참조하면, 드라이빙가스는 유량제어기(480)에 의해 열교환기(440)로 공급되면서 유체연장라인(610)으로 연장공급되는 냉각유체(421)에 의해 예비냉각된 후, 열교환기(440)로 공급된다.

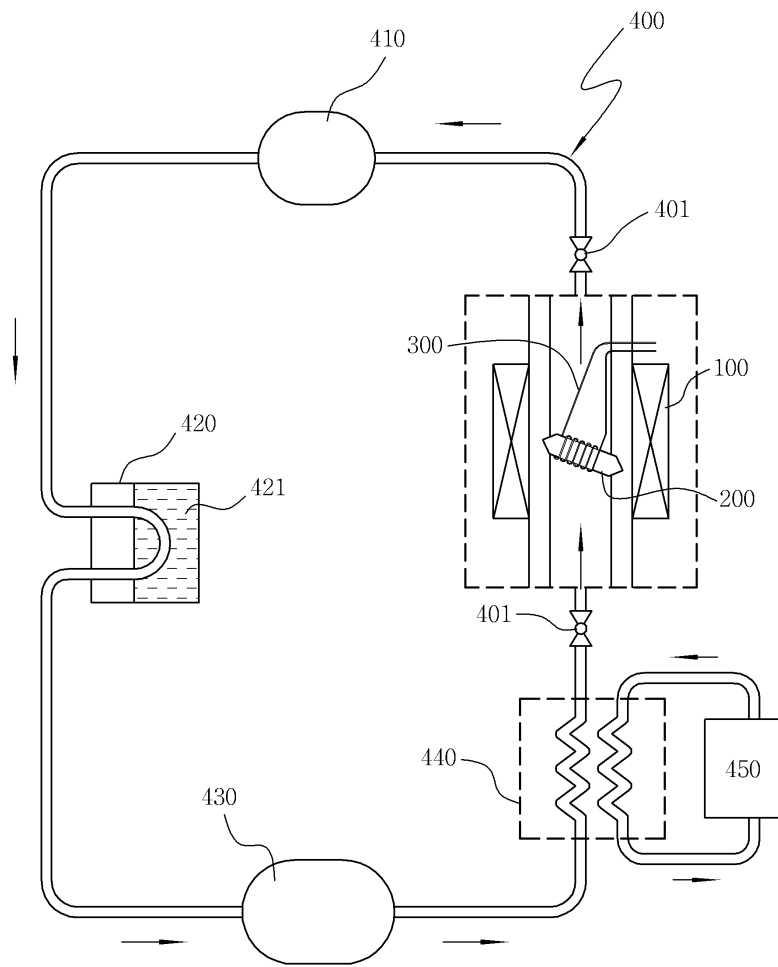


도면

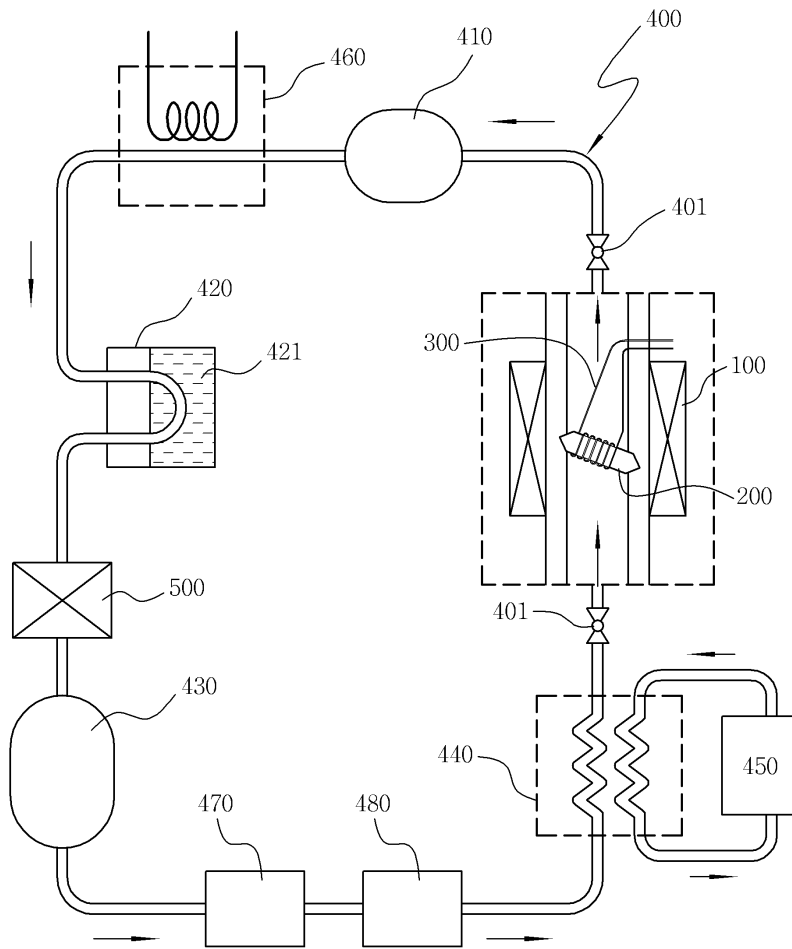
도면1



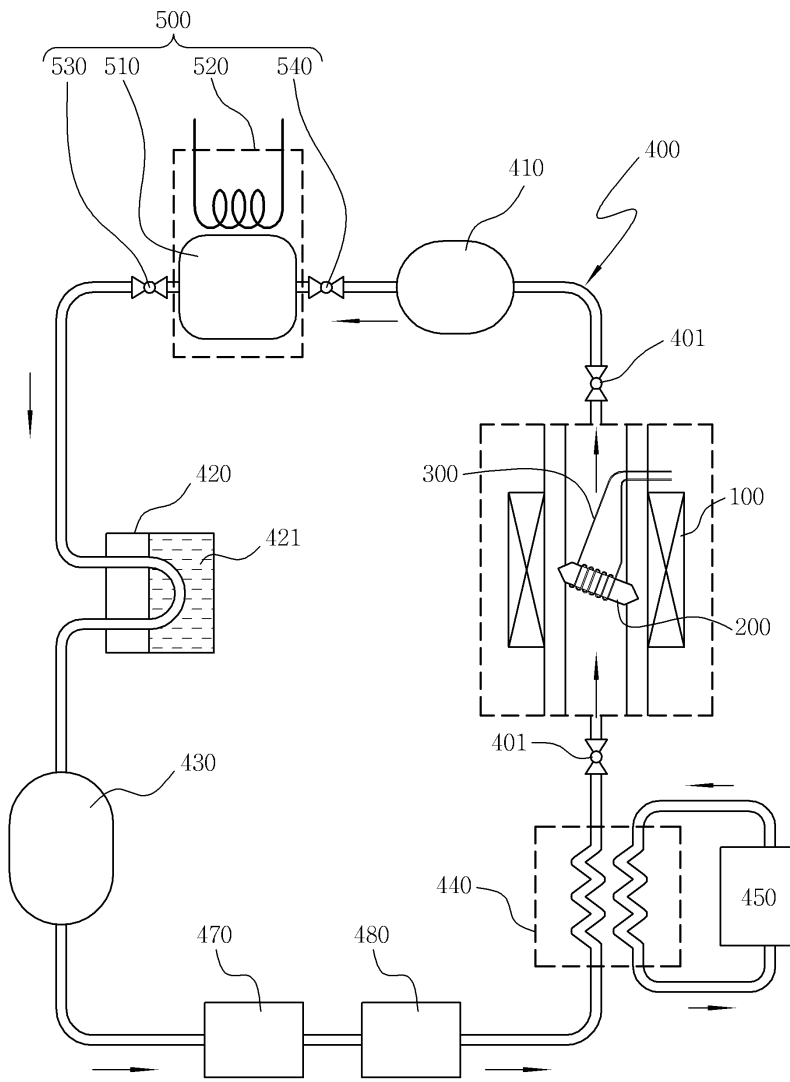
도면2



도면3

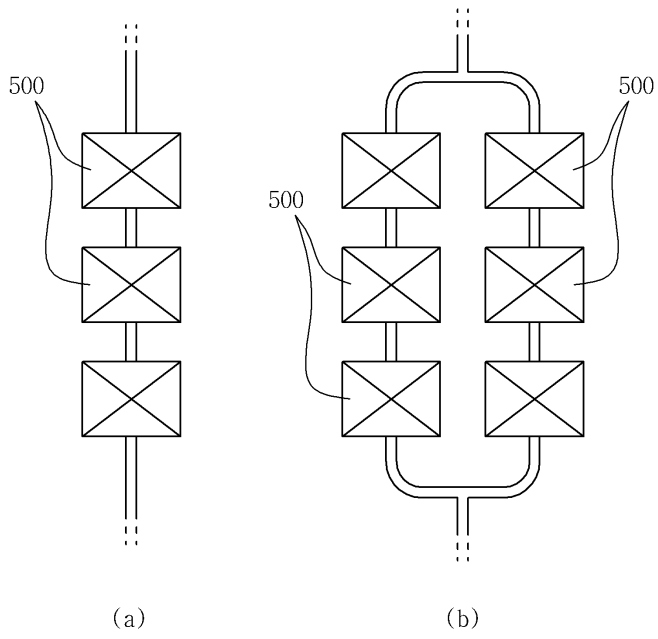


도면4





도면5



도면6

