

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2020 년 3 월 26 일 (26.03.2020) **WIPO | PCT**



(10) 국제공개번호
WO 2020/060064 A1

- (51) 국제특허분류: **H01P 7/04** (2006.01) **H01P 1/207** (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2019/011069
- (22) 국제출원일: 2019 년 8 월 29 일 (29.08.2019)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2018-0113870 2018 년 9 월 21 일 (21.09.2018) KR
- (71) 출원인: 한국표준과학연구원 (**KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE**) [KR/KR]; 34113 대전시 유성구 가정로 267, Daejeon (KR).
- (72) 발명자: 박상언 (**PARK, Sang Eon**); 35210 대전시 서구 월평동로 83, 107동 1206호, Daejeon (KR). 홍현규 (**HONG, Hyun Gue**); 04093 대전시 마포구 창전

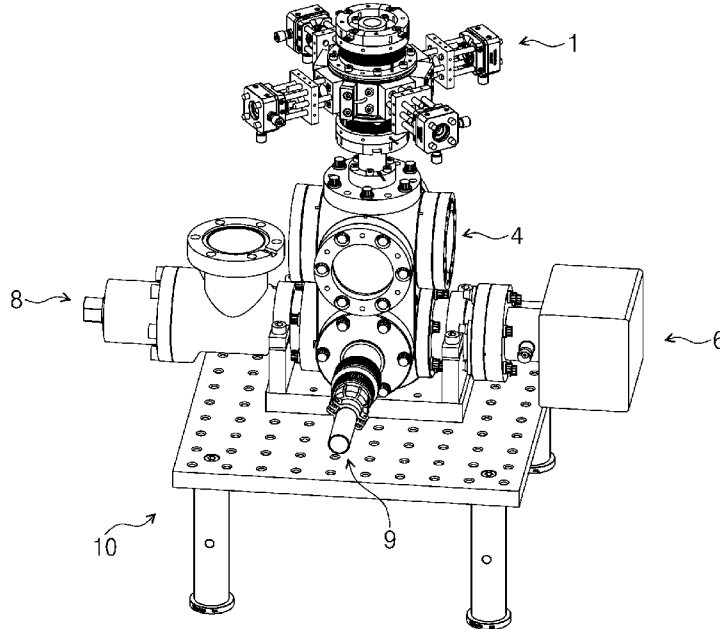
로 26 106동 2005호, Daejeon (KR). 권택용 (**KWON, Taeg Yong**); 34048 대전시 유성구 엑스포로 501, 104 동 1604호, Daejeon (KR). 허명선 (**HEO, Myoung Sun**); 34140 대전시 유성구 어은로 57, Daejeon (KR). 이상범 (**LEE, Sang Bum**); 34094 대전시 유성구 노은로 416, 510 동 1003호, Daejeon (KR). 최경원 (**CHOI, Gyeongwon**); 34113 대전시 유성구 가정로 267, 306호, Daejeon (KR).

(74) 대리인: 특허법인 고려 (**KORYO IP & LAW**); 06239 서울시 강남구 테헤란로 8길 41 6층, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK,

(54) Title: RESONATOR FOR ATOMIC FREQUENCY STANDARD AND PHYSICAL UNIT INCLUDING SAME

(54) 발명의 명칭: 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부



(57) Abstract: Provided are a resonator for an atomic frequency standard and a physical unit including same, the resonator for an atomic frequency standard comprising: an electrode unit surrounding a cavity; and a housing surrounding the electrode unit, wherein the electrode unit includes a laser extension hole communicating with the cavity, and the electrode unit includes four slots spaced apart at regular intervals in a circumferential direction of the electrode unit and four electrodes divided by the four slots.

(57) 요약서: 캐비티를 둘러싸는 전극부; 및 상기 전극부를 감싸는 하우징; 을 포함하고, 상기 전극부는 상기 캐비티로 통하는 레이저 연장공을 포함하며, 상기 전극부는 상기 전극부의 원주방향을 따라 일정 간격으로 이격 배치된 된 4개의 슬롯 및 상기 4개의 슬롯에 의해 구분되는 4개의 전극을 포함하는 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부가 제공된다.

[다음 쪽 계속]



WO 2020/060064 A1



MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부

기술분야

- [1] 본 발명은 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 공진기 내부에 레이저를 조사할 수 있는 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 지구의 자전 주기가 일정하지 않다는 사실이 알려지면서 시간을 정의하는 새로운 방법이 요구되었다. 이에 1967년 파리에서 개최된 제13회 국제도량형총회에서 세슘원자시계가 국제표준시계로 채택되었다.
- [3] 원자시계는 현재 가장 정확한 시계로서, 원자 안에 있는 전자의 고유상태 사이의 전이에서 발생하는 전자기파의 진동수를 세어 시간을 재는 시계이다. 세슘원자시계는 세슘 133을 이용하는데, 1초의 정의는 세슘 133 원자(133 CS)의 바닥상태에 있는 두 초미세 준위간의 전이에 해당하는 복사선의 9,192,631,770 주기의 지속시간이다.
- [4] 현재는 세슘 외에도 다양한 원자들이 사용되고 있고, 그 측정방법도 다양한 것이 개발되었다. 이러한 원자시계들은 시간의 정의에 사용되는 것을 넘어, 위성 내 GPS 시스템에 탑재되어 정확한 시간을 측정함으로써 위치를 정확히 계산할 수 있게 하는 등, 다양한 분야에서 폭 넓게 응용되고 있다. 이러한 원자시계는 용도에 따라 원자 주파수 표준기라 불리기도 하며, 표준기 중에서 원자와 마이크로파를 상호작용시켜서 공진신호를 관측하는 물리 패키지를 물리부라 칭하기도 한다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [5] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 소형화된 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부를 제공하는데 있다.
- [6] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 한 번에 많은 개수의 원자들을 사용하여 관측할 수 있는 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부를 제공하는데 있다.
- [7] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 캐비티 내 마이크로파 세기 및 위상의 균일성을 확보할 수 있는 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부를 제공하는데 있다.
- [8] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 정밀한 측정이 가능한 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부를 제공하는데 있다.
- [9] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 전력을 절약할 수 있는 원자 주파수

표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부를 제공하는데 있다.

- [10] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [11] 상기 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부는 캐비티를 둘러싸는 전극부; 및 상기 전극부를 감싸는 하우징; 을 포함하고, 상기 전극부는 상기 캐비티로 통하는 레이저 연장공을 포함할 수 있다.
- [12] 상기 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부는 상기 레이저 연장공이 4개가 제공되며, 상기 레이저 연장공의 각각이 서로 수직하게 배치될 수 있다.
- [13] 상기 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부는 상기 전극부와 상기 하우징이 지지부에 의해 연결될 수 있다.
- [14] 상기 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부는 상기 전극부가 상기 전극부의 원주방향을 따라 일정 간격으로 이격 배치된 된 4개의 슬롯 및 상기 4개의 슬롯에 의해 구분되는 4개의 전극을 포함할 수 있다.
- [15] 상기 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부는 지지부를 더 포함하며, 상기 지지부는 4개의 지지대를 포함하고, 상기 4개의 전극의 각각은 상기 4개의 지지대에 의해 상기 하우징에 연결될 수 있다.
- [16] 상기 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부는 상기 레이저 연장공이 4개가 제공되며, 상기 레이저 연장공의 각각은 상기 4개의 전극의 각각에 형성될 수 있다.
- [17] 상기 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부는 상기 하우징이 마이크로파 관통공을 더 포함할 수 있다.
- [18] 상기 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부는 상기 하우징이 형광측정광 관통공을 더 포함할 수 있다.
- [19] 상기 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부는 상기 하우징의 상측에 결합되는 상측 폐쇄부; 및 상기 하우징의 하측에 결합되는 하측 폐쇄부; 를 더 포함하고, 상기 상측 폐쇄부 및 상기 하측 폐쇄부는 상기 캐비티를 외부로부터

격리시킬 수 있다.

[20] 상기 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부는 상측코일 및 하측코일을 더 포함하며, 상기 상측코일은 상기 상측 폐쇄부에 결합되고, 상기 하측코일은 상기 하측 폐쇄부에 결합될 수 있다.

[21] 상기 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부는 상기 하우징이 상기 4개의 레이저 연장공의 각각으로 통하는 4개의 레이저 윈도우를 포함할 수 있다.

[22] 상기 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부는 상기 상측 폐쇄부가 제5 레이저 관통공을 포함하고, 상기 하측 폐쇄부가 제6 레이저 관통공을 포함할 수 있다.

[23] 상기 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부는 공진기; 상기 공진기 내부의 캐비티와 연통되는 내부공간을 갖는 형광측정부; 및 상기 캐비티 내 압력을 조절하는 진공펌프; 를 포함하며, 상기 공진기는: 상기 캐비티를 둘러싸는 전극부; 및 상기 전극부를 감싸는 하우징을 포함하고, 상기 전극부는 상기 캐비티로 통하는 레이저 연장공을 포함할 수 있다.

[24] 상기 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부는 상기 형광측정부가 상기 공진기의 하측에 결합될 수 있다.

[25] 상기 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부는 상기 공진기에 레이저를 조사하는 레이저 방출기를 더 포함하며, 상기 레이저 방출기는 6개가 제공될 수 있다.

[26] 상기 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부는 상기 형광측정부가 형광측정 윈도우를 포함할 수 있다.

[27]

[28] 본 발명의 기타 실시 예들의 구체적인 사항들은 이상에서 언급한 것에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 사항들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

발명의 효과

[29] 본 발명의 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부에 따르면, 공진기를 소형화할 수 있다.

[30] 본 발명의 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부에 따르면, 한번에 많은 양의 원자들을 사용하여 관측할 수 있다.

- [31] 본 발명의 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부에 따르면, 캐비티 내 마이크로파 세기 및 위상의 균일성을 확보할 수 있다.
- [32] 본 발명의 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부에 따르면, 정밀한 측정이 가능할 수 있다.
- [33] 본 발명의 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부에 따르면, 전력을 절약할 수 있다.

[34]

- [35] 본 발명의 효과는 이상에서 언급한 효과에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [36] 도 1은 본 발명의 실시 예들에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부를 나타낸 사시도이다.
- [37] 도 2는 본 발명의 실시 예들에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 레이저 방출기를 나타낸 분해 사시도이다.
- [38] 도 3은 본 발명의 실시 예들에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기를 나타낸 분해 사시도이다.
- [39] 도 4는 본 발명의 실시 예들에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기를 나타낸 사시도이다.
- [40] 도 5는 본 발명의 실시 예들에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기를 도 4의 I-I'을 따라 절단한 절단 사시도이다.
- [41] 도 6은 본 발명의 실시 예들에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 도 4의 II-II'을 따라 절단한 절단 사시도이다.
- [42] 도 7은 본 발명의 실시 예들에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기를 도 4의 I-I'을 따라 절단한 단면도이다.
- [43] 도 8은 본 발명의 실시 예들에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기의 작동 과정을 나타낸 단면도이다.

[44]

발명의 실시를 위한 형태

- [45] 본 발명의 기술적 사상의 구성 및 효과를 충분히 이해하기 위하여, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 기술적 사상의 바람직한 실시 예들을 설명한다. 그러나 본 발명 기술적 사상은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라, 여러 가지 형태로 구현될 수 있고 다양한 변경을 가할 수 있다. 단지, 본 실시 예들의 설명을 통해 본 발명의 기술적 사상의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위하여 제공되는 것이다.
- [46] 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분은 동일한 구성요소들을 나타낸다. 본 명세서에서 기술하는 실시 예들은 본 발명의 기술적 사상의

이상적인 예시도인 블록도, 사시도, 및/또는 단면도를 참고하여 설명될 것이다. 도면들에 있어서, 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다. 따라서, 도면에서 예시된 영역들은 개략적인 속성을 가지며, 도면에서 예시된 영역들의 모양은 소자의 영역의 특정 형태를 예시하기 위한 것이며 발명의 범주를 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서의 다양한 실시 예들에서 다양한 용어가 다양한 구성요소들을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 구성요소들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 구성요소를 다른 구성요소와 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 여기에 설명되고 예시되는 실시 예들은 그것의 상보적인 실시 예들도 포함한다.

- [47] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시 예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '포함한다(comprises)' 및/또는 '포함하는(comprising)'은 언급된 구성요소는 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [48] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 기술적 사상의 바람직한 실시 예들을 설명함으로써 본 발명을 상세히 설명한다.
- [49]
- [50] 도 1은 본 발명의 예시적인 실시 예들에 따른 원자 주파수 표준기용 물리부를 나타낸 사시도이다.
- [51] 도 1을 참고하면, 원자 주파수 표준기용 물리부는 공진기(1), 형광측정부(4), 진공펌프(6), 진공 밸브(8) 및 원자 공급부(9)를 포함할 수 있다. 실시 예들에 따르면, 원자 주파수 표준기용 물리부는 자기 차폐장치를 더 포함할 수 있다.
- [52] 공진기(1)는 원자들을 가둘 수 있다. 공진기(1) 내에 갇힌 원자들은 냉각 및 공진될 수 있다. 공진기(1) 내에서 원자들이 전이될 수 있다. 실시 예들에서, 공진기(1)에서 원자들이 관측될 수도 있다.
- [53] 형광측정부(4)는 공진기(1) 내부의 캐비티(S, 도 5 참고)와 연통되는 내부공간을 가질 수 있다. 형광측정부(4)는 공진기(1)의 밑에서 공진기(1)와 결합될 수 있다. 형광측정부(4)에는 공진기(1)에서 전이된 원자들이 낙하될 수 있다. 형광측정부(4)는 원자 관측용 윈도우(미부호)를 포함할 수 있다. 형광측정부(4)로 낙하된 전이 원자들은 원자 관측용 윈도우를 통해 관측될 수 있다. 실시 예들에서, 원자 관측용 윈도우는 4 개가 제공될 수 있다. 4 개의 원자 관측용 윈도우는 서로 수직하게 배치될 수 있다. 일측의 원자 관측용 윈도우를 통해 전자기파가 조사되고 빠져나갈 수 있다. 전이된 원자들은 조사된 전자기파에 반응하여 발광될 수 있다. 즉, 전이된 원자들은 전자기파의 자극에 의해 형광(fluorescence) 현상을 발생시킬 수 있다. 일측의 원자 관측용 윈도우와 수직하게 배치된 타측의 원자 관측용 윈도우를 통해 형광 현상을 측정하여 원자들의 전이 정도를 측정할 수 있다.
- [54] 진공펌프(6)는 공진기(1)의 캐비티(S, 도 5 참고) 및/또는 형광측정부(4)의

내부공간과 연통될 수 있다. 진공펌프(6)는 캐비티(S) 및/또는 형광측정부(4)의 내부공간을 실질적인 진공 상태로 유지할 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 진공이라는 용어는, 기압이 0에 가까운 상태를 의미할 수 있다. 진공펌프(6)는 형광측정부(4)의 밑에서 형광측정부(4)와 결합될 수 있다. 실시 예들에서, 진공펌프(6)는 이온 진공펌프를 포함할 수 있다. 이온 진공펌프는 외부 환경과 연결되지 아니할 수 있다. 외부 환경으로부터 고립된 이온 진공펌프는 캐비티(S) 및/또는 형광측정부(4)의 내부공간을 실질적인 진공 상태로 유지할 수 있다. 그러나 이에 한정하는 것은 아니다.

[55] 진공 밸브(8)는 캐비티(S) 및/또는 형광측정부(4)의 내부공간과 연통될 수 있다. 진공 밸브(8)의 개폐에 따라, 캐비티(S) 및/또는 형광측정부(4)의 내부공간과 외부공간은 연결되거나 차단될 수 있다. 진공 밸브(8)에는 펌프(미도시) 등이 연결될 수 있다. 실시 예들에서, 펌프는 터보 펌프일 수 있다. 펌프는 캐비티(S) 및/또는 형광측정부(4)의 내부공간의 기압을 대기압에서 실질적인 진공 상태까지 떨어트릴 수 있다.

[56] 예시적인 실시 예들에서, 원자 주파수 표준기용 물리부는 받침부(10)에 의해 지지될 수 있다. 받침부(10)는 원자 주파수 표준기용 물리부를 견고하게 고정할 수 있다. 받침부(10)는 바퀴 등의 이동수단을 더 포함하여 원자 주파수 표준기용 물리부를 용이하게 이동시킬 수 있다. 받침부(10)의 밑에 일정한 공간이 형성될 수 있다.

[57] 원자 공급부(9)는 캐비티(S) 및/또는 형광측정부(4)의 내부공간에 원자들(A, 도 8 참고)을 공급할 수 있다. 실시 예들에서, 원자 공급부(9)는 디스펜서 등일 수 있다. 그러나 이에 한정하는 것은 아니다.

[58] 자기 차폐장치(미도시)는 공진기(1)를 감쌀 수 있다. 자기 차폐장치는 공진기(1)를 감싸는 두 겹 이상의 통 형상을 포함할 수 있다. 자기 차폐장치는 외부 자기장 등으로부터 공진기(1) 내부를 차폐시킬 수 있다. 자기 차폐장치는 공진기 내 원자들의 공진 주파수가 이동되는 것을 방지할 수 있다.

[59] 이들 구성에 대한 상세한 내용은 후술하도록 한다.

[60]

[61] 도 2는 본 발명의 실시 예들에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 레이저 방출기를 나타낸 분해 사시도이다.

[62] 도 2를 참고하면, 공진기(1)에는 레이저 방출기가 결합될 수 있다. 레이저 방출기는 공진기(1)에 직접 결합될 수도 있고, 별도의 레이저 연결부(31 내지 34, 도 3 참고)를 매개로 간접적으로 결합될 수도 있다. 레이저 방출기는 4개가 제공될 수 있다. 각 레이저 방출기는 제1 레이저 방출기(21), 제2 레이저 방출기(22), 제3 레이저 방출기(23) 및 제4 레이저 방출기(24)라 명명될 수 있다. 제1 레이저 방출기(21)와 제3 레이저 방출기(23)는 공진기(1)를 기준으로 반대 방향에 위치할 수 있다. 제2 레이저 방출기(22)와 제4 레이저 방출기(24)는 공진기(1)를 기준으로 반대 방향에 위치할 수 있다. 제1 레이저 방출기(21)와 제2

레이저 방출기(22)는 공진기(1)를 기준으로 서로 대략 수직으로 배치될 수 있다. 즉, 각 레이저 방출기는 대략 90도 간격으로 이격 배치될 수 있다. 각 레이저 방출기는 동일 평면 상에 위치할 수 있다.

[63] 공진기(1)에는 2개의 레이저 방출기(미도시)가 더 연결될 수 있다. 2개의 레이저 방출기는 각각 공진기의 위와 아래에 연결될 수 있다. 위에 연결되는 레이저 방출기는 상측 레이저 방출기, 아래에 연결되는 레이저 방출기는 하측 레이저 방출기로 명명될 수 있다. 하측 레이저 방출기는 공진기(1)와 먼 곳에 배치될 수 있다. 즉, 하측 레이저 방출기는 형광측정부(4, 도 1 참고) 및/또는 받침부(10)의 밑에 결합될 수 있다. 하측 레이저 방출기와 상측 레이저 방출기는 공진기(1)를 기준으로 서로 반대 방향에 위치할 수 있다. 하측 레이저 방출기와 상측 레이저 방출기는 제1 내지 제4 레이저 방출기(21 내지 24)가 배치된 평면과 수직하게 배치될 수 있다. 즉, 6개의 레이저 방출기는 서로 직교하는 세 개의 축 상에 배치될 수 있다.

[64] 각 레이저 방출기는 공진기(1)를 향해 레이저를 방출할 수 있다. 각 레이저 방출기에서 조사된 레이저는 공진기(1) 내부에 형성된 캐비티(S, 도 5 참고)에 위치하는 원자들의 위치를 특정할 수 있다. 레이저는 원자들을 냉각시킬 수 있다. 이에 대한 상세한 내용은 후술하도록 한다.

[65]

[66] 도 3은 본 발명의 실시 예들에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 주변 구성을 나타낸 분해 사시도이다.

[67] 도 3을 참고하면, 공진기(1)에는 레이저 연결부, 마이크로파 공급부 및 형광측정 연결부가 결합될 수 있다.

[68] 레이저 연결부는 제1 레이저 연결부(31), 제2 레이저 연결부(32), 제3 레이저 연결부(미도시), 제4 레이저 연결부(34), 제5 레이저 연결부(35) 및 제6 레이저 연결부(미도시)를 포함할 수 있다. 제1 레이저 연결부(31)와 제3 레이저 연결부는 공진기(1)를 기준으로 반대 방향에 위치할 수 있다. 제2 레이저 연결부(32)와 제4 레이저 연결부(34)는 공진기(1)를 기준으로 반대 방향에 위치할 수 있다. 제1 레이저 연결부(31)와 제2 레이저 연결부(32)는 공진기(1)를 기준으로 서로 대략 수직으로 배치될 수 있다. 즉, 제1 내지 제4 레이저 연결부(31 내지 34)는 대략 90도 간격으로 배치될 수 있다. 제5 레이저 연결부(35)와 제6 레이저 연결부는 공진기(1)를 기준으로 반대 방향에 위치할 수 있다. 제5 레이저 연결부(35)는 공진기(1)의 위에 결합될 수 있다. 제6 레이저 연결부는 공진기(1)의 아래에 결합될 수 있다. 제6 레이저 연결부는 공진기(1)와 이격되어 배치될 수 있다. 즉, 제6 레이저 연결부는 형광측정부(4, 도 1 참고) 및/또는 받침부(10)의 밑에 결합될 수 있다. 제6 레이저 연결부와 제5 레이저 연결부(35)는 제1 내지 제4 레이저 연결부(31 내지 34)가 배치된 평면과 수직하게 배치될 수 있다. 즉, 6개의 레이저 연결부는 서로 직교하는 세 개의 축 상에 배치될 수 있다. 레이저 연결부의 각각은 레이저 윈도우(1111 내지 1114, 도 5)를 향하는 구멍을 포함할 수 있다.

이에 대한 상세한 내용은 후술하도록 한다.

- [69] 레이저 연결부의 각각은 레이저 방출기의 각각과 결합될 수 있다. 레이저 방출기의 각각은 레이저 연결부의 각각을 통해 공진기(1)에 연결될 수 있다. 레이저 방출기의 각각은 레이저 연결부의 각각을 통해 공진기(1)에 레이저를 조사할 수 있다. 공진기(1)의 캐비티(S, 도 5 참고) 내에 위치하는 원자들은 레이저에 의해 그 위치가 특정될 수 있다. 원자들은 냉각될 수 있다.
- [70] 마이크로파 공급부는 제1 마이크로파 공급부(51) 및 제2 마이크로파 공급부(52)를 포함할 수 있다. 제1 마이크로파 공급부(51)와 제2 마이크로파 공급부(52)는 공진기(1)를 기준으로 반대 방향에 위치할 수 있다. 제1 마이크로파 공급부(51)는 제1 레이저 연결부(51) 및 제4 레이저 연결부(34) 사이에 위치할 수 있다. 제2 마이크로파 공급부(52)는 제2 레이저 연결부(52) 및 제3 레이저 연결부 사이에 위치할 수 있다. 마이크로파 공급부에는 동축케이블과 같은 외부 전선 등이 연결될 수 있다. 마이크로파 공급부의 각각은 공진기(1) 내부에 마이크로파를 제공할 수 있다. 공진기(1)의 캐비티(S, 도 5 참고) 내에 위치하는 원자들은 마이크로파에 의해 전이될 수 있다.
- [71] 형광측정 연결부는 제1 형광측정 연결부(71) 및 제2 형광측정 연결부(72)를 포함할 수 있다. 제1 형광측정 연결부(71)와 제2 형광측정 연결부(72)는 공진기(1)를 기준으로 반대 방향에 위치할 수 있다. 제1 형광측정 연결부(71)는 제1 레이저 연결부(31)와 제2 레이저 연결부(32) 사이에 위치할 수 있다. 제2 형광측정 연결부(72)는 제3 레이저 연결부와 제4 레이저 연결부(34) 사이에 위치할 수 있다. 형광측정 연결부의 각각은 형광측정 윈도우(1151, 1152, 도 5 참고)로 향하는 구멍을 포함할 수 있다.
- [72] 형광측정 연결부는 공진기(1)의 캐비티(S, 도 5 참고) 내에 위치하는 원자들을 향해 측정광을 조사하는 측정관 조사부와 결합될 수 있다. 측정광에 의해 전이 원자들은 형광측정 윈도우들(1151, 1152)을 통해 관측될 수 있다. 형광측정 윈도우를 통해 측정광이 조사되고, 전이된 원자들은 조사된 측정광에 반응하여 발광될 수 있다. 즉, 전이된 원자들은 측정광의 자극에 의해 형광(fluorescence) 현상을 발생시킬 수 있다. 형광 현상을 측정하여 원자들의 전이 정도를 측정할 수 있다.
- [73]
- [74] 도 4는 본 발명의 실시 예들에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기를 나타낸 사시도이다.
- [75] 도 4를 참고하면, 공진기(1)는 하우징(11), 하측 폐쇄부(13), 상측 폐쇄부(15), 상측 코일(C1) 및 하측 코일(C2)을 포함할 수 있다. 실시 예들에서, 공진기(1)는 전극부 및 지지부를 더 포함할 수 있다. 공진기(1)는 전도체를 포함할 수 있다. 바람직하게는, 공진기(1)는 전기 전도도가 좋은 전도체를 포함할 수 있다. 실시 예들에서, 공진기(1)는 구리를 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 무산소동을 포함할 수 있다. 실시 예들에서, 공진기(1)는 알루미늄을 포함할 수 있다. 그러나

이들에 한정하는 것은 아니며, 플라스틱, 세라믹 등으로 형성된 공진기(1)를 금속 등의 전도체로 코팅할 수도 있다.

- [76] 하우징(11)은 내부에 캐비티(S, 도 5 참고)가 형성될 수 있다. 하우징(11) 내부는 실질적인 진공 상태가 유지될 수 있다. 하우징(11) 내에는 원자들이 존재할 수 있다. 하우징(11)에 대한 상세한 내용은 후술하도록 한다.
- [77] 하측 폐쇄부(13)는 하우징(11)의 밑에 결합될 수 있다. 하측 폐쇄부(13)는 하우징(11)의 밑에서 하우징(11)을 밀봉할 수 있다. 하측 폐쇄부(13)는 상측 폐쇄부(15)와 함께 하우징(11)의 내부를 외부로부터 격리시킬 수 있다. 하측 폐쇄부(13)는 하측 플랜지(1310, 하측코일 지지대(132), 하측 연결관(133), 하측 지지대(135) 및 하측 레이저 관통공(13a, 도 6 참고)을 포함할 수 있다.
- [78] 하측 플랜지(131)는 하우징(11)의 밑에 결합될 수 있다. 하측 플랜지(131)는 결합수단(미부호)을 통해 하우징(11)에 결합될 수 있다. 하측 플랜지(131)는 하우징(11)을 실질적으로 밀봉시킬 수 있다. 하측 플랜지(131)는 넓은 판 형상일 수 있다. 실시 예들에서, 하측 플랜지(131)는 원판 형상일 수 있다. 그러나 이에 한정하는 것은 아니다.
- [79] 하측코일 지지대(132)는 하측 코일(C2)을 지지할 수 있다. 하측코일 지지대(132)는 하측 플랜지(131)보다 아래 위치할 수 있다. 하측 코일(C2)은 하측코일 지지대(132)와 하측 플랜지(131) 사이에 위치할 수 있다. 하측코일 지지대(132)는 판 형상일 수 있다. 실시 예들에서, 하측코일 지지대(132)는 원판 형상일 수 있다. 그러나 이에 한정하는 것은 아니다.
- [80] 하측 연결관(133)은 하측코일 지지대(132) 밑에 위치할 수 있다. 하측 연결관(133)은 통 형상일 수 있다. 실시 예들에서, 하측 연결관(133)은 원통 형상일 수 있다. 그러나 이에 한정하는 것은 아니다. 하측 연결관(133)은 하측코일 지지대(132)와 하측 지지대(135)를 연결시킬 수 있다.
- [81] 하측 지지대(135)는 하측 연결관(133)에 연결될 수 있다. 하측 지지대(135)는 공진기(1) 전체를 받치고 지지할 수 있다. 하측 지지대(135)의 면적은 하측 연결관(133)보다 클 수 있다. 하측 지지대(135)는 지지대 결합공(135h)을 포함할 수 있다. 지지대 결합공(135h)에 결합수단이 삽입되어, 하측 지지대(135)와 형광측정부(4, 도 1 참고)를 결합시킬 수 있다.
- [82] 하측 레이저 관통공(13a, 도 6 참고)은 캐비티(S, 도 5 참고)와 연통된 구멍일 수 있다. 하측 레이저 관통공(13a)은 하측 플랜지(131), 하측코일 지지대(132), 하측 연결관(133), 하측 지지대(135)를 관통할 수 있다. 하측 레이저 관통공(13a)은 형광측정부(4, 도 1 참고)의 내부공간과 연통될 수 있다. 하측 레이저 관통공(13a)을 통해 레이저가 밑에서 위로 조사될 수 있다.
- [83] 상측 폐쇄부(15)는 하우징(11)의 위에 결합될 수 있다. 상측 폐쇄부(15)는 하우징(11)의 위에서 하우징(11)을 밀봉할 수 있다. 상측 폐쇄부(15)는 하측 폐쇄부(13)와 함께 하우징(11)의 내부를 외부로부터 격리시킬 수 있다. 상측 폐쇄부(15)는 상측 플랜지(151), 상측코일 지지대(153), 상측 지지대(155) 및 상측

- 레이저 관통공(15a, 도 6 참고)을 포함할 수 있다.
- [84] 상측 플랜지(151)는 하우징(11)의 위에 결합될 수 있다. 상측 플랜지(151)는 상측 결합공(151h)을 포함할 수 있다. 상측 결합공(151h)에는 결합수단(151x)이 삽입될 수 있다. 상측 플랜지(151)는 결합수단(151x)을 통해 하우징(11)에 결합될 수 있다. 상측 플랜지(151)는 하우징(11)을 실질적으로 밀봉시킬 수 있다. 상측 플랜지(151)는 넓은 판 형상일 수 있다. 실시 예들에서, 상측 플랜지(151)는 원판 형상일 수 있다. 그러나 이에 한정하는 것은 아니다.
- [85] 상측코일 지지대(153)는 상측 코일(C1)을 지지할 수 있다. 상측코일 지지대(153)는 상측 플랜지(151)보다 위에 위치할 수 있다. 상측 코일(C1)은 상측코일 지지대(153) 위에 위치할 수 있다. 상측코일 지지대(153)는 판 형상일 수 있다. 실시 예들에서, 상측코일 지지대(153)은 원판 형상일 수 있다. 그러나 이에 한정하는 것은 아니다.
- [86] 상측 지지대(155)는 공진기(1) 전체의 뚜껑을 형성할 수 있다. 상측 지지대(155)의 면적은 상측 코일(C1)보다 클 수 있다. 상측 지지대(155)는 지지대 결합공(155h)을 포함할 수 있다. 지지대 결합공(155h)에 결합수단이 삽입되어, 상측 지지대(155)와 제5 레이저 연결부(35, 도 3 참고)를 결합시킬 수 있다.
- [87] 상측 레이저 관통공(15a, 도 6 참고)은 캐비티(S, 도 5 참고)와 연통된 구멍일 수 있다. 상측 레이저 관통공(15a)은 상측 플랜지(151), 상측코일 지지대(153) 및 상측 지지대(155)를 관통할 수 있다. 상측 레이저 관통공(15a)은 제5 레이저 연결부(35)까지 연장될 수 있다. 상측 레이저 관통공(15a)을 통해 레이저가 위에서 아래로 조사될 수 있다.
- [88] 상측 코일(C1)은 상측코일 지지대(153)와 상측 지지대(155) 사이에 위치할 수 있다. 상측 코일(C1)은 MOT(Magneto Optical Trap, 광자기포획) 코일일 수 있다. 상측 코일(C1)은 캐비티(S, 도 5 참고) 내에 자기장을 형성하여 원자들의 위치를 조절할 수 있다.
- [89] 하측 코일(C2)은 하측 플랜지(131)와 하측코일 지지대(132) 사이에 위치할 수 있다. 하측 코일(C2)은 MOT(Magneto Optical Trap, 광자기포획) 코일일 수 있다. 하측 코일(C2)은 캐비티(S, 도 5 참고) 내에 자기장을 형성하여 원자들의 위치를 조절할 수 있다.
- [90] 상측 코일(C1) 및 하측 코일(C2)은 한 쌍의 반헬름홀츠 코일(Anti-Helmholtz coil)을 형성할 수 있다. 실시 예들에서, 상측 코일(C1)과 하측 코일(C2)은 캐비티(S, 도 5 참고)의 정 중앙으로부터 같은 거리만큼 이격될 수 있다. 그러나 이에 한정하는 것은 아니다.
- [91]
- [92] 도 5는 본 발명의 실시 예들에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기를 도 4의 I-I'을 따라 자른 절단 사시도이고, 도 6은 도 4의 II-II'을 따라 자른 절단 사시도이며, 도 7은 도 4의 I-I'을 따라 자른 단면도이다.
- [93] 도 5를 참고하면, 하우징(11)은 내부에는 캐비티(S)가 형성될 수 있다.

하우징(11)은 기둥 형상일 수 있다. 실시 예들에서, 하우징(11)은 원기둥 형상일 수 있다. 실시 예들에서, 하우징(11)은 8각 기둥 형상일 수 있다.

[94]

[95] 하우징(11)은 레이저 윈도우를 포함할 수 있다. 하우징(11)에 형성된 레이저 윈도우는 4개가 제공될 수 있다. 레이저 윈도우의 각각은 제1 레이저 윈도우(1111), 제2 레이저 윈도우(1112), 제3 레이저 윈도우(1113) 및 제4 레이저 윈도우(1114)로 명명될 수 있다. 제1 레이저 윈도우(1111)와 제3 레이저 윈도우(1113)는 캐비티(S)를 기준으로 반대 방향에 위치할 수 있다. 제2 레이저 윈도우(1112)와 제4 레이저 윈도우(1114)는 캐비티(S)를 기준으로 반대 방향에 위치할 수 있다. 제1 레이저 윈도우(1111)와 제2 레이저 윈도우(1112)는 캐비티(S)를 기준으로 대략 수직이 되는 위치에 배치될 수 있다. 즉, 제1 레이저 윈도우(1111) 내지 제4 레이저 윈도우(1114)들의 각각은 캐비티(S)를 중심으로 대략 90도 간격으로 이격되어 있을 수 있다. 제1 레이저 윈도우(1111) 내지 제4 레이저 윈도우(1114)들의 각각에는 제1 레이저 방출기(21, 도 2 참고) 내지 제4 레이저 방출기(24)들의 각각이 연결될 수 있다. 제1 레이저 윈도우(1111) 내지 제4 레이저 윈도우(1114)들의 각각은 제1 레이저 윈도우(1111) 내지 제4 레이저 윈도우(1114)들의 각각과 직접 결합되거나, 제1 레이저 연결부(31, 도 3 참고) 내지 제4 레이저 연결부(34)들을 매개로 결합될 수 있다. 제1 레이저 방출기(21, 도 2 참고) 내지 제4 레이저 방출기(24)들의 각각은 제1 레이저 윈도우(1111) 내지 제4 레이저 윈도우(1114)들의 각각을 통해 캐비티(S)로 레이저를 조사할 수 있다. 레이저 윈도우들은 캐비티(S)가 진공 상태로 유지되도록 밀봉될 수 있다.

[96] 실시 예들에서, 하우징(11)이 8각 기둥 형상일 경우, 하우징(11)의 외면은 제1 측면(11a) 내지 제8 측면(11h)을 포함할 수 있다. 제1 레이저 윈도우(1111) 내지 제4 레이저 윈도우(1114)들은 각각 제1 측면(11a), 제3 측면(11c), 제5 측면(11e) 및 제7 측면(11g)에 형성될 수 있다. 실시 예들에서, 각 측면들(11a 내지 11h)에는 캐비티(S)를 향해 함입된 함입홀이 형성될 수 있다. 즉, 제1 측면(11a) 내지 제8 측면(11h)들의 각각에는 제1 함입홀(11a') 내지 제8 함입홀(11h')들이 형성될 수 있다. 이 경우, 제1 레이저 윈도우(1111) 내지 제4 레이저 윈도우(1114)들의 각각은 제1 함입홀(11a'), 제3 함입홀(11c') 제5 함입홀(11e') 및 제7 함입홀(11g') 안에 배치될 수 있다.

[97]

[98] 도 6 및 도 7을 참고하면, 하우징(11) 내부에는 전극부가 위치할 수 있다. 전극부는 캐비티(S)를 둘러쌀 수 있다. 즉, 전극부가 캐비티(S)를 둘러싸고, 하우징(11)은 전극부를 감쌀 수 있다. 전극부는 전체적으로 원통 형상일 수 있다. 실시 예들에서, 전극부는 원주 방향을 따라 일정 간격으로 이격된 4 개의 슬롯을 포함할 수 있다. 각 슬롯은 제1 슬롯(122a), 제2 슬롯(122b), 제3 슬롯(122c) 및 제4 슬롯(122d)이라 명명될 수 있다. 전극부는 각 슬롯에 의해 4 개의 전극으로 구분될 수 있다. 4개의 전극의 각각은 제1 전극(1211), 제2 전극(1212), 제3

전극(1213) 및 제4 전극(1214)으로 명명될 수 있다. 각 전극은 슬롯에 의해 일정 간격 이격 배치될 수 있다. 실시 예들에서, 각 전극의 길이는 동일 또는 유사할 수 있다. 즉, 각 전극은 대략 사분원 형상의 단면을 가질 수 있다. 그러나 슬롯과 전극의 개수는 이에 한정되지 아니하며, 다른 개수도 가능하다. 이에 따라 각 전극의 형상도 다양하게 변할 수 있다.

[99] 전극부는 지지부에 의해 하우징(11)에 연결될 수 있다. 전극부가 4 개의 전극을 포함하는 경우, 지지부 역시 4 개의 지지대를 포함할 수 있다. 즉, 제1

전극(1211)은 제1 지지대(141)를 통해 하우징(11)에 결합될 수 있다. 제2 전극(1212) 내지 제4 전극(1214) 역시 제2 지지대(142) 내지 제4 지지대(144)를 통해 하우징(11)에 결합될 수 있다.

[100] 제1 지지대(141)는 하우징(11) 중에서 제1 레이저 윈도우(1111)가 형성된 방향에 결합될 수 있다. 제2 지지대(142)는 하우징(11) 중에서 제2 레이저 윈도우(1112)가 형성된 방향에 결합될 수 있다. 제3 지지대(143)는 하우징(11) 중에서 제3 레이저 윈도우(1113)가 형성된 방향에 결합될 수 있다. 제4 지지대(144)는 하우징(11) 중에서 제4 레이저 윈도우(1114)가 형성된 방향에 결합될 수 있다.

[101] 공진기(1)는 제1 레이저 윈도우(1111)에서 제1 전극(1211)을 향해 연장되는 제1 레이저 관통공(1111a)을 더 포함할 수 있다. 제1 레이저 관통공(1111a)은 하우징(11)의 일부 및 제1 지지대(141)를 관통할 수 있다. 공진기(1)는 제1 레이저 관통공(1111a)과 마찬가지로, 제2 레이저 관통공(1112a) 내지 제4 레이저 관통공(1114a)을 더 포함할 수 있다.

[102] 제1 전극(1211)은 제1 레이저 관통공(1111a)과 연통되는 제1 레이저 연장공(1211a)을 포함할 수 있다. 제1 레이저 연장공(1211a)은 제1 전극(1211)의 캐비티(S) 측에서 제1 레이저 관통공(1111a)까지 연장된 구멍일 수 있다. 실시 예들에서, 제1 레이저 연장공(1211a)은 원형 구멍일 수 있다. 제1 레이저 연장공(1211a)의 크기는 제1 레이저 관통공(1111a)과 같은 크기일 수 있다. 그러나 이에 한정하는 것은 아니다. 제1 레이저 윈도우(1111), 제1 레이저 관통공(1111a) 및 제1 레이저 연장공(1211a)을 통해 레이저는 캐비티(S)까지 도달할 수 있다. 제2 전극(1212) 내지 제4 전극(1214)도 마찬가지로 제2 레이저 연장공(1212a) 내지 제4 레이저 연장공(1214a)을 포함할 수 있다.

[103]

[104] 하우징(11)은 제1 마이크로파 윈도우(1131) 및 제2 마이크로파 윈도우(1132)를 더 포함할 수 있다. 제1 마이크로파 윈도우(1131)와 제2 마이크로파 윈도우(1132)는 캐비티(S)를 중심으로 반대 방향에 위치할 수 있다. 제1 마이크로파 윈도우(1131)는 제1 레이저 윈도우(1111)와 제4 레이저 윈도우(1114) 사이에 위치할 수 있다. 하우징(11)이 제1 측면(11a) 내지 제8 측면(11h)을 포함하는 경우, 제1 마이크로파 윈도우(1131)는 제8 측면(11h) 측에 형성될 수 있다. 하우징(11)이 제1 함입홀(11a') 내지 제8 함입홀(11h')을 포함하는 경우, 제1

마이크로파 윈도우(1131)는 제8 함입홀(11h') 안에 배치될 수 있다. 제2 마이크로파 윈도우(1132)도 제1 마이크로파 윈도우(1131)와 마찬가지로 배치될 수 있다. 마이크로파 윈도우들은 캐비티(S)가 진공 상태로 유지되도록 밀봉될 수 있다.

- [105] 하우징(11)은 제1 마이크로파 윈도우(1131)에서 캐비티(S)를 향해 연장되는 제1 마이크로파 관통공(1131a)을 더 포함할 수 있다. 제1 마이크로파 윈도우(1131), 제1 마이크로파 관통공(1131a) 및 제1 슬릿(122a)을 통해 마이크로파는 캐비티(S)로 전달될 수 있다. 하우징(11)은 제2 마이크로파 윈도우(1132) 측에도 제1 마이크로파 윈도우(1131)의 경우와 마찬가지로 제2 마이크로파 관통공(1132a)을 포함할 수 있다.

[106]

- [107] 하우징(11)은 제1 형광측정 윈도우(1151) 및 제2 형광측정 윈도우(1152)를 더 포함할 수 있다. 제1 형광측정 윈도우(1151)와 제2 형광측정 윈도우(1152)는 캐비티(S)를 중심으로 서로 반대 방향에 위치할 수 있다. 제1 형광측정 윈도우(1151)는 제1 레이저 윈도우(1111)와 제2 레이저 윈도우(1112) 사이에 위치할 수 있다. 하우징(11)이 제1 측면(11a) 내지 제8 측면(11h)을 포함하는 경우, 제1 형광측정 윈도우(1151)는 제2 측면(11b) 측에 형성될 수 있다. 하우징(11)이 제1 함입홀(11a') 내지 제8 함입홀(11h')을 포함하는 경우, 제1 형광측정 윈도우(1151)는 제2 함입홀(11b') 안에 배치될 수 있다. 제2 형광측정 윈도우(1152)도 제1 형광측정 윈도우(1151)와 마찬가지로 배치될 수 있다. 형광측정 윈도우들은 캐비티(S)가 진공 상태로 유지되도록 밀폐될 수 있다.

- [108] 하우징(11)은 제1 형광측정 윈도우(1151)에서 캐비티(S)를 향해 연장되는 제1 형광측정 관통공(1151a)을 더 포함할 수 있다. 제1 형광측정 윈도우(1151), 제1 형광측정 관통공(1151a) 및 제2 슬릿(122b)을 통해 조사광은 캐비티(S)로 전달될 수 있다. 하우징(11)은 제2 형광측정 윈도우(1152) 측에도 제1 형광측정 윈도우(1151)의 경우와 마찬가지로 제2 형광측정 관통공(1152a)을 포함할 수 있다.

[109]

- [110] 실시 예들에서, 제1 슬롯(122a) 내지 제4 슬롯(122d)들의 각각은 제1 슬롯확장공(122a') 내지 제4 슬롯확장공(122d')들의 각각을 더 포함할 수 있다. 제1 슬롯확장공(122a')은 제1 슬롯(122)을 정의하는 제1 전극(1211) 및 제4 전극(1214)의 측면에서 제1 전극(1211) 및 제4 전극(1214)으로 더 함입된 부분일 수 있다. 제2 슬롯확장공(122b') 내지 제4 슬롯확장공(122d')도 제1 슬롯확장공(122a')과 마찬가지로 형성될 수 있다. 제2 슬롯확장공(122b') 및 제4 슬롯확장공(122d')을 통해 조사광이 캐비티(S) 내부로 조사될 수 있다. 제1 슬롯확장공(122a') 내지 제4 슬롯확장공(122d')이 캐비티(S)에 대하여 대칭으로 배치되어, 캐비티(S) 내부의 마이크로파 또는 전자기장은 대칭적으로 분포될 수 있다.

[111]

[112] 도 8은 본 발명의 실시 예들에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 속에서 원자들이 전이를 일으켜 탐지되는 과정을 나타낸 단면도이다.

[113] 도 8을 참고하면, 캐비티(S)는 실질적인 진공 상태가 될 수 있다. 즉, 진공 밸브(8, 도 1 참고)에 연결된 터보 펌프(미도시) 등에 의해 캐비티(S) 및/또는 캐비티(S)와 연통된 형광측정부(4, 도 1 참고)의 내부공간은 실질적인 진공 상태가 될 수 있다. 진공 상태를 만들면, 진공 밸브(8)는 잠길 수 있다. 진공펌프(6, 도 1 참고)에 의해 캐비티(S) 및/또는 캐비티(S)와 연통된 형광측정부(4)의 내부공간은 진공 상태로 유지될 수 있다.

[114] 원자 공급부(9, 도 1 참고)에 의해 캐비티(S) 안에는 원자들(A)이 배치될 수 있다. 원자들(A)은 세슘(Cesium) 133 또는 루비듐(Rubidium) 87 원자 등을 포함할 수 있다. 그러나 이에 한정하는 것은 아니며, 다른 종류의 원자들을 포함할 수도 있다.

[115] 6개의 레이저 방출기에서 방출된 레이저가 캐비티(S) 안에 조사될 수 있다. 제1 레이저 방출기(21)에서 방출된 레이저는 제1 레이저 윈도우(1111)를 거쳐 캐비티(S) 안에 조사될 수 있다. 제2 레이저 방출기(22) 내지 제4 레이저 방출기(24)에서 방출된 레이저는 제2 레이저 윈도우(1112) 내지 제4 레이저 윈도우(1114)를 거쳐 캐비티(S) 안에 조사될 수 있다. 상측 레이저 방출기에서 방출된 레이저는 상측 레이저 관통공(15a, 도 6 참고)을 통해 캐비티(S) 안에 조사될 수 있다. 하측 레이저 방출기에서 방출된 레이저는 하측 레이저 관통공(13a, 도 6 참고)을 통해 캐비티(S) 안에 조사될 수 있다. 서로 수직한 3개의 축의 양측으로부터 조사된 6개의 레이저에 의해, 원자들(A)은 캐비티(S)의 중앙으로 모일 수 있다. 원자들(A)의 온도는 낮아져 원자들(A)은 냉각될 수 있다. 원자들(A)은 특정 위치에 일시적으로 고정될 수 있다. 원자들(A)이 캐비티(S)의 중앙에 모이면, 레이저의 조사는 멈춰질 수 있다.

[116] 실시 예들에서, 상부 코일(C1) 및 하부 코일(C2)에 의해 발생하는 자기장에 의해 원자들(A)의 위치를 더 정확하게 특정할 수 있다. 즉, 상부 코일(C1) 및 하부 코일(C2)에 의해 발생한 자기장들이 광자기포획에 의해 원자들(A)을 특정 위치에 고정할 수 있다. 원자들(A)은 자기장이 0이 되는 지점에 정렬될 수 있다. 캐비티(S) 내 자기장이 0이 되는 부분은 캐비티(S)의 중앙 부분일 수 있다. 레이저 냉각과 광자기포획을 모두 사용하면, 짧은 시간 안에 높은 정확도로 원자들(A)의 위치를 특정할 수 있다. 즉, 원자들(A)이 더 작은 공간 안에 집중되어 정렬될 수 있다. 또한 더 많은 원자들(A)을 사용하여 측정의 정밀성을 향상시킬 수 있다. 그러나 이에 한정하는 것은 아니며, 광자기포획은 사용되지 아니하고, 레이저 냉각만 사용될 수도 있다.

[117]

[118] 레이저 냉각이 끝나면, 제1 마이크로파 공급부(51, 도 3 참고) 및/또는 제2 마이크로파 공급부(52)에 의해 캐비티(S) 내에 마이크로파가 공급될 수 있다. 즉,

제1 마이크로파 공급부(51)가 방출한 마이크로파가 제1 마이크로파 윈도우(1131), 제1 마이크로파 관통공(1131a) 및 제1 슬릿(122a)을 통과하여 캐비티(S) 내로 들어올 수 있다. 마이크로파는 전극부 내에서 공진될 수 있다. 마이크로파는 최저준위 상태에 있는 원자들(A)에 에너지를 가하여 전자를 전이시킬 수 있다. 제2 마이크로파 공급부(52)도 제1 마이크로파 공급부(51)와 마찬가지로 마이크로파를 방출할 수 있다. 제1 마이크로파 공급부(51)와 제2 마이크로파 공급부(52)가 캐비티(S)를 중심으로 측면에서 대칭적으로 배치되므로, 캐비티(S) 내 마이크로파의 위상은 대칭적일 수 있다. 마이크로파의 감쇄효과 및 위상불균일에 의한 측정 정밀도 하락은 방지될 수 있다.

[119] 실시 예들에서, 형광측정 윈도우(1151, 1152)를 통해 측정광이 캐비티(S) 내로 조사될 수 있다. 측정광에 의해 원자들(A) 중 전이된 것들이 발광될 수 있다. 즉, 전이된 원자들은 측정광의 자극에 의해 형광(fluorescence) 현상을 발생시킬 수 있다. 형광 현상을 측정하여 원자들의 전이 정도를 측정할 수 있다.

[120] 실시 예들에서, 원자들(A)은 중력에 의해 낙하할 수 있다. 원자들(A)은 하측 레이저 관통공(13a, 도 6 참고)으로 낙하할 수 있다. 원자들(A)의 낙하가 계속되어, 원자들(A)은 형광측정부(4, 도 1 참고)의 내부공간에 들어갈 수 있다. 형광측정부(4)의 일측에 형성된 원자 관측용 윈도우(미부호)에 측정광이 조사될 수 있다. 측정광에 의해 원자들(A) 중 전이된 것들이 발광될 수 있다. 즉, 전이된 원자들은 측정광의 자극에 의해 형광(fluorescence) 현상을 발생시킬 수 있다. 일측의 원자 관측용 윈도우와 수직하게 배치된 타측의 원자 관측용 윈도우를 통해 형광 현상을 측정하여 원자들의 전이 정도를 측정할 수 있다.

[121]

[122] 본 발명의 예시적인 실시 예들에 따른 원자 주파수 표준기용 공진기 및 이를 포함하는 물리부에 의하면, 공진기 내부에 직접 레이저를 조사하여 원자들을 냉각시키므로, 전체적인 부피가 줄어들 수 있다. 또한 전극부를 이용한 구조의 공진기를 사용함에 따라 공진기의 부피를 더욱 줄일 수 있다. 따라서 물리부의 크기는 소형화될 수 있다. 진공을 필요로 하는 공간의 부피가 줄어들어, 진공상태를 용이하게 확보할 수 있다.

[123] MOT 코일과 레이저 냉각을 모두 사용함에 따라, 원자들의 위치를 신속하고 정확하게 특정할 수 있다. 원자들이 모이는 공간의 크기는 줄어들 수 있다. 한 번에 더 많은 원자들을 사용할 수 있다. 측정의 정밀도는 향상될 수 있다.

[124] 마이크로파 공급부가 캐비티를 중심으로 대칭적으로 배치되므로, 캐비티 내 마이크로파는 대칭적일 수 있다. 측정의 정밀도는 향상될 수 있다.

[125]

[126] 본 발명의 예시적인 실시 예들에서, 레이저 방출기는 3개만 작동할 수 있다. 즉, 제1 레이저 방출기(21) 및 제3 레이저 방출기(23) 중 하나, 제2 레이저 방출기(22) 및 제4 레이저 방출기(24) 중 하나, 상부 레이저 방출기 및 하부 레이저 방출기 중 하나만 구비 및/또는 작동할 수 있다. 이 경우 구비 및/또는 작동되는 레이저

방출기의 반대편에 위치한 레이저 윈도우들은 거울로 형성될 수 있다. 거울에 의해 반사된 레이저의 의해, 3개의 레이저 방출기만 사용하여도 실질적으로 6 방향에서 레이저가 방출되는 것과 동일 또는 유사한 효과가 있을 수 있다. 레이저 방출기를 3개만 사용함에 따라 전력을 절약할 수 있다.

[127]

[128] 이상, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시 예에는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

[129]

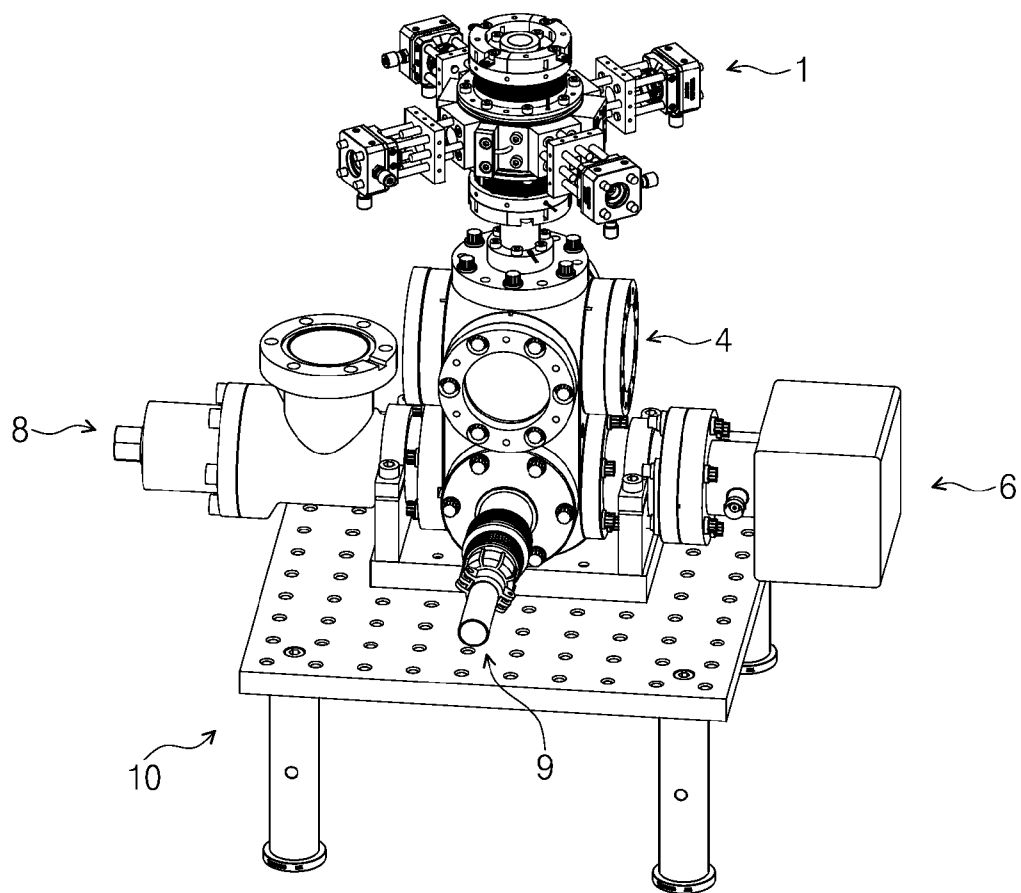
청구범위

- [청구항 1] 캐비티를 둘러싸는 전극부; 및
상기 전극부를 감싸는 하우징; 을 포함하고,
상기 전극부는 상기 캐비티로 통하는 레이저 연장공을 포함하는 원자 주파수 표준기용 공진기.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 레이저 연장공은 4개가 제공되며,
상기 레이저 연장공의 각각은 서로 수직하게 배치되는 원자 주파수 표준기용 공진기.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서,
상기 전극부와 상기 하우징은 지지부에 의해 연결되는 원자 주파수 표준기용 공진기.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서,
상기 전극부는 상기 전극부의 원주방향을 따라 일정 간격으로 이격 배치된 된 4개의 슬롯 및 상기 4개의 슬롯에 의해 구분되는 4개의 전극을 포함하는 원자 주파수 표준기용 공진기.
- [청구항 5] 제 4 항에 있어서,
지지부를 더 포함하며,
상기 지지부는 4개의 지지대를 포함하고,
상기 4개의 전극의 각각은 상기 4개의 지지대에 의해 상기 하우징에 연결되는 원자 주파수 표준기용 공진기.
- [청구항 6] 제 4 항에 있어서,
상기 레이저 연장공은 4개가 제공되며,
상기 레이저 연장공의 각각은 상기 4개의 전극의 각각에 형성되는 원자 주파수 표준기용 공진기.
- [청구항 7] 제 1 항에 있어서,
상기 하우징은 마이크로파 관통공을 더 포함하는 원자 주파수 표준기용 공진기.
- [청구항 8] 제 1 항에 있어서,
상기 하우징은 형광측정광 관통공을 더 포함하는 원자 주파수 표준기용 공진기.
- [청구항 9] 제 1 항에 있어서,
상기 하우징의 상측에 결합되는 상측 폐쇄부; 및
상기 하우징의 하측에 결합되는 하측 폐쇄부; 를 더 포함하고,
상기 상측 폐쇄부 및 상기 하측 폐쇄부는 상기 캐비티를 외부로부터 격리시키는 원자 주파수 표준기용 공진기.
- [청구항 10] 제 9 항에 있어서,

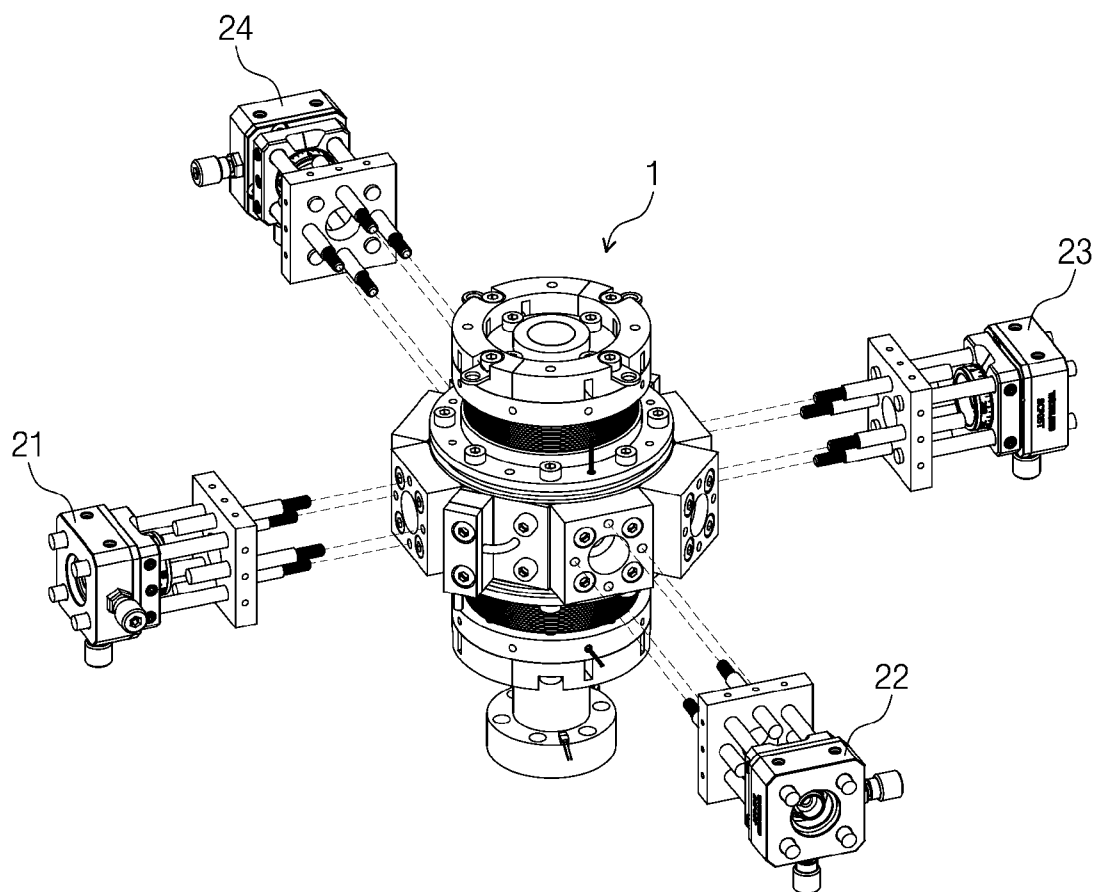
상측코일 및 하측코일을 더 포함하며,
 상기 상측코일은 상기 상측 폐쇄부에 결합되고,
 상기 하측코일은 상기 하측 폐쇄부에 결합되는 원자 주파수 표준기용
 공진기.

- [청구항 11] 제 6 항에 있어서,
 상기 하우징은 상기 4개의 레이저 연장공의 각각으로 통하는 4개의
 레이저 윈도우를 포함하는 원자 주파수 표준기용 공진기.
- [청구항 12] 제 9 항에 있어서,
 상기 상측 폐쇄부는 제5 레이저 관통공을 포함하고,
 상기 하측 폐쇄부는 제6 레이저 관통공을 포함하는 원자 주파수 표준기용
 공진기.
- [청구항 13] 공진기;
 상기 공진기 내부의 캐비티와 연통되는 내부공간을 갖는 형광측정부; 및
 상기 캐비티 내 압력을 조절하는 진공펌프; 를 포함하며,
 상기 공진기는:
 상기 캐비티를 둘러싸는 전극부; 및
 상기 전극부를 감싸는 하우징을 포함하고,
 상기 전극부는 상기 캐비티로 통하는 레이저 연장공을 포함하는 원자
 주파수 표준기용 물리부.
- [청구항 14] 제 13 항에 있어서,
 상기 형광측정부는 상기 공진기의 하측에 결합되는 원자 주파수
 표준기용 물리부.
- [청구항 15] 제 14 항에 있어서,
 상기 공진기에 레이저를 조사하는 레이저 방출기를 더 포함하며,
 상기 레이저 방출기는 6개가 제공되는 원자 주파수 표준기용 물리부.
- [청구항 16] 제 14 항에 있어서,
 상기 형광측정부는 형광측정 윈도우를 포함하는 원자 주파수 표준기용
 물리부.

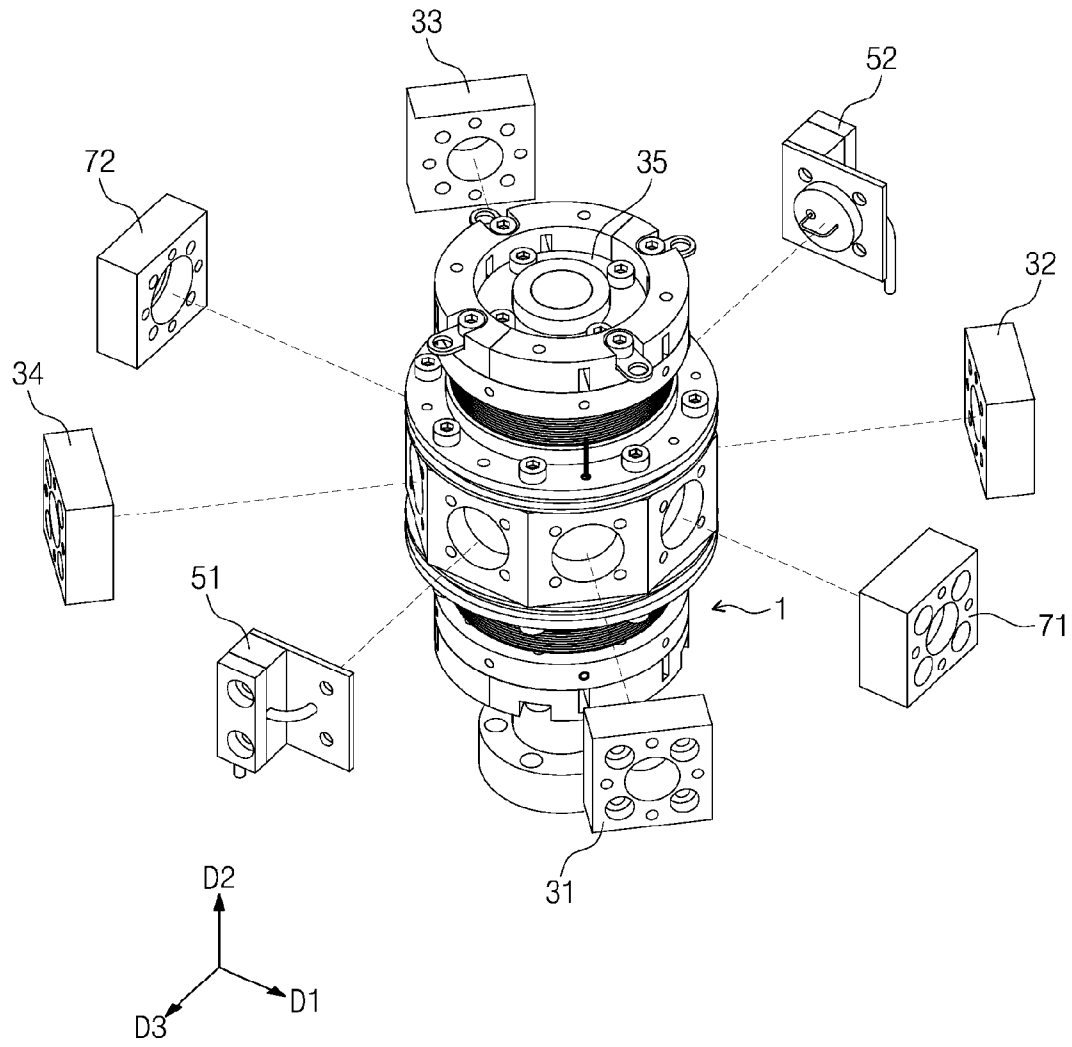
[도1]



[도2]

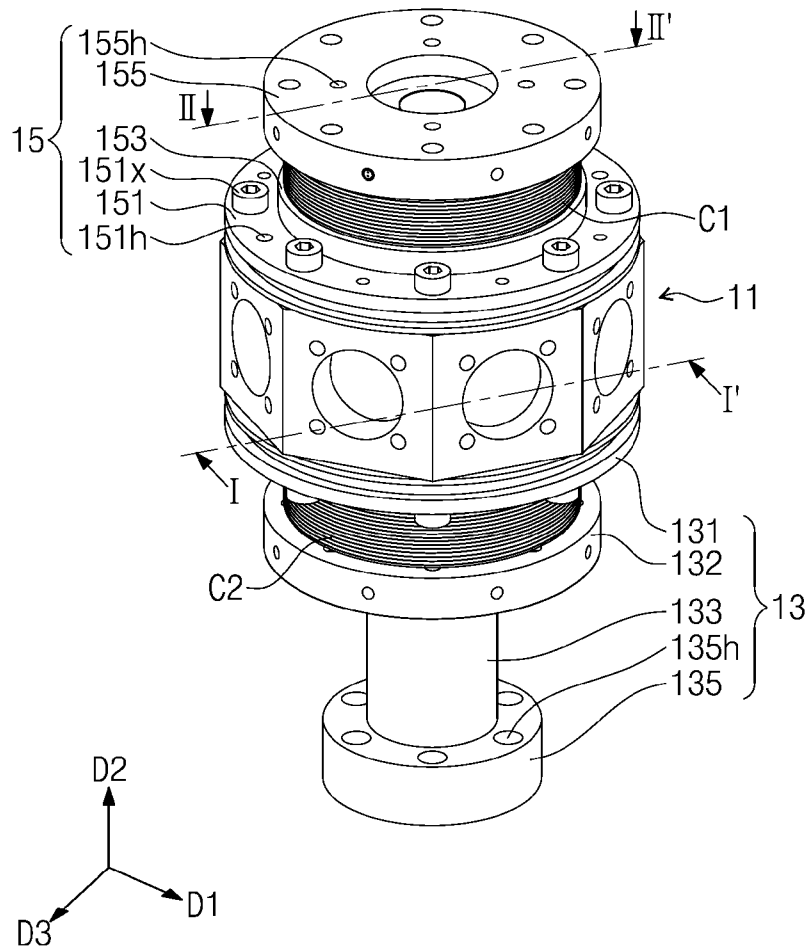


[도3]



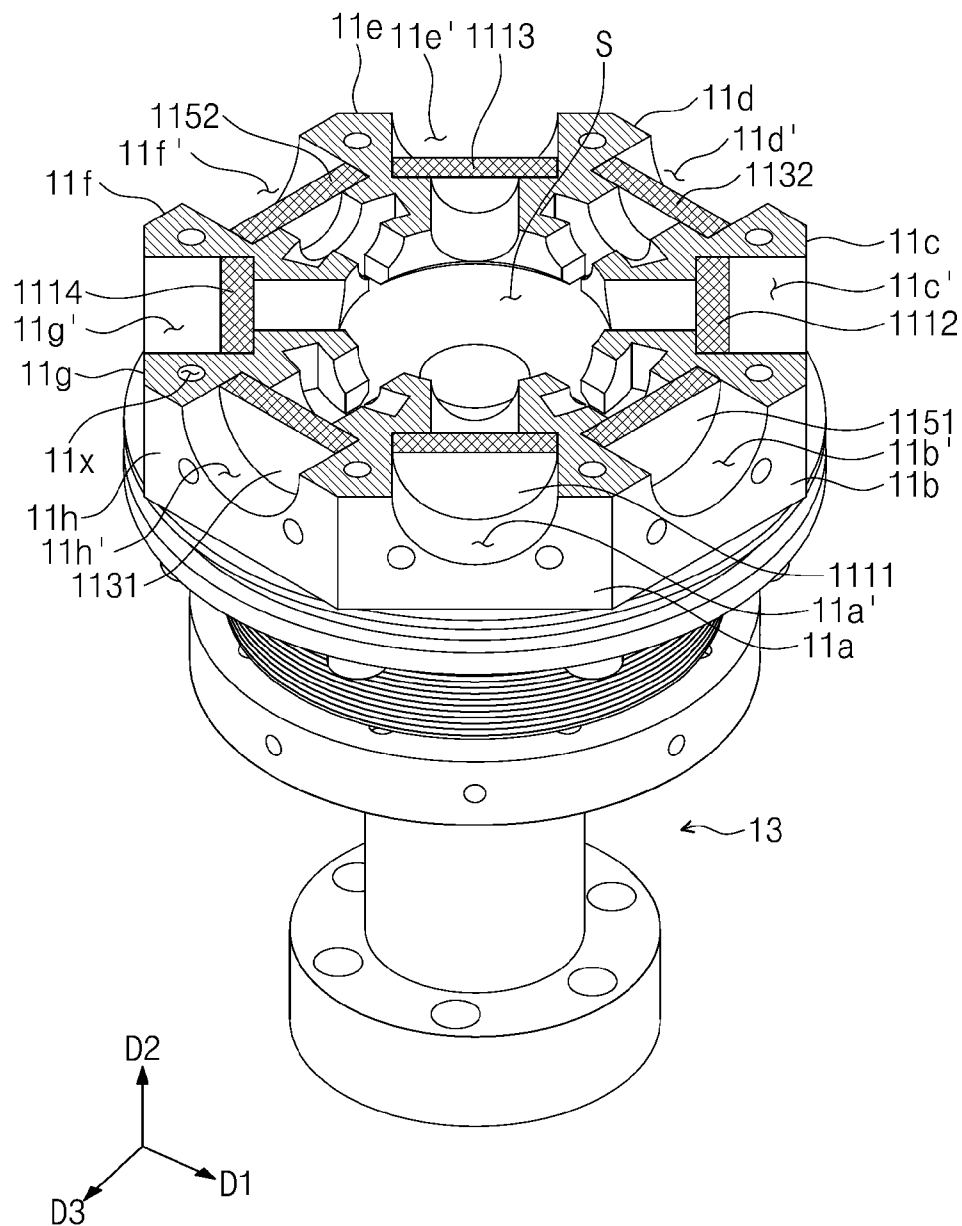
[도4]

1



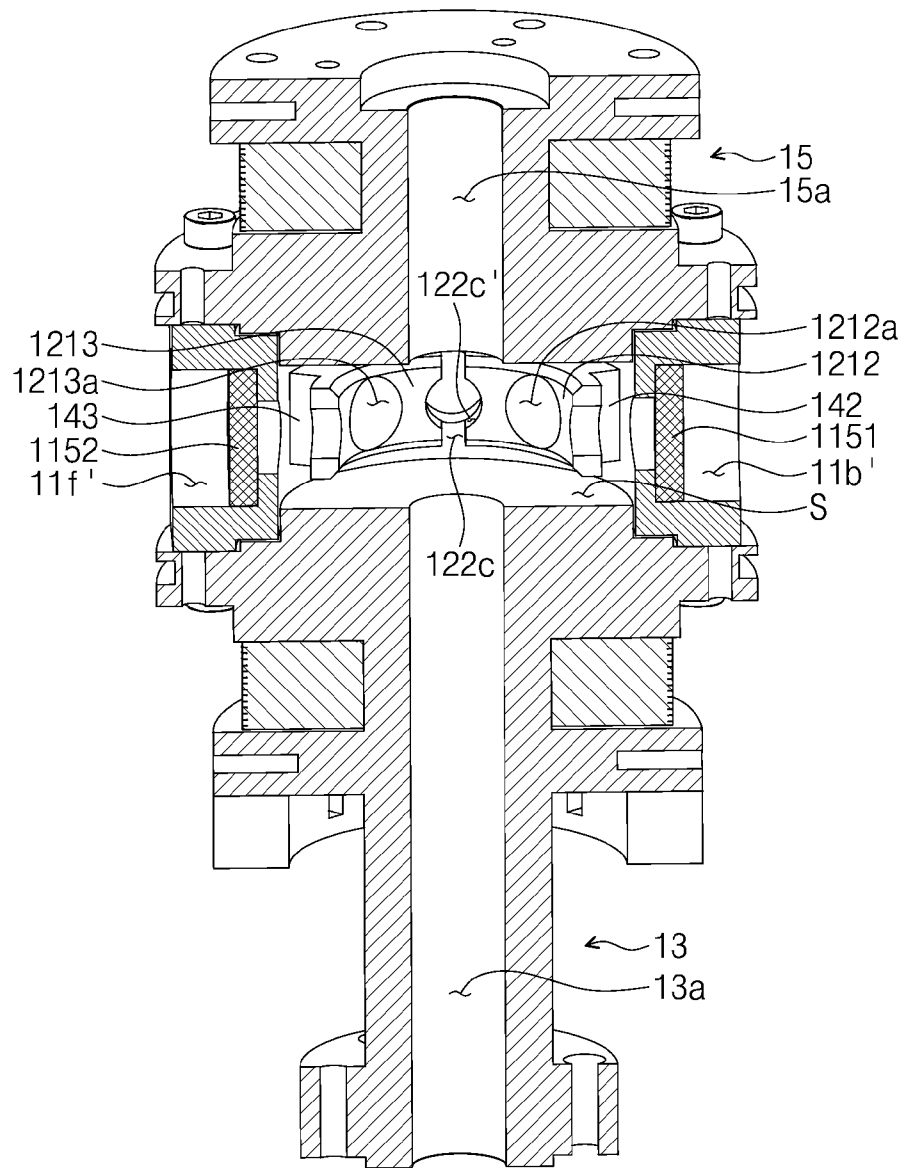
[도5]

I-I'

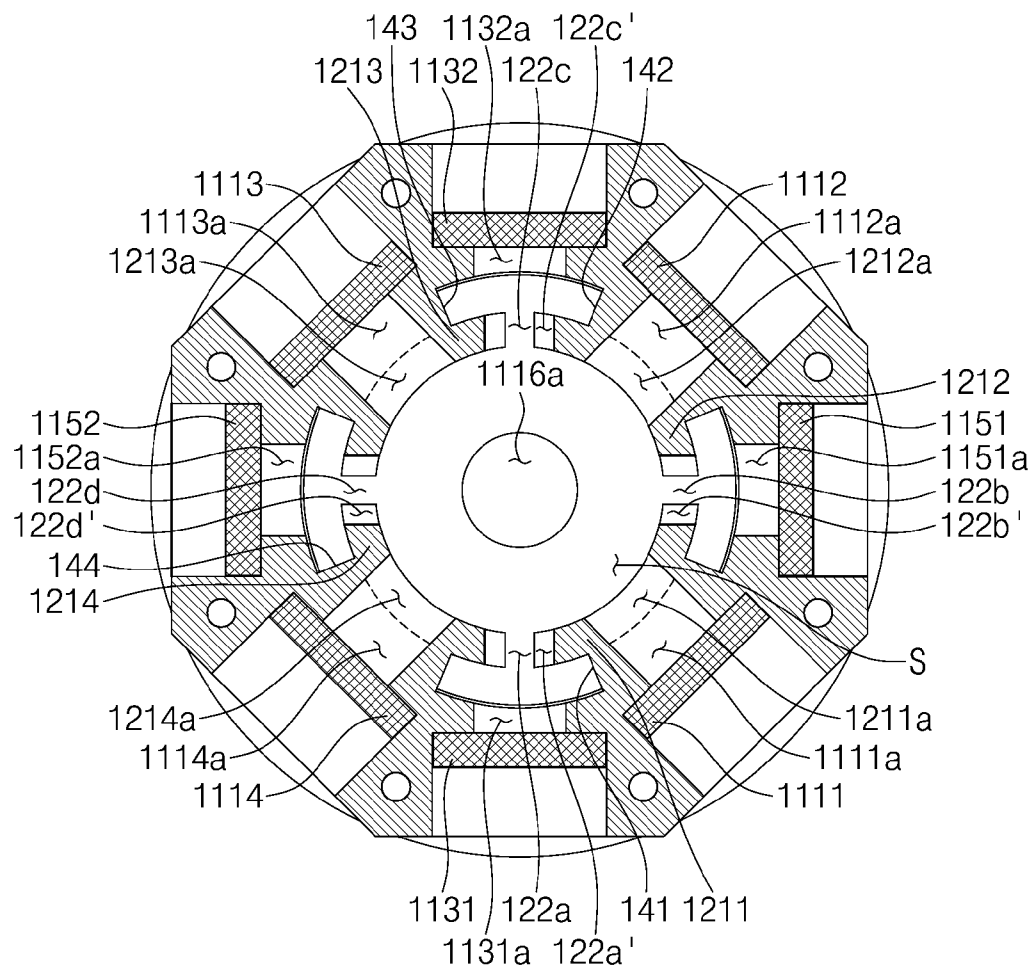


[도6]

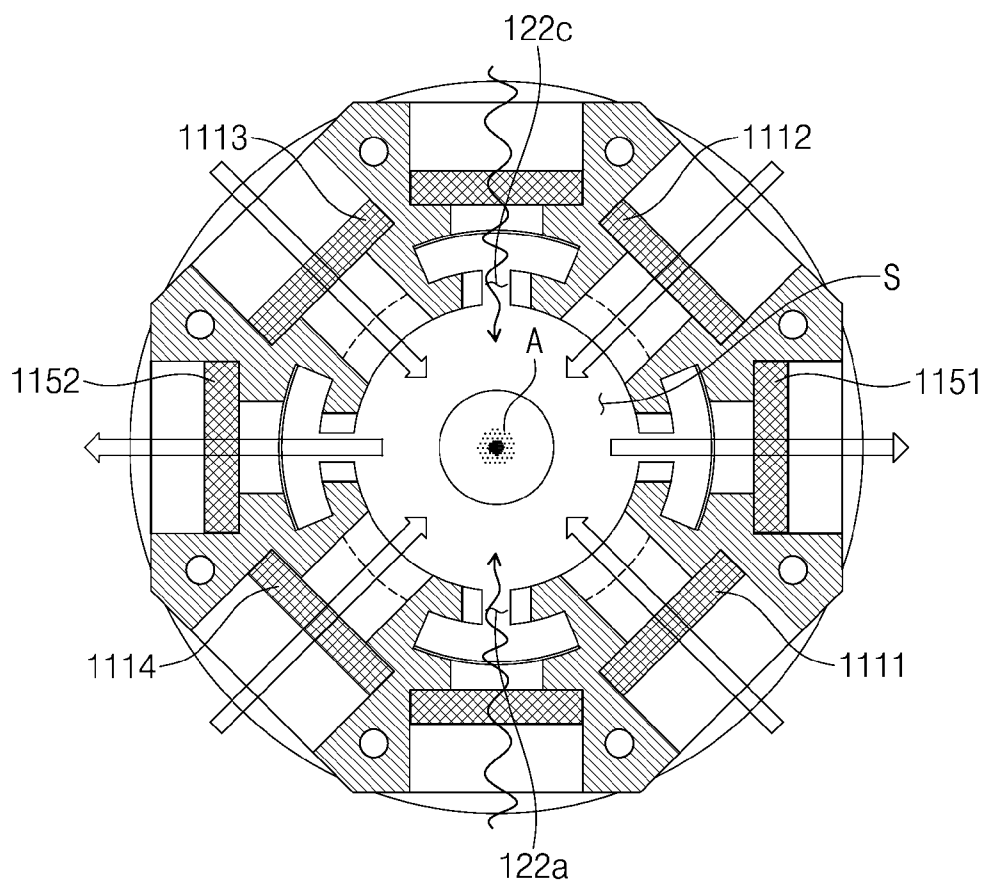
II-II'



[57]



[도8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2019/011069

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01P 7/04(2006.01)i, H01P 1/207(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01P 7/04; H01P 7/06; H01S 1/06; H01S 3/03; H01S 3/137; H01P 1/207

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above

Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: cavity, electrode, laser, resonator, atom, fluorescence, vacuum pump

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	IVANOV, Anton E. Design of atomic clock cavity based on a loop-gap geometry and modified boundary conditions. Vol. 9, Issue. 7, pages 1373-1386, 27 June 2017, [retrieved on 20 November 2019]. Retrieved from the Internet <URL: https://doi.org/10.1017/S1759078717000691 >. See sections 3-6; and figures 2, 8-10, 16(b)-20.	1-16
Y	STIBOR, A. Single-atom detection on a chip: from realization to application. In: New Journal of Physics. Vol. 12, 28 June 2010, [retrieved on 20 November 2019]. Retrieved from the Internet <URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/12/6/065034 >. See pages 3-12, 22; and figures 1-4.	1-16
Y	허윤정 등. 우주용 원자 주파수 표준기 기술 동향. In: 항공우주산업기술동향, vol. 7, no. 1, pages 119-127, 2009 (HEO, Yun-Jeong et al. Technical Trends of Atomic Frequency Standard in Space. In: Current Industrial and Technological Trends in Aerospace). [retrieved on 20 November 2019]. Retrieved from the Internet <URL: http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE01232513 >. See page 122; and figure 4.	2,15
A	JP 3910978 B2 (ANRITSU CORP.) 25 April 2007 See paragraphs [0010]-[0027]; and figure 1.	1-16
A	KR 10-2016-0111350 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 26 September 2016 See paragraphs [0044]-[0058]; and figure 4.	1-16



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

06 DECEMBER 2019 (06.12.2019)

Date of mailing of the international search report

06 DECEMBER 2019 (06.12.2019)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsu-ro, Seo-gu,
Daejeon, 35208, Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2019/011069

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 3910978 B2	25/04/2007	JP 2006-033373 A	02/02/2006
KR 10-2016-0111350 A	26/09/2016	CN 102394646 A	28/03/2012
		CN 102394646 B	18/05/2016
		CN 105933002 A	07/09/2016
		CN 105933002 B	27/11/2018
		EP 2407834 A1	18/01/2012
		EP 2407834 B1	13/08/2014
		JP 2012-023179 A	02/02/2012
		JP 5699467 B2	08/04/2015
		KR 10-1336453 B1	04/12/2013
		KR 10-1658264 B1	20/09/2016
		KR 10-2012-0007442 A	20/01/2012
		KR 10-2012-0126035 A	20/11/2012
		US 2012-0013411 A1	19/01/2012
		US 2013-0265113 A1	10/10/2013
		US 8476983 B2	02/07/2013
		US 9054638 B2	09/06/2015

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H01P 7/04(2006.01)i, H01P 1/207(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H01P 7/04; H01P 7/06; H01S 1/06; H01S 3/03; H01S 3/137; H01P 1/207

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 캐비티(cavity), 전극(electrode), 레이저(laser), 공진기(resonator), 원자(atom), 형광(fluorescence), 진공 펌프(vacuum pump)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	ANTON E. IVANOV, `Design of atomic clock cavity based on a loop-gap geometry and modified boundary conditions`, Vol. 9, Issue. 7, pp. 1373-1386, 2017.06.27, [입수일 2019.11.20], 인터넷에서 입수: <URL: https://doi.org/10.1017/S1759078717000691> 섹션 3-6; 및 도면 2, 8-10, 16(b)-20 참조.	1-16
Y	A Stibor., `Single-atom detection on a chip: from realization to application`, In: New Journal of Physics, Vol. 12, 2010.06.28, [입수일 2019.11.20], 인터넷에서 입수: <URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/12/6/065034> 페이지 3-12, 22; 및 도면 1-4 참조.	1-16
Y	허윤정 등, `우주용 원자 주파수 표준기 기술 동향`, In: 항공우주산업기술동향 7권, 1호, pp. 119-127, 2009, [입수일 2019.11.20], 인터넷에서 입수: <URL: http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE01232513> 페이지 122; 및 도면 4 참조.	2, 15
A	JP 3910978 B2 (ANRITSU CORP.) 2007.04.25 단락 [0010]-[0027]; 및 도면 1 참조.	1-16
A	KR 10-2016-0111350 A (세이코 엡슨 가부시카가이샤) 2016.09.26 단락 [0044]-[0058]; 및 도면 4 참조.	1-16

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가진 국제출원일 이후 “X”에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일

2019년 12월 06일 (06.12.2019)

국제조사보고서 발송일

2019년 12월 06일 (06.12.2019)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

방승훈

전화번호 +82-42-481-5560



국제조사보고서에서
인용된 특허문헌

공개일

대응특허문헌

공개일

JP 3910978 B2

2007/04/25

JP 2006-033373 A

2006/02/02

KR 10-2016-0111350 A

2016/09/26

CN 102394646 A

2012/03/28

CN 102394646 B

2016/05/18

CN 105933002 A

2016/09/07

CN 105933002 B

2018/11/27

EP 2407834 A1

2012/01/18

EP 2407834 B1

2014/08/13

JP 2012-023179 A

2012/02/02

JP 5699467 B2

2015/04/08

KR 10-1336453 B1

2013/12/04

KR 10-1658264 B1

2016/09/20

KR 10-2012-0007442 A

2012/01/20

KR 10-2012-0126035 A

2012/11/20

US 2012-0013411 A1

2012/01/19

US 2013-0265113 A1

2013/10/10

US 8476983 B2

2013/07/02

US 9054638 B2

2015/06/09