

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일

2024 년 5 월 10 일 (10.05.2024)



(10) 국제공개번호

WO 2024/096366 A1

(51) 국제특허분류:

G01J 3/28 (2006.01)

G01J 3/443 (2006.01)

G01J 3/45 (2006.01)

G01J 3/457 (2006.01)

G01J 3/02 (2006.01)

G01J 1/44 (2006.01)

(72) 발명자: 이재웅 (LEE, Jae Ung); 16497 경기도 수원시 팔달구 아주로 17 101동 608호, Gyeonggi-do (KR).
임승재 (LIM, Seung Jae); 18385 경기도 화성시 동탄지성로 294 118동 106호, Gyeonggi-do (KR).

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2023/015679

(22) 국제출원일:

2023 년 10 월 12 일 (12.10.2023)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2022-0143426 2022 년 11 월 1 일 (01.11.2022) KR

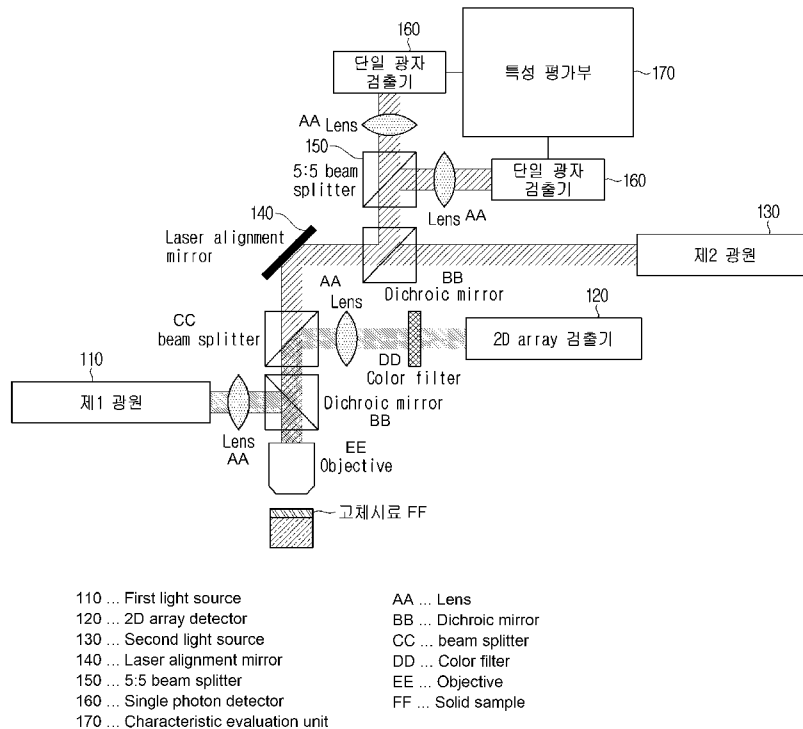
(71) 출원인: 아주대학교산학협력단 (AJOU UNIVERSITY INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION) [KR/KR]; 16499 경기도 수원시 영통구 월드컵로 206, Gyeonggi-do (KR).

(74) 대리인: 성병기 (SUNG, Byung Kee); 06651 서울특별시 서초구 사임당로 32 12층 마루특허법률사무소, 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR EVALUATING CHARACTERISTICS OF SOLID-BASED QUANTUM LIGHT SOURCE IN COMBINATION WITH LARGE-AREA SPECTRAL IMAGING

(54) 발명의 명칭: 대면적 분광 이미징이 결합된 고체 기반 양자 광원 특성 평가 방법 및 장치



(57) Abstract: An apparatus for evaluating characteristics of a solid-based quantum light source, according to the present disclosure, includes: an image obtainment unit that obtains a photoluminescence image of a solid sample by radiation from a first light source to a solid sample; a control unit that identifies, on the basis of the obtained photoluminescence image, the location of a quantum light source in the solid sample, and allows radiation, to the location of the quantum light source, from a second light source for evaluation of characteristics; and a characteristic evaluation unit that evaluates characteristics of the quantum light source by using the correlation between optical signals over time, the optical signals being split into two paths after having been emitted from the location of the

[다음 쪽 계속]



SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의
역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, CV, GH, GM,
KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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,
ME, 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))

quantum light source by the second light source.

(57) 요약서: 본 개시의 따른 고체 기반 양자 광원 특성 평가 장치는, 고체 시료에 제1 광원을 조사하여, 상기 고체 시료에
대한 광발광 이미지(Photoluminescence image)를 획득하는 이미지 획득부; 상기 획득된 광발광 이미지에 기초하여 상기
고체 시료에서 양자 광원의 위치를 확인하고, 상기 양자 광원의 위치로 특성을 평가하기 위한 제2 광원을 조사하는
제어부; 및 상기 제2 광원에 의하여 상기 양자 광원의 위치로부터 방출되어, 두 경로로 분할되는 광 신호 사이의 시간에
따른 상관 관계를 이용하여 상기 양자 광원의 특성을 평가하는 특성 평가부를 포함한다.

명세서

발명의 명칭: 대면적 분광 이미징이 결합된 고체 기반 양자 광원 특성 평가 방법 및 장치

기술분야

- [1] 본 개시는 고체 기반 양자 광원 특성 평가 방법 및 장치에 관한 것이며, 보다 구체적으로 양자 광원 위치를 자동으로 확인하여, 정확한 위치에서 양자 광원 특성을 평가할 수 있는 고체 기반 양자 광원 특성 평가 방법 및 장치에 대한 것이다.

배경기술

- [2] 고체 물질 기반의 양자 시스템은 소자화 및 소형화가 가능하여 집적 가능한 형태의 양자 광원 시스템으로 새롭게 각광을 받아 활발히 연구가 되고 있다. 이러한 고체 기반의 양자 광원의 경우 대부분 고체의 점 결함 또는 국소적인 원자구조의 변화로 인하여 생성된다. 따라서, 시료의 넓은 영역에서 수에서 수십 nm 정도의 작은 점의 형태로 랜덤한 위치에서 양자 광원이 발견되는 것이 일반적이다.
- [3] 이러한 시스템에서의 양자 광원 특성 평가를 위해서는 고체 시료에서 양자 광원의 위치를 정확하게 찾고 그 위치로 정확하게 되돌아가 특성 평가를 수행하는 것이 매우 중요하다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [4] 본 개시의 기술적 과제는, 양자 광원 위치를 자동으로 확인하여, 정확한 위치에서 양자 광원 특성을 평가할 수 있는 고체 기반 양자 광원 특성 평가 방법 및 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.
- [5] 본 개시에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [6] 본 개시의 일 양상에 따르면, 고체 기반 양자 광원 특성 평가 장치가 제공된다. 상기 고체 기반 양자 광원 특성 평가 장치는, 고체 시료에 제1 광원을 조사하여, 상기 고체 시료에 대한 광발광 이미지(photoluminescence image)를 획득하는 이미지 획득부; 상기 획득된 광발광 이미지에 기초하여 상기 고체 시료에서 양자 광원의 위치를 확인하고, 상기 양자 광원의 위치로 특성을 평가하기 위한 제2 광원을 조사하는 제어부; 및 상기 제2 광원에 의하여 상기 양자 광원의 위치로부터 방출되어, 두 경로로 분할되는 광 신호 사이의 시간에 따른 상관 관계를 이용하여 상기 양자 광원의 특성을 평가하는 특성 평가부를 포함한다.

- [7] 본 개시의 다른 실시예에 따르면, 상기 특성 평가부는, 시간 상관 단일 광자 계수장치(Time Correlated Single Photon Counter)를 이용하여 상기 양자 광원의 특성을 평가할 수 있다.
- [8] 본 개시의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 특성 평가부는, 상기 광 신호 사이의 시간차가 0일 때 이차 상관 함수 값이 미리 설정된 일정 값 이하인 경우 상기 양자 광원의 특성을 가지는 것으로 평가할 수 있다.
- [9] 본 개시의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 제어부는, 정렬 거울(alignment mirror), 핀홀(pin-hole)과 상기 고체 시료가 위치한 시료 스테이지 중 적어도 하나를 제어하여 상기 제2 광원을 상기 양자 광원의 위치로 조사할 수 있다.
- [10] 본 개시의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 제어부는, 상기 광발광 이미지를 분석하여 발광이 발생하는 지점을 상기 양자 광원의 위치로 확인하고, 상기 확인된 양자 광원의 위치로 상기 제2 광원을 조사할 수 있다.
- [11] 본 개시의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 제어부는, 실시간으로 획득되는 상기 광발광 이미지에 기초하여 상기 양자 광원의 위치를 실시간으로 확인하고, 상기 확인된 양자 광원의 위치로 상기 제2 광원을 조사할 수 있다.
- [12] 본 개시의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 제어부는, 상기 양자 광원의 위치가 복수인 경우, 상기 양자 광원의 위치 각각으로 상기 제2 광원을 조사하고, 상기 특성 평가부는, 상기 양자 광원의 위치 각각에 대하여 상기 양자 광원의 특성을 평가하여, 상기 양자 광원의 위치 각각에 대하여 평가된 상기 양자 광원의 특성을 제공할 수 있다.
- [13] 본 개시의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 특성 평가부는, HBT(Hanbury Brown Twiss) 간섭계를 이용하여 상기 양자 광원의 특성을 평가할 수 있다.
- [14] 본 개시의 다른 양상에 따르면, 광학 시스템이 제공된다. 상기 광학 시스템은, 고체 시료에 제1 광원을 조사하여, 상기 고체 시료에 대한 광발광 이미지(Photoluminescence image)를 획득하는 이미징 장치; 제2 광원에 의하여 상기 고체 시료로부터 방출되는 광 신호를 두 경로로 분할하는 빔 분할기; 및 상기 획득된 광발광 이미지에 기초하여 상기 고체 시료에서 양자 광원의 위치를 확인하고, 상기 양자 광원의 위치로 상기 제2 광원을 조사하도록 제어하며, 상기 빔 분할기로부터 상기 두 경로로 출력되는 광 신호 사이의 시간에 따른 상관 관계를 이용하여 상기 양자 광원의 특성을 평가하는 특성 평가 장치를 포함한다.
- [15] 본 개시의 다른 실시예에 따르면, 상기 특성 평가 장치는, 상기 두 경로 각각에 단일 광자 검출기를 구비하고, 상기 단일 광자 검출기 각각에 의해 검출되는 광 신호 사이의 시간에 따른 상관 관계를 이용하여 상기 양자 광원의 특성을 평가할 수 있다.
- [16] 본 개시의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 특성 평가 장치는, 상기 광 신호 사이의 시간차가 0일 때 이차 상관 함수 값이 미리 설정된 일정 값 이하인 경우 상기 양자 광원의 특성을 가지는 것으로 평가할 수 있다.

- [17] 본 개시의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 특성 평가 장치는, 상기 이미징 장치에 의해 실시간으로 획득되는 상기 광발광 이미지를 분석하여 발광이 발생하는 지점을 상기 양자 광원의 위치로 실시간 확인하고, 상기 확인된 양자 광원의 위치로 상기 제2 광원을 조사할 수 있다.
- [18] 본 개시의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 특성 평가 장치는, HBT(Hanbury Brown Twiss) 간섭계를 포함할 수 있다.
- [19] 본 개시의 또 다른 양상에 따르면, 고체 기반 양자 광원 특성 평가 방법이 제공된다. 상기 고체 기반 양자 광원 특성 평가 방법은, 고체 시료에 제1 광원을 조사하여, 상기 고체 시료에 대한 광발광 이미지(Photoluminescence image)를 획득하는 단계; 상기 획득된 광발광 이미지에 기초하여 상기 고체 시료에서 양자 광원의 위치를 확인하고, 상기 양자 광원의 위치로 특성을 평가하기 위한 제2 광원을 조사하는 단계; 및 상기 제2 광원에 의하여 상기 양자 광원의 위치로부터 방출되어, 두 경로로 분할되는 광 신호 사이의 시간에 따른 상관 관계를 이용하여 상기 양자 광원의 특성을 평가하는 단계를 포함한다.
- [20] 본 개시의 다른 실시예에 따르면, 상기 특성을 평가하는 단계는, 상기 광 신호 사이의 시간차가 0일 때 이차 상관 함수 값이 미리 설정된 일정 값 이하인 경우 상기 양자 광원의 특성을 가지는 것으로 평가할 수 있다.
- [21] 본 개시의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 제2 광원을 조사하는 단계는, 정렬 거울(alignment mirror), 핀홀(pin-hole)과 상기 고체 시료가 위치한 시료 스테이지 중 적어도 하나를 제어하여 상기 제2 광원을 상기 양자 광원의 위치로 조사할 수 있다.
- [22] 본 개시의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 제2 광원을 조사하는 단계는, 상기 광발광 이미지를 분석하여 발광이 발생하는 지점을 상기 양자 광원의 위치로 확인하고, 상기 확인된 양자 광원의 위치로 상기 제2 광원을 조사할 수 있다.
- [23] 본 개시의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 제2 광원을 조사하는 단계는, 상기 양자 광원의 위치가 복수인 경우, 상기 양자 광원의 위치 각각으로 상기 제2 광원을 조사하고, 상기 특성을 평가하는 단계는, 상기 양자 광원의 위치 각각에 대하여 상기 양자 광원의 특성을 평가하여, 상기 양자 광원의 위치 각각에 대하여 평가된 상기 양자 광원의 특성을 제공할 수 있다.
- [24] 본 개시의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 특성을 평가하는 단계는, HBT(Hanbury Brown Twiss) 간섭계를 이용하여 상기 양자 광원의 특성을 평가할 수 있다.
- [25] 본 개시에 대하여 위에서 간략하게 요약된 특징들은 후술하는 본 개시의 상세한 설명의 예시적인 양상일 뿐이며, 본 개시의 범위를 제한하는 것은 아니다.

발명의 효과

- [26] 본 개시에 따르면, 양자 광원 위치를 자동으로 확인하여, 정확한 위치에서 양자 광원 특성을 평가할 수 있는 고체 기반 양자 광원 특성 평가 방법 및 장치를 제공할 수 있다.
- [27] 본 개시에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [28] 도 1은 본 개시의 일 실시예에 따른 광학 시스템에 대한 구성을 나타낸 것이다.
- [29] 도 2는 광발광 이미지에 대한 일 예시도를 나타낸 것이다.
- [30] 도 3은 양자 광원의 특성을 평가하는 방식을 설명하기 위한 일 예시도를 나타낸 것이다.
- [31] 도 4는 본 개시의 다른 실시예에 따른 고체 기반 양자 광원 특성 평가 장치에 대한 구성을 나타낸 것이다.
- [32] 도 5는 본 개시의 또 다른 실시예에 따른 고체 기반 양자 광원 특성 평가 방법에 대한 동작 흐름도를 나타낸 것이다.
- [33] 도 6은 본 개시의 다른 실시예에 따른 고체 기반 양자 광원 특성 평가 장치가 적용되는 디바이스의 구성도를 나타낸 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [34] 이하에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 개시의 실시예에 대하여 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나, 본 개시는 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.
- [35] 본 개시의 실시예를 설명함에 있어서 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 개시의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그에 대한 상세한 설명은 생략한다. 그리고, 도면에서 본 개시에 대한 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [36] 본 개시에 있어서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소와 "연결", "결합" 또는 "접속"되어 있다고 할 때, 이는 직접적인 연결 관계 뿐만 아니라, 그 중간에 또 다른 구성요소가 존재하는 간접적인 연결관계도 포함할 수 있다. 또한 어떤 구성요소가 다른 구성요소를 "포함한다" 또는 "가진다"고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 배제하는 것이 아니라 또 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [37] 본 개시에 있어서, 제1, 제2 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용되며, 특별히 언급되지 않는 한 구성요소들 간의 순서 또는 중요도 등을 한정하지 않는다. 따라서, 본 개시의 범위 내에서 일 실시예에서의 제1 구성요소는 다른 실시예에서 제2 구성요소라고 칭할 수도 있고, 마찬

가지로 일 실시예에서의 제2 구성요소를 다른 실시예에서 제1 구성요소라고 칭할 수도 있다.

[38] 본 개시에 있어서, 서로 구별되는 구성요소들은 각각의 특징을 명확하게 설명하기 위함이며, 구성요소들이 반드시 분리되는 것을 의미하지는 않는다. 즉, 복수의 구성요소가 통합되어 하나의 하드웨어 또는 소프트웨어 단위로 이루어질 수도 있고, 하나의 구성요소가 분산되어 복수의 하드웨어 또는 소프트웨어 단위로 이루어질 수도 있다. 따라서, 별도로 언급하지 않더라도 이와 같이 통합된 또는 분산된 실시예도 본 개시의 범위에 포함된다.

[39] 본 개시에 있어서, 다양한 실시예에서 설명하는 구성요소들이 반드시 필수적인 구성요소들을 의미하는 것은 아니며, 일부는 선택적인 구성요소일 수 있다. 따라서, 일 실시예에서 설명하는 구성요소들의 부분집합으로 구성되는 실시예도 본 개시의 범위에 포함된다. 또한, 다양한 실시예에서 설명하는 구성요소들에 추가적으로 다른 구성요소를 포함하는 실시예도 본 개시의 범위에 포함된다.

[40] 본 개시에 있어서, 본 명세서에 사용되는 위치 관계의 표현, 예컨대 상부, 하부, 좌측, 우측 등은 설명의 편의를 위해 기재된 것이고, 본 명세서에 도시된 도면을 역으로 보는 경우에는, 명세서에 기재된 위치 관계는 반대로 해석될 수도 있다.

[41] 본 개시에 있어서, "A 또는 B", "A 및 B 중 적어도 하나", "A 또는 B 중 적어도 하나", "A, B 또는 C", "A, B 및 C 중 적어도 하나", 및 "A, B, 또는 C 중 적어도 하나"와 같은 문구들 각각은 그 문구들 중 해당하는 문구에 함께 나열된 항목들 중 어느 하나, 또는 그들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다.

[42]

[43] 기존에 양자 광원의 위치를 찾기 위하여 공초점 방식의 현미경을 이용한다. 시료 상의 한 점에서 분광 스펙트럼을 얻은 후에 시료 또는 레이저 광원의 위치를 이동하여 다시 스펙트럼을 얻는 것을 반복하고 이차원 형태의 분광 이미지를 얻는 스캐닝 방식의 이미징을 활용한다. 이렇게 일정 영역에 대해 랜덤하게 이미지를 얻은 후에, 양자 광원의 위치를 파악하고 피에조 스테이지와 같이 수백 나노미터 이하의 정확도로 정밀하게 원래의 위치로 돌아갈 수 있는 스테이지를 활용하여 양자 광원이 있는 곳으로 이동한 후 Hanbury-Brown-Twiss 간섭계(HBT 간섭계)를 이용하여 양자 광원을 측정하는 것이 일반적이다. 하지만 이 방식의 경우 각 점에서의 측정을 반복해야 하므로 높은 해상도로 넓은 영역에서 양자 광원의 위치 파악이 필요할수록 측정에 필요한 시간이 기하급수적으로 늘어나게 된다. 또한 양자 광원의 경우 깜빡임 등의 현상이 빈번하게 발생하기 때문에 측정 시간을 짧게 가져갈 경우에 일시적으로 꺼진 상태의 양자 광원은 측정하지 못하는 문제가 발생한다. 뿐만 아니라 양자 광원의 위치를 파악한 이후에도 스테이지 및 시스템의 정밀도에 따라 원래의 위치로 정확하게 돌아가는 것이 쉽지 않다.

[44]

- [45] 본 개시의 실시예들은, 고체 시료에 대한 광발광 이미지(photoluminescence image)를 통해 양자 광원의 위치를 실시간으로 확인하고, 양자 광원의 위치에서 양자 광원의 특성을 평가하는 것을 그 요지로 한다.
- [46] 여기서, 본 개시의 실시예들은, HBT(Hanbury Brown Twiss) 간섭계를 이용하여 양자 광원의 위치에서 양자 광원의 특성을 평가할 수 있으며, 실시예에 따라, 시간 상관 단일 광자 계수장치(TCSPC; Time Correlated Single Photon Counter)를 이용하여 양자 광원의 특성을 평가할 수 있다.
- [47]
- [48] 도 1은 본 개시의 일 실시예에 따른 광학 시스템에 대한 구성을 나타낸 것이다.
- [49] 도 1을 참조하면, 본 개시의 광학 시스템은, 이미징 장치와 특성 평가 장치를 포함한다.
- [50] 이미징 장치는, 제1 광원(110), 다이크로익 거울(Dichroic mirror), 빔 분할기, 컬러 필터와 2D array 검출기(120)를 포함할 수 있으며, 특성 평가 장치는, 제2 광원(130), 레이저 정렬 거울(laser alignment mirror)(140), 다이크로익 거울(Dichroic mirror), 5:5 빔 분할기(150), 2개의 단일 광자 검출기(single photon detector)(160)와 특성 평가부(170)를 포함할 수 있다.
- [51] 다이크로익 거울은, 굴절률이 다른 물질의 많은 박층으로 이루어지는 반사경으로, 어떤 색 또는 파장의 빛을 반사하고, 다른 색의 빛을 모두 투과하는 성질을 가지고 있다.
- [52] 컬러 필터는, 고체 시료로부터 방출되는 광 신호에서 원하는 파장하는 영역만을 2D array 검출기로 통과시킬 수 있다.
- [53] 빔 분할기(beam splitter)는 고체 시료로부터 방출되는 광 신호의 일부를 반사하고, 나머지를 투과하는 반사경 또는 기타의 광학 장치를 의미하는 것으로, 간섭계 등에서 사용될 수 있다.
- [54] 이러한, 컬러 필터, 다이크로익 거울, 빔 분할기는, 이 기술 분야에 종사하는 당업자에게 있어서 자명하기에 그 상세한 설명과 동작은 생략한다.
- [55] 이미징 장치는, 광발광 이미지를 획득하기 위한 제1 광원(110) 즉, 여기 광원을 렌즈와 다이크로익 거울을 통해 시료 스테이지(또는 샘플 스테이지) 상의 고체 시료에 조사하고, 고체 시료로부터 방출되는 광 신호를 컬러 필터를 통해 2D array 검출기(120)에서 검출함으로써, 고체 시료에 대한 광발광 이미지(Photoluminescence image)를 획득한다.
- [56] 여기서, 이미징 장치는, 대면적 분광 이미징 시스템일 수 있으며, 대면적 분광 이미징 시스템의 경우 현미경 대물렌즈(objective lens)의 후방 초점면에 제1 광원(110)을 집광하여 현미경의 FOV(Field of view) 전체에 광원이 고르게 퍼지도록 한다. 이때, 적어도 하나 이상의 광학 필터를 조합하여 여기 광원은 고체 시료로 향하게 하고, 2D array 검출기(120)에 원하는 파장하는 영역만 통과시킬 수 있도록 한 후 CCD, CMOS 등의 2D array 검출기(120)를 이용하여 이미지 형태로 신호

를 검출한다. 즉, 이미징 장치는, 2D array 검출기(120)를 통해 고체 시료에 대한 광발광 이미지를 획득 또는 검출한다.

[57] 본 개시의 실시예에서, 이미징 장치는, 제1 광원(110)을 지속적으로 고체 시료에 조사하고, 다이크로익 거울, 빔 분할기와 컬러 필터 등의 광학 수단을 이용하여 2D array 검출기(120)로 광 신호를 전달함으로써, 2D array 검출기(120)에서도 2에 도시된 바와 같은 광발광(PL) 이미지를 획득 또는 검출할 수 있다.

[58] 특성 평가 장치는, 이미징 장치에 의해 광발광 이미지가 획득되면, 고체 시료의 광발광 이미지를 분석하여 고체 시료에서 양자 광원의 위치를 확인하고, 양자 광원 위치로 제2 광원(예를 들어, 일정 파장의 레이저)(130)을 조사하도록 제어하며, 제2 광원(130)에 의해 고체 시료의 양자 광원 위치로부터 방출되는 광 신호를 두 경로로 분할하여 각각의 단일 광자 검출기(160)를 통해 광 신호를 검출하고, 단일 광자 검출기(160)에 의해 검출된 광 신호 사이의 시간에 따른 상관 관계를 이용하여 해당 양자 광원의 특성을 평가한다.

[59] 이때, 특성 평가 장치는, HBT(Hanbury Brown Twiss) 간섭계를 포함할 수 있으며, 단일 광자 검출기(160) 각각은, 5:5 빔 분할기(150) 또는 1:1 빔 분할기에 의해 5:5(또는 1:1)로 분할된 광 신호를 수신하여 양자 광원 위치로부터 방출된 광 신호를 검출할 수 있다.

[60] 실시예에 따라, 특성 평가 장치는, 광발광 이미지를 분석하여 고체 시료에서 양자 광원의 위치를 확인되면, 확인된 양자 광원의 위치에 제2 광원(130)이 조사되도록, 광원 정렬 거울(140) 예를 들어, laser alignment mirror를 제어함으로써, 제2 광원(130)을 양자 광원의 위치에 조사할 수 있다. 여기서, 특성 평가 장치는, 도 1에서 양자 광원 위치로 제2 광원(130)을 조사하기 위하여 광원 정렬 거울(140)을 제어하는 것으로 설명하였지만, 이에 제한되거나 한정되지 않으며, 광원 정렬 거울 대신 핀홀(pin-hole)을 이용하여 양자 광원 위치로 제2 광원을 조사하도록 제어할 수도 있고, 제2 광원(130)을 일정 위치에 조사되도록 고정된 상태에서 고체 시료가 위치하는 시료 스테이지(또는 샘플 스테이지)의 이동을 제어함으로써, 제2 광원(130)이 양자 광원 위치에 조사되도록 할 수도 있다. 물론, 본 개시의 실시예에 따른 시스템에서, 양자 광원 위치로 제2 광원을 조사하는 방식이 상술한 방식으로 한정되지 않으며, 적용할 수 있는 모든 방식이 이용될 수 있다.

[61] 예를 들어, 특성 평가 장치는, 도 2에 도시된 고체 시료 WSe₂에서 나타나는 양자 광원의 광발광 이미지를 분석하여, 광발광 이미지에서 발광이 발생하는 지점(예를 들어, 210, 220 등)을 양자 광원의 위치로 확인할 수 있다. 특성 평가 장치는, 양자 광원의 위치로 확인된 발광이 발생하는 지점이 양자 광원의 특성을 갖는지 확인하기 위한 것으로, HBT 간섭계를 이용할 수 있다.

[62] 이러한 특성 평가 장치는, 도 1에 도시된 바와 같이, 제2 광원(130), 광원 정렬 거울(140), 다이크로익 거울, 5:5 빔 분할기(150), 두 개의 단일 광자 검출기(160)와 특성 평가부(170)를 포함할 수 있다. 물론, 특성 평가 장치는, 상술한 구성 수단 뿐만 아니라 필요에 따라 추가적인 광학 수단을 더 포함할 수도 있다.

- [63] 특성 평가 장치의 특성 평가부(170)는, 시간 상관 단일 광자 계수장치(TCSPC; Time Correlated Single Photon Counter)를 포함할 수 있으며, 시간 상관 단일 광자 계수장치를 이용하여 단일 광자 검출기(160) 각각에 의해 검출된 광 신호 사이의 시간에 따른 상관 관계 값을 계산하고, 광 신호 사이의 시간에 따른 상관 관계 값에 기초하여 해당 위치의 양자 광원이 양자 광원의 특성을 갖는지 평가할 수 있다. 즉, 도 2의 양자 광원의 위치(예를 들어, 210, 220) 각각에 대하여, 양자 광원 특성을 평가함으로써, 발광이 발생한 지점들 중 양자 광원의 특성을 갖는 지점 또는 위치를 확인할 수도 있고, 양자 광원의 특성이 없는 지점을 확인할 수도 있다.
- [64] 이때, 특성 평가부(170)는, 단일 광자 검출기(160) 각각에 의해 검출된 광 신호 사이의 시간차가 0일 때 이차 상관 함수 값이 미리 설정된 일정 값 예를 들어, 0.5 이하인 경우 해당 위치에서 양자 광원의 특성을 가지는 것으로 평가할 수 있다. 시간 상관 단일 광자 계수장치를 이용하여 단일 광자 검출기(160) 각각에 의해 검출된 광 신호 사이의 시간에 따른 상관 관계를 측정하면, 시간차가 0일 때 이차 상관 함수(Second Order Correlation Function, $g(2)$) 값이 0이 되는 antibunching dip으로 나타나게 되는데, 이차 상관 함수 값이 0.5 이하인 경우 양자 광원의 특성을 갖는다고 말할 수 있다.
- [65] 예를 들어, 도 3에 도시된 광 신호 사이의 시간에 따른 이차 상관 함수(Second Order Correlation Function, $g(2)$) 값을 통해 알 수 있듯이, 광 신호 사이의 시간차(delay time)가 0일 때, 이차 상관 함수 값($g(0)$)이 0.21인 것을 알 수 있으며, 따라서 해당 위치에서 양자 광원의 특성을 가지는 것을 알 수 있다. 물론, 광 신호 사이의 시간차가 0일 때, 이차 상관 함수 값($g(0)$)이 0.5보다 큰 경우에는 해당 위치에서 양자 광원의 특성이 없는 것으로 평가할 수 있다.
- [66] 특성 평가 장치는, 광발광 이미지의 분석을 통해 발광이 발생하는 지점(양자 광원의 위치)이 복수인 경우 양자 광원의 위치 각각에 대하여, 상술한 양자 광원 특성이 존재하는지 여부를 평가할 수 있다.
- [67] 실시예에 따라, 본 개시의 실시예에 따른 광학 시스템은, 제1 광원을 조사하여 고체 시료의 광발광 이미지를 획득하고, 이렇게 획득한 광발광 이미지의 분석으로 통해 양자 광원의 위치를 확인함으로써, 해당 위치로 제2 광원을 자동으로 조사한 후 해당 양자 광원의 위치에서 양자 광원 특성을 평가할 수 있는 것으로, 제2 광원을 조사할 때 제1 광원의 출력을 오프시킬 수도 있고, 온 상태를 유지할 수도 있다. 즉, 제2 광원이 양자 광원 위치로 조사되는 시점에, 제1 광원이 오프될 수도 있고, 온 상태를 유지할 수도 있다.
- [68] 제1 광원과 제2 광원이 고체 시료에 함께 조사되는 경우에는, 광발광 이미지를 실시간으로 획득하고, 이를 실시간으로 분석함으로써, 양자 광원의 위치의 실시간 확인을 통해 제2 광원을 양자 광원 위치로 조사할 수 있으며, 반면 제1 광원을 조사하여 광발광 이미지를 획득한 후 제1 광원을 오프하고 제2 광원을 조사하는 과정을 수행하는 경우에는, 이미 획득된 광발광 이미지만을 이용하여 양자 광원

의 위치를 확인하여 제2 광원을 양자 광원 위치로 조사할 수 있다. 본 개시의 실시예에 따른 광학 시스템은, 상술한 두 가지 방식을 모두 적용 가능하다.

- [69] 실시예에 따라, 특성 평가 장치는, 양자 광원의 위치 각각에 대하여, 양자 광원의 특성이 평가되면, 양자 광원의 위치 각각에 대하여 평가된 양자 광원의 특성 즉, 양자 광원 특성을 갖는지 또는 갖지 않는지에 대한 정보를 제공할 수도 있다. 이때, 제공되는 정보는, 광발광 이미지에 양자 광원 위치 각각에 대하여 양자 광원 특성 유무에 대한 정보를 오버레이하여 제공할 수도 있고, 양자 광원의 위치를 확인할 수 있는 위치 정보와 각 위치에 따른 특성 평가 정보를 제공할 수도 있다. 물론, 정보 제공 방식은, 상술한 방식으로 제한되거나 한정되지 않는다.

[70]

- [71] 이와 같이, 본 개시의 실시예에 따른 광학 시스템은, 대면적 분광 이미징 시스템과 양자 광원 측정 시스템을 결합하고, 대면적 분광 이미징 시스템을 이용하여 양자 광원의 위치를 확인하는데 걸리는 시간을 획기적으로 감소시킬 수 있으며, 그 정확한 위치에서 HBT 간섭계를 이용하여 양자 광원 특성을 평가할 수 있다.

- [72] 이러한 본 개시의 광학 시스템은, 하나의 시스템에서 물성 평가 및 위치 파악을 위한 대면적 분광 이미징 시스템과 양자 특성 측정을 위한 HBT 간섭계 측정이 동시에 가능하며, 이차원 표면 상에서 양자 광원의 위치를 빠르게 파악할 수 있고 시간에 따른 깜빡임 등의 현상도 실시간으로 관측이 가능하여 양자 광원의 위치를 파악하는데 매우 용이하다.

- [73] 고체 기반 양자 광원의 경우 아직까지는 그들의 발광 에너지나 위치를 제어하는 것은 어렵고 이를 위해서는 다양한 경우의 신호를 측정하고 분석하여 이들의 발생 원인을 이해하는 것이 선행되어야 한다. 뿐만 아니라 고체 기반 양자 광원이 실제로 사용될 경우에도 원하는 위치에 정확하게 양자 광원이 생성되었는지 파악하는 것이 매우 중요하다. 따라서, 본 개시의 실시예에 따른 광학 시스템은, 고체 기반 양자 광원 연구 및 실제 응용에 있어 매우 역할을 할 수 있다. 예를 들어, 본 개시의 광학 시스템은, 고체 기반 양자 광원을 제조하고, 제조된 고체 기반 양자 광원에 대한 특성을 실시간으로 평가함으로써, 제조된 고체 시료가 양자 광원의 특성을 얼마만큼 가지고 있는지를 평가할 수 있으며, 이를 통해 양자 광원 특성을 갖는 고체 시료를 제조하는데도 도움을 줄 수 있다.

[74]

- [75] 도 4는 본 개시의 다른 실시예에 따른 고체 기반 양자 광원 특성 평가 장치에 대한 구성을 나타낸 것으로, 도 1의 광학 시스템의 일부를 장치의 개념으로 구현한 것이며, 소프트웨어적인 구성을 나타낸 것이다.

- [76] 도 4를 참조하면, 본 개시의 다른 실시예에 따른 고체 기반 양자 광원 특성 평가 장치(400)는, 이미지 획득부(410), 제어부(420)와 특성 평가부(430)를 포함한다.

- [77] 이미지 획득부(410)는, 고체 시료에 제1 광원을 조사하여, 고체 시료에 대한 광발광 이미지를 획득한다.

- [78] 여기서, 이미지 획득부(410)는, 상술한 이미징 장치에 대한 개념적인 구성 수단으로, 도 1의 2D array 검출기에 의해 획득되는 이미지에 대한 구성 수단일 수 있다.
- [79] 제어부(420)는, 이미지 획득부(410)에 의해 획득된 광발광 이미지에 기초하여 고체 시료에서 양자 광원의 위치를 확인하고, 양자 광원의 위치로 특성을 평가하기 위한 제2 광원의 조사를 제어한다.
- [80] 실시예에 따라, 제어부(420)는, 정렬 거울(alignment mirror), 핀홀(pin-hole)과 고체 시료가 위치한 시료 스테이지 중 적어도 하나를 제어하여 제2 광원을 양자 광원의 위치로 조사하도록 제어할 수 있다.
- [81] 실시예에 따라, 제어부(420)는, 광발광 이미지를 분석하여 발광이 발생하는 지점을 양자 광원의 위치로 확인하고, 확인된 양자 광원의 위치로 제2 광원을 조사할 수 있다.
- [82] 실시예에 따라, 제어부(420)는, 실시간으로 획득되는 광발광 이미지에 기초하여 양자 광원의 위치를 실시간으로 확인하고, 확인된 양자 광원의 위치로 제2 광원을 조사할 수 있다.
- [83] 실시예에 따라, 제어부(420)는, 양자 광원의 위치가 복수인 경우, 양자 광원의 위치 각각으로 제2 광원이 순차적으로 조사되도록 제2 광원의 조사를 제어할 수 있다.
- [84] 특성 평가부(430)는, 제2 광원에 의하여 양자 광원의 위치로부터 방출되어, 두 경로로 분할되는 광 신호 사이의 시간에 따른 상관 관계를 이용하여 양자 광원의 특성을 평가한다.
- [85] 실시예에 따라, 특성 평가부(430)는, 시간 상관 단일 광자 계수장치(Time Correlated Single Photon Counter)를 이용하여 양자 광원의 특성 즉, 양자 광원 특성을 갖는지 갖지 않는지를 평가할 수 있다.
- [86] 실시예에 따라, 특성 평가부(430)는, 광 신호 사이의 시간차가 0일 때 이차 상관 함수 값이 미리 설정된 일정 값 이하인 경우 양자 광원의 특성을 가지는 것으로 평가할 수 있다.
- [87] 실시예에 따라, 특성 평가부(430)는, HBT 간섭계를 이용하여 양자 광원의 특성을 평가할 수 있다.
- [88] 실시예에 따라, 특성 평가부(430)는, 양자 광원의 위치가 복수인 경우, 양자 광원의 위치 각각에 대하여 양자 광원의 특성을 평가하여, 양자 광원의 위치 각각에 대하여 평가된 양자 광원의 특성을 제공할 수 있다.
- [89] 비록, 본 개시의 장치에서 그 설명이 생략되더라도, 본 개시의 다른 실시예에 따른 장치는 도 1 내지 도 3의 시스템에서 설명한 모든 내용을 포함할 수 있으며, 이는 해당 기술 분야에 종사하는 당업자에게 있어서 자명하다.
- [90]
- [91] 도 5는 본 개시의 또 다른 실시예에 따른 고체 기반 양자 광원 특성 평가 방법에 대한 동작 흐름도를 나타낸 것이다.

- [92] 도 5를 참조하면, 본 개시의 또 다른 실시예에 따른 고체 기반 양자 광원 특성 평가 방법은, 고체 시료에 제1 광원을 조사하여, 고체 시료에 대한 광발광 이미지를 획득하고, 획득된 광발광 이미지에 기초하여 고체 시료에서 양자 광원의 위치를 확인한다(S510, S520).
- [93] 여기서, 단계 S520은, 광발광 이미지를 분석하여 발광이 발생하는 지점을 양자 광원의 위치로 확인할 수도 있다.
- [94] 단계 S520에 의해 양자 광원의 위치가 확인되면, 확인된 양자 광원의 위치로 특성을 평가하기 위한 제2 광원을 조사한다(S530).
- [95] 실시예에 따라, 단계 S530은, 정렬 거울, 편광과 고체 시료가 위치한 시료 스테이지 중 적어도 하나를 제어하여 제2 광원을 양자 광원의 위치로 조사할 수 있다.
- [96] 실시예에 따라, 단계 S530은, 양자 광원의 위치가 복수인 경우, 양자 광원의 위치 각각으로 제2 광원을 순차적으로 조사할 수 있다.
- [97] 단계 S530에 의해 양자 광원의 위치로 제2 광원이 조사되면, 조사된 제2 광원에 의하여 양자 광원의 위치로부터 방출되어, 두 경로로 분할되는 광 신호 사이의 시간에 따른 상관 관계를 이용하여 해당 위치에서의 양자 광원의 특성을 평가한다(S540).
- [98] 실시예에 따라, 단계 S540은, 시간 상관 단일 광자 계수장치를 이용하여 양자 광원의 특성 즉, 양자 광원 특성을 갖는지 갖지 않는지를 평가할 수 있다.
- [99] 실시예에 따라, 단계 S540은, 광 신호 사이의 시간차가 0일 때 이차 상관 함수 값이 미리 설정된 일정 값 이하인 경우 양자 광원의 특성을 가지는 것으로 평가할 수 있다.
- [100] 실시예에 따라, 단계 S540은, HBT 간섭계를 이용하여 양자 광원의 특성을 평가할 수 있다.
- [101] 실시예에 따라, 단계 S540은, 양자 광원의 위치가 복수인 경우, 양자 광원의 위치 각각에 대하여 양자 광원의 특성을 평가하여, 양자 광원의 위치 각각에 대하여 평가된 양자 광원의 특성을 제공하는 과정을 포함할 수 있다.
- [102]
- [103] 비록, 본 개시의 방법에서 그 설명이 생략되더라도, 본 개시의 실시예에 따른 방법은 도 1 내지 도 4의 시스템 및 장치에서 설명한 모든 내용을 포함할 수 있으며, 이는 해당 기술 분야에 종사하는 당업자에게 있어서 자명하다.
- [104]
- [105] 도 6은 본 개시의 다른 실시예에 따른 고체 기반 양자 광원 특성 평가 장치가 적용되는 디바이스의 구성도를 나타낸 도면이다.
- [106] 예를 들어, 도 4의 본 개시의 다른 실시예에 따른 고체 기반 양자 광원 특성 평가 장치는 도 6의 디바이스(1600)가 될 수 있다. 도 6을 참조하면, 디바이스(1600)는 메모리(1602), 프로세서(1603), 송수신부(1604) 및 주변 장치(1601)를 포함할 수 있다. 또한, 일 예로, 디바이스(1600)는 다른 구성을 더 포함할 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다. 이때, 상기 디바이스(1600)는 예를 들어 이동 가능

한 사용자 단말기(예를 들어, 스마트폰, 노트북, 웨어러블 기기 등) 이거나 고정된 관리 장치(예를 들어, 서버, PC 등) 일 수 있다.

- [107] 보다 상세하게는, 도 6의 디바이스(1600)는 특성 분석 장치, 이미지 분석을 통한 광학 장치 등과 같은 예시적인 하드웨어/소프트웨어 아키텍처일 수 있다. 이때, 일 예로, 메모리(1602)는 비이동식 메모리 또는 이동식 메모리일 수 있다. 또한, 일 예로, 주변 장치(1601)는 디스플레이, GPS 또는 다른 주변기기들을 포함할 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다.
- [108] 또한, 일 예로, 상술한 디바이스(1600)는 상기 송수신부(1604)와 같이 통신 회로를 포함할 수 있으며, 이에 기초하여 외부 디바이스와 통신을 수행할 수 있다.
- [109] 또한, 일 예로, 프로세서(1603)는 범용 프로세서, DSP(digital signal processor), DSP 코어, 제어기, 마이크로제어기, ASIC들(Application Specific Integrated Circuits), FPGA(Field Programmable Gate Array) 회로들, 임의의 다른 유형의 IC(integrated circuit) 및 상태 머신과 관련되는 하나 이상의 마이크로프로세서 중 적어도 하나 이상일 수 있다. 즉, 상술한 디바이스(1600)를 제어하기 위한 제어 역할을 수행하는 하드웨어적/소프트웨어적 구성일 수 있다. 또한 상기 프로세서(1603)는 전술한 도 4의 제어부(420)와 특성 평가부(430)의 기능을 모듈화하여 수행할 수 있다.
- [110] 이때, 프로세서(1603)는 고체 기반 양자 광원 특성 평가 장치의 다양한 필수 기능들을 수행하기 위해 메모리(1602)에 저장된 컴퓨터 실행가능한 명령어들을 실행할 수 있다. 일 예로, 프로세서(1603)는 신호 코딩, 데이터 처리, 전력 제어, 입출력 처리 및 통신 동작 중 적어도 어느 하나를 제어할 수 있다. 또한, 프로세서(1603)는 물리 계층, MAC 계층, 어플리케이션 계층들을 제어할 수 있다. 또한, 일 예로, 프로세서(1603)는 액세스 계층 및/또는 어플리케이션 계층 등에서 인증 및 보안 절차를 수행할 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다.
- [111] 일 예로, 프로세서(1603)는 송수신부(1604)를 통해 다른 장치들과 통신을 수행할 수 있다. 일 예로, 프로세서(1603)는 컴퓨터 실행가능한 명령어들의 실행을 통해 고체 기반 양자 광원 특성 평가 장치가 네트워크를 통해 다른 장치들과 통신을 수행하게 제어할 수 있다. 즉, 본 개시에서 수행되는 통신이 제어될 수 있다. 일 예로, 송수신부(1604)는 안테나를 통해 RF 신호를 전송할 수 있으며, 다양한 통신망에 기초하여 신호를 전송할 수 있다.
- [112] 또한, 일 예로, 안테나 기술로서 MIMO 기술, 빔포밍 등이 적용될 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다. 또한, 송수신부(1604)를 통해 송수신한 신호는 변조 및 복조되어 프로세서(1603)에 의해 제어될 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다.
- [113] 본 개시의 예시적인 방법들은 설명의 명확성을 위해서 동작의 시리즈로 표현되어 있지만, 이는 단계가 수행되는 순서를 제한하기 위한 것은 아니며, 필요한 경우에는 각각의 단계가 동시에 또는 상이한 순서로 수행될 수도 있다. 본 개시에 따른 방법을 구현하기 위해서, 예시하는 단계에 추가적으로 다른 단계를 포함

하거나, 일부의 단계를 제외하고 나머지 단계를 포함하거나, 또는 일부의 단계를 제외하고 추가적인 다른 단계를 포함할 수도 있다.

- [114] 본 개시의 다양한 실시예는 모든 가능한 조합을 나열한 것이 아니고 본 개시의 대표적인 양상을 설명하기 위한 것이며, 다양한 실시예에서 설명하는 사항들은 독립적으로 적용되거나 또는 둘 이상의 조합으로 적용될 수도 있다.
- [115] 또한, 본 개시의 다양한 실시예는 하드웨어, 펌웨어(firmware), 소프트웨어, 또는 그들의 결합 등에 의해 구현될 수 있다. 하드웨어에 의한 구현의 경우, 하나 또는 그 이상의 ASICs(Application Specific Integrated Circuits), DSPs(Digital Signal Processors), DSPDs(Digital Signal Processing Devices), PLDs(Programmable Logic Devices), FPGAs(Field Programmable Gate Arrays), 범용 프로세서(general processor), 컨트롤러, 마이크로 컨트롤러, 마이크로 프로세서 등에 의해 구현될 수 있다.
- [116] 본 개시의 범위는 다양한 실시예의 방법에 따른 동작이 장치 또는 컴퓨터 상에서 실행되도록 하는 소프트웨어 또는 머신-실행가능한 명령들(예를 들어, 운영체제, 애플리케이션, 펌웨어(firmware), 프로그램 등), 및 이러한 소프트웨어 또는 명령 등이 저장되어 장치 또는 컴퓨터 상에서 실행 가능한 비-일시적 컴퓨터-판독 가능 매체(non-transitory computer-readable medium)를 포함한다.

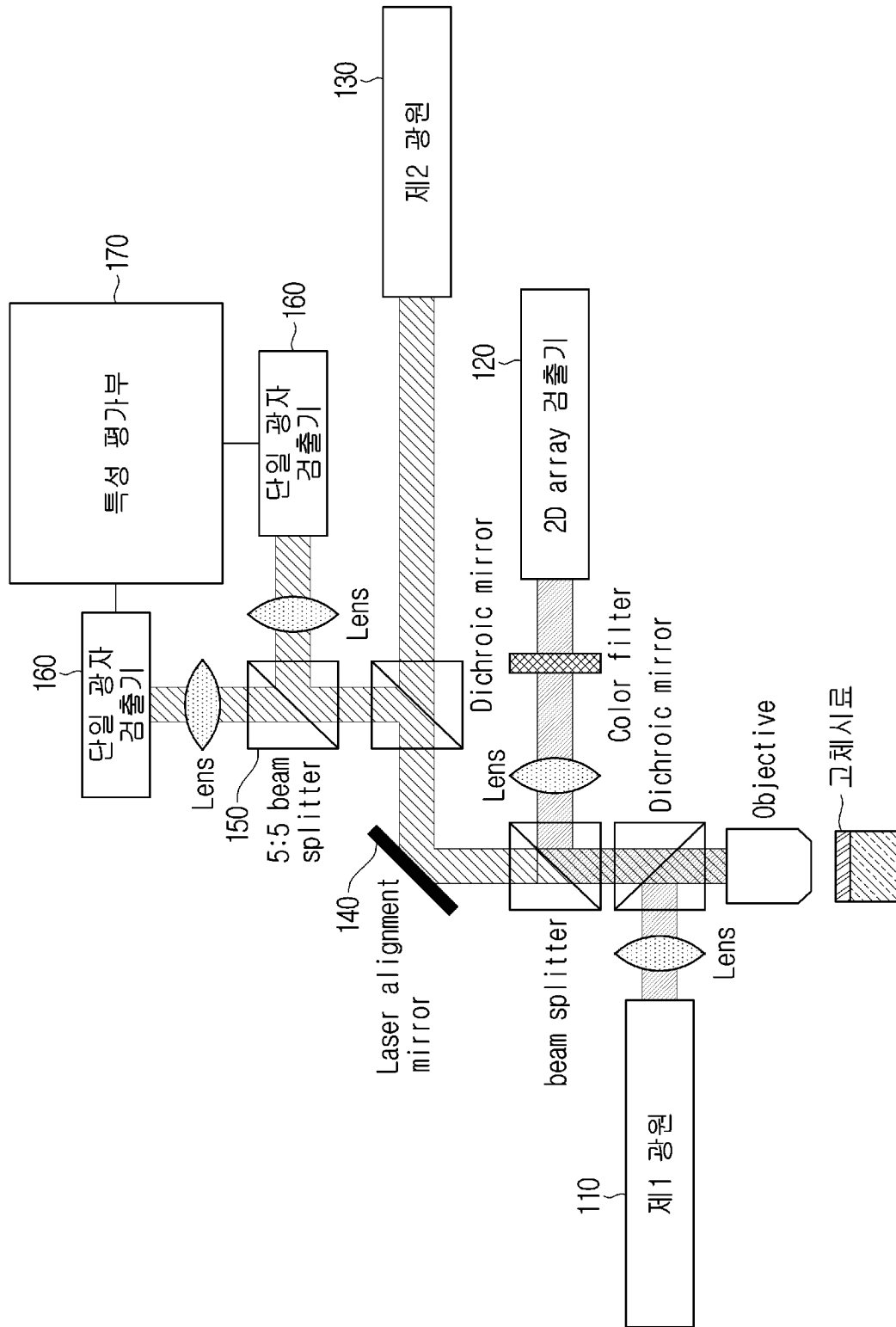
청구범위

- [청구항 1] 고체 시료에 제1 광원을 조사하여, 상기 고체 시료에 대한 광발광 이미지(Photoluminescence image)를 획득하는 이미지 획득부;
상기 획득된 광발광 이미지에 기초하여 상기 고체 시료에서 양자 광원의 위치를 확인하고, 상기 양자 광원의 위치로 특성을 평가하기 위한 제2 광원을 조사하는 제어부; 및
상기 제2 광원에 의하여 상기 양자 광원의 위치로부터 방출되어, 두 경로로 분할되는 광 신호 사이의 시간에 따른 상관 관계를 이용하여 상기 양자 광원의 특성을 평가하는 특성 평가부를 포함하는, 고체 기반 양자 광원 특성 평가 장치.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 특성 평가부는,
시간 상관 단일 광자 계수장치(Time Correlated Single Photon Counter)를 이용하여 상기 양자 광원의 특성을 평가하는, 고체 기반 양자 광원 특성 평가 장치.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 특성 평가부는,
상기 광 신호 사이의 시간차가 0일 때 이차 상관 함수 값이 미리 설정된 일정 값 이하인 경우 상기 양자 광원의 특성을 가지는 것으로 평가하는, 고체 기반 양자 광원 특성 평가 장치.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
상기 제어부는,
정렬 거울(alignment mirror), 핀홀(pin-hole)과 상기 고체 시료가 위치한 시료 스테이지 중 적어도 하나를 제어하여 상기 제2 광원을 상기 양자 광원의 위치로 조사하는, 고체 기반 양자 광원 특성 평가 장치.
- [청구항 5] 제1항에 있어서,
상기 제어부는,
상기 광발광 이미지를 분석하여 발광이 발생하는 지점을 상기 양자 광원의 위치로 확인하고, 상기 확인된 양자 광원의 위치로 상기 제2 광원을 조사하는, 고체 기반 양자 광원 특성 평가 장치.
- [청구항 6] 제1항에 있어서,
상기 제어부는,
실시간으로 획득되는 상기 광발광 이미지에 기초하여 상기 양자 광원의 위치를 실시간으로 확인하고, 상기 확인된 양자 광원의 위치로 상기 제2 광원을 조사하는, 고체 기반 양자 광원 특성 평가 장치.
- [청구항 7] 제1항에 있어서,
상기 제어부는,

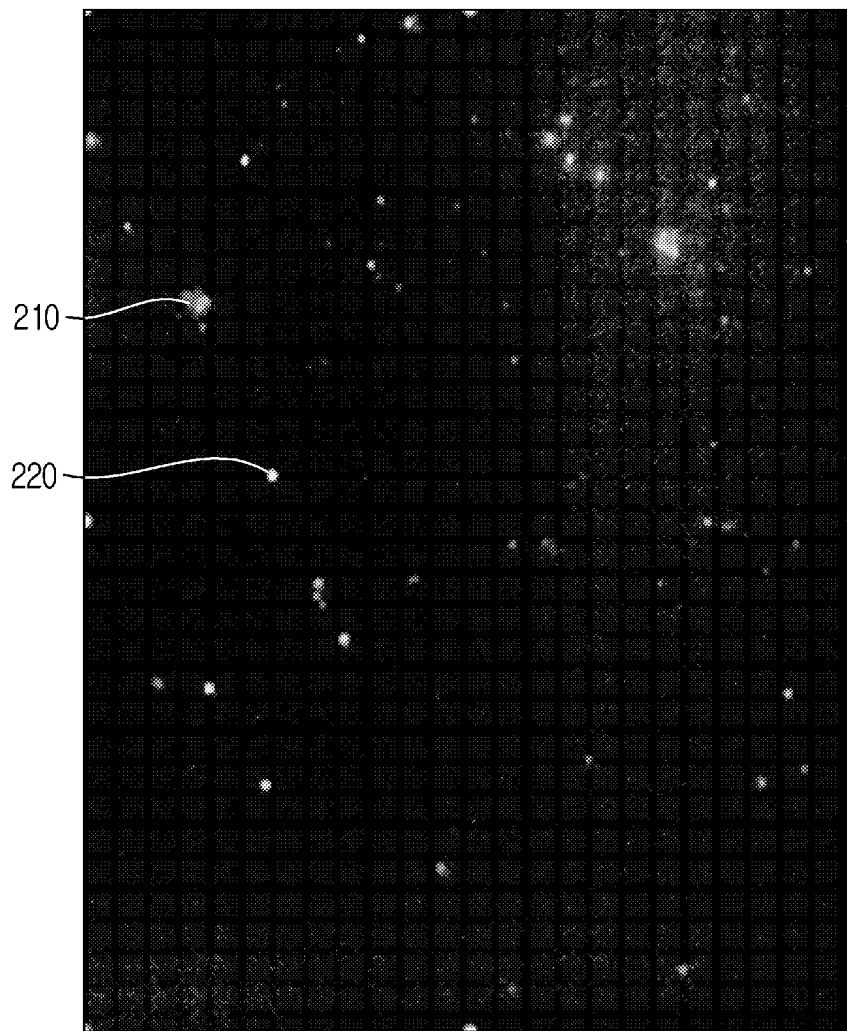
- 상기 양자 광원의 위치가 복수인 경우, 상기 양자 광원의 위치 각각으로
상기 제2 광원을 조사하고,
상기 특성 평가부는,
상기 양자 광원의 위치 각각에 대하여 상기 양자 광원의 특성을 평가하여,
상기 양자 광원의 위치 각각에 대하여 평가된 상기 양자 광원의 특성을 제
공하는, 고체 기반 양자 광원 특성 평가 장치.
- [청구항 8] 제1항에 있어서,
상기 특성 평가부는,
HBT(Hanbury Brown Twiss) 간섭계를 이용하여 상기 양자 광원의 특성을
평가하는, 고체 기반 양자 광원 특성 평가 장치.
- [청구항 9] 고체 시료에 제1 광원을 조사하여, 상기 고체 시료에 대한 광발광 이미지
(Photoluminescence image)를 획득하는 이미징 장치;
제2 광원에 의하여 상기 고체 시료로부터 방출되는 광 신호를 두 경로로
분할하는 빔 분할기; 및
상기 획득된 광발광 이미지에 기초하여 상기 고체 시료에서 양자 광원의
위치를 확인하고, 상기 양자 광원의 위치로 상기 제2 광원을 조사하도록
제어하며, 상기 빔 분할기로부터 상기 두 경로로 출력되는 광 신호 사이의
시간에 따른 상관 관계를 이용하여 상기 양자 광원의 특성을 평가하는 특
성 평가 장치를 포함하는, 광학 시스템.
- [청구항 10] 제9항에 있어서,
상기 특성 평가 장치는,
상기 두 경로 각각에 단일 광자 검출기를 구비하고, 상기 단일 광자 검출
기 각각에 의해 검출되는 광 신호 사이의 시간에 따른 상관 관계를 이용하
여 상기 양자 광원의 특성을 평가하는, 광학 시스템.
- [청구항 11] 제9항에 있어서,
상기 특성 평가 장치는,
상기 광 신호 사이의 시간차가 0일 때 이차 상관 함수 값이 미리 설정된 일
정 값 이하인 경우 상기 양자 광원의 특성을 가지는 것으로 평가하는, 광
학 시스템.
- [청구항 12] 제9항에 있어서,
상기 특성 평가 장치는,
상기 이미징 장치에 의해 실시간으로 획득되는 상기 광발광 이미지를 분
석하여 발광이 발생하는 지점을 상기 양자 광원의 위치로 실시간 확인하
고, 상기 확인된 양자 광원의 위치로 상기 제2 광원을 조사하는, 광학 시스
템.
- [청구항 13] 제9항에 있어서,
상기 특성 평가 장치는,
HBT(Hanbury Brown Twiss) 간섭계를 포함하는, 광학 시스템.

- [청구항 14] 고체 시료에 제1 광원을 조사하여, 상기 고체 시료에 대한 광발광 이미지(Photoluminescence image)를 획득하는 단계;
상기 획득된 광발광 이미지에 기초하여 상기 고체 시료에서 양자 광원의 위치를 확인하고, 상기 양자 광원의 위치로 특성을 평가하기 위한 제2 광원을 조사하는 단계; 및
상기 제2 광원에 의하여 상기 양자 광원의 위치로부터 방출되어, 두 경로로 분할되는 광 신호 사이의 시간에 따른 상관 관계를 이용하여 상기 양자 광원의 특성을 평가하는 단계를 포함하는, 고체 기반 양자 광원 특성 평가 방법.
- [청구항 15] 제14항에 있어서,
상기 특성을 평가하는 단계는,
상기 광 신호 사이의 시간차가 0일 때 이차 상관 함수 값이 미리 설정된 일정 값 이하인 경우 상기 양자 광원의 특성을 가지는 것으로 평가하는, 고체 기반 양자 광원 특성 평가 방법.
- [청구항 16] 제14항에 있어서,
상기 제2 광원을 조사하는 단계는,
정렬 거울(alignment mirror), 핀홀(pin-hole)과 상기 고체 시료가 위치한 시료 스테이지 중 적어도 하나를 제어하여 상기 제2 광원을 상기 양자 광원의 위치로 조사하는, 고체 기반 양자 광원 특성 평가 방법.
- [청구항 17] 제14항에 있어서,
상기 제2 광원을 조사하는 단계는,
상기 광발광 이미지를 분석하여 발광이 발생하는 지점을 상기 양자 광원의 위치로 확인하고, 상기 확인된 양자 광원의 위치로 상기 제2 광원을 조사하는, 고체 기반 양자 광원 특성 평가 방법.
- [청구항 18] 제14항에 있어서,
상기 제2 광원을 조사하는 단계는,
상기 양자 광원의 위치가 복수인 경우, 상기 양자 광원의 위치 각각으로 상기 제2 광원을 조사하고,
상기 특성을 평가하는 단계는,
상기 양자 광원의 위치 각각에 대하여 상기 양자 광원의 특성을 평가하여, 상기 양자 광원의 위치 각각에 대하여 평가된 상기 양자 광원의 특성을 제공하는, 고체 기반 양자 광원 특성 평가 방법.
- [청구항 19] 제14항에 있어서,
상기 특성을 평가하는 단계는,
HBT(Hanbury Brown Twiss) 간섭계를 이용하여 상기 양자 광원의 특성을 평가하는, 고체 기반 양자 광원 특성 평가 방법.

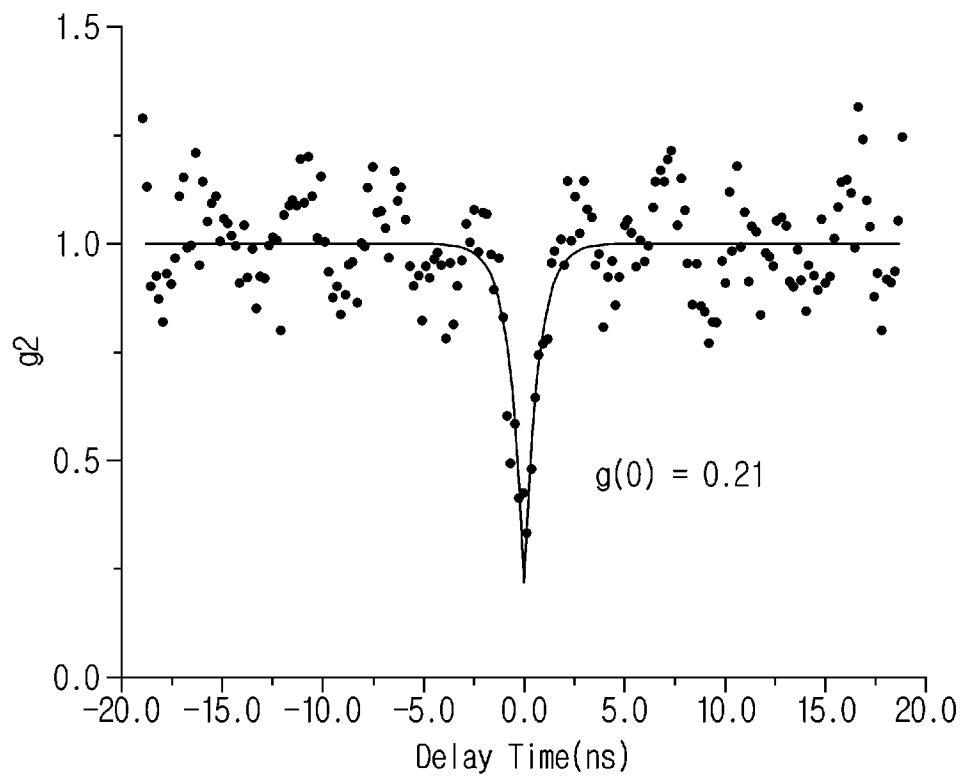
[도1]



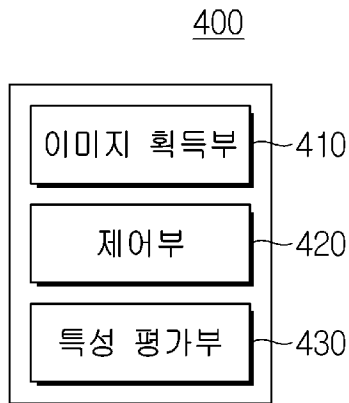
[도2]



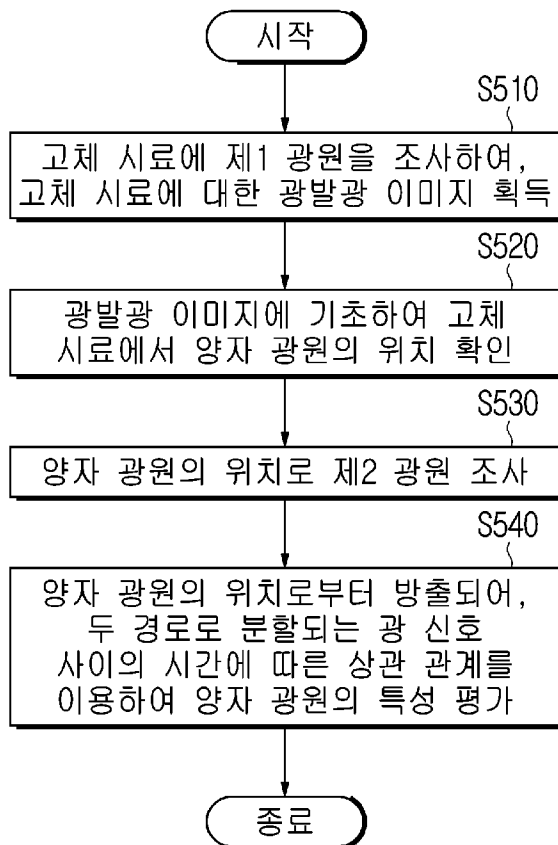
[도3]



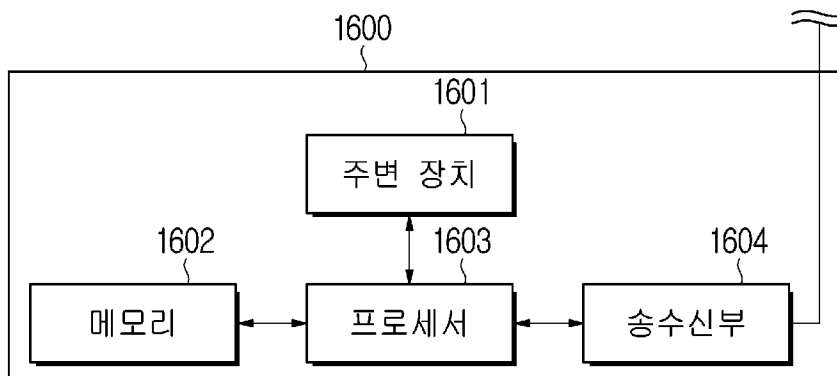
[도4]



[도5]



[도6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2023/015679

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01J 3/28(2006.01)i; **G01J 3/443**(2006.01)i; **G01J 3/45**(2006.01)i; **G01J 3/457**(2006.01)i; **G01J 3/02**(2006.01)i;
G01J 1/44(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)

G01J 3/28(2006.01); G01N 21/64(2006.01); G01N 21/88(2006.01); H01L 31/042(2006.01)

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: 양자 광원(quantum light source), 광발광 이미지(Photoluminescence image), 시간 상관 단일 광자 계수장치(Time correlated Single Photon Counter), 실시간(real-time), HBT 간섭계(Hanbury Brown Twiss interferometer)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	SAPIENZA, Luca et al. Nanoscale optical positioning of single quantum dots for bright, pure, and on-demand single-photon emission. Nature Communications. pp. 1-19, 24 March 2015. Retrieved from (URL: https://www.researchgate.net/publication/274094399_Nanoscale_optical_positioning_of_single_quantum_dots_for_bright_and_pure_single-photon_emission). See pages 1-11 and figures 1 and S2.	1-19
Y	CAO, Xin et al. Telecom wavelength single photon sources. Journal of Semiconductors. Vol. 40, No. 7, pp. 1-11, July 2019. See pages 1-2 and figures 3-4.	1-19
Y	WO 2012-016233 A1 (FIRST SOLAR, INC.) 02 February 2012 (2012-02-02) See claim 24.	6,12
Y	KR 10-1417668 B1 (TNE TECH CO., LTD.) 11 July 2014 (2014-07-11) See paragraph [0028] and figures 1-3.	7,18



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
 “D” document cited by the applicant in the international application
 “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

15 January 2024

Date of mailing of the international search report

16 January 2024

Name and mailing address of the ISA/KR

**Korean Intellectual Property Office
 Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208**

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2023/015679

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	HE, Yu-Ming et al. Deterministic implementation of a bright, on-demand single-photon source with near-unity indistinguishability via quantum dot imaging. <i>Optica</i>. Vol. 4, No. 7, pp. 802-808, 17 July 2017. See pages 802-806.	1-19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2023/015679

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2012-016233	A1	02 February 2012	CN	103080731	A	01 May 2013
				CN	103080731	B	17 August 2016
				US	2012-0025100	A1	02 February 2012
				US	9209096	B2	08 December 2015
KR	10-1417668	B1	11 July 2014	CN	104348414	A	11 February 2015

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G01J 3/28(2006.01)i; G01J 3/443(2006.01)i; G01J 3/45(2006.01)i; G01J 3/457(2006.01)i; G01J 3/02(2006.01)i;
G01J 1/44(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G01J 3/28(2006.01); G01N 21/64(2006.01); G01N 21/88(2006.01); H01L 31/042(2006.01)

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: 양자 광원(quantum light source), 광발광 이미지(Photoluminescence image), 시간 상관 단일 광자 계수장치(Time correlated Single Photon Counter), 실시간(real-time), HBT 간섭계(Hanbury Brown Twiss interferometer)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	LUCA SAPIENZA 등, Nanoscale optical positioning of single quantum dots for bright, pure, and on-demand single-photon emission, 페이지 1-19, 2015.03.24 (url: https://www.researchgate.net/publication/274094399_Nanoscale_optical_positioning_of_single_quantum_dots_for_bright_and_pure_single-photon_emission) 페이지 1-11 및 도면 1, S2	1-19
Y	XIN CAO 등, Telecom wavelength single photon sources, Journal of Semiconductors, Vol. 40, No. 7, 페이지 1-11, 2019.07 페이지 1-2 및 도면 3-4	1-19
Y	WO 2012-016233 A1 (FIRST SOLAR, INC.) 2012.02.02 청구항 24	6,12
Y	KR 10-1417668 B1 (주식회사 티엔이테크) 2014.07.11 단락 [0028] 및 도면 1-3	7,18

☒ 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 가지나 국제출원일 이후에 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

2024년01월15일(15.01.2024)

국제조사보고서 발송일

2024년01월16일(16.01.2024)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

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

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

이강하

전화번호 +82-42-481-5003

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	YU-MING HE 등, Deterministic implementation of a bright, on-demand single-photon source with near-unity indistinguishability via quantum dot imaging, Optica, Vol. 4, No. 7, 페이지 802-808, 2017.07.17 페이지 802-806	1-19

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
WO 2012-016233 A1	2012/02/02	CN 103080731 A	2013/05/01
		CN 103080731 B	2016/08/17
		US 2012-0025100 A1	2012/02/02
		US 9209096 B2	2015/12/08
KR 10-1417668 B1	2014/07/11	CN 104348414 A	2015/02/11