

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2022년 3월 3일 (03.03.2022)

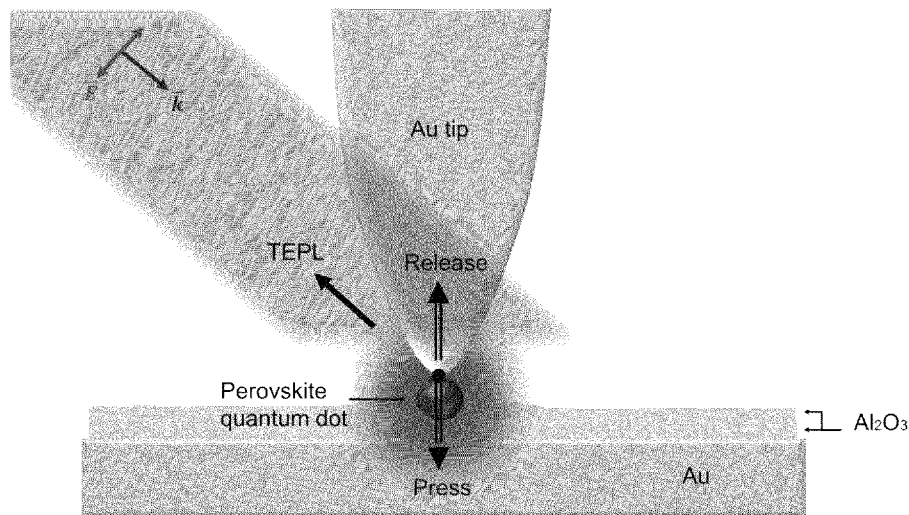


(10) 국제공개번호
WO 2022/045489 A1

- (51) 국제특허분류: *G01Q 30/02* (2010.01) *G01N 21/65* (2006.01) (LEE, Hyeong Woo); 44919 울산시 울주군 언양읍 유니스트길 50, Ulsan (KR).
G01J 3/44 (2006.01) *G01N 21/66* (2006.01)
G01Q 10/00 (2010.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2020/018973
- (22) 국제출원일: 2020년 12월 23일 (23.12.2020)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2020-0106941 2020년 8월 25일 (25.08.2020) KR
- (71) 출원인: 울산과학기술원 (UNIST(ULSAN NATIONAL INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY)) [KR/KR]; 44919 울산시 울주군 언양읍 유니스트길 50, Ulsan (KR).
- (72) 발명자: 박경덕 (PARK, Kyoung Duck); 44919 울산시 울주군 언양읍 유니스트길 50, Ulsan (KR). 이형우
- (74) 대리인: 특허법인 무한 (MUHANN PATENT & LAW FIRM); 06144 서울시 강남구 언주로 560, 8층 (역삼동, 화물재단빌딩), 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, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, 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, 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 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,

(54) Title: QUANTUM DOT BAND GAP CONTROL METHOD AND SYSTEM USING SAME

(54) 발명의 명칭: 양자점의 밴드갭 제어 방법 및 이를 이용한 시스템



(57) Abstract: The present invention relates to a quantum dot band gap control method and a system using same, and more specifically, to a quantum dot band gap control method using a tip-enhanced nanospectromicroscope, and a system for single quantum dot band gap control and optical signal measuring, the method comprising the steps of: preparing a quantum dot-containing specimen on a substrate; irradiating light on the specimen; positioning a tip of a tip-enhanced nanospectromicroscope above the quantum dots of the specimen; and controlling a band gap by applying pressure to the quantum dots in the vertical direction by using the tip. In addition, the present invention relates to a method for measuring an optical signal of quantum dots using a tip-enhanced nanospectromicroscope.

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))

(57) 요약서: 본 발명은, 양자점의 밴드갭 제어 방법 및 이를 이용한 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 기판 상에 양자점을 포함하는 시편을 준비하는 단계; 상기 시편에 광조사하는 단계; 상기 시편의 양자점 위로 탐침증강 나노분광현미경의 탐침을 위치시키는 단계; 및 상기 탐침을 이용하여 수직 방향으로 양자점에 압력을 가하여 밴드갭을 제어하는 단계; 를 포함하는, 탐침증강 나노분광현미경을 이용한, 양자점의 밴드갭 제어 방법 및 단일 양자점 밴드갭 제어 및 광신호 측정을 위한 시스템에 관한 것이다. 또한, 본 발명은, 탐침증강 나노분광현미경을 이용한, 양자점의 광신호 측정 방법에 관한 것이다.

명세서

발명의 명칭: 양자점의 밴드갭 제어 방법 및 이를 이용한 시스템 기술분야

- [1] 본 발명은, 양자점의 밴드갭 제어 방법 및 이를 이용한 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 양자점의 밴드갭 제어 방법, 양자점의 광신호 측정 방법 및 양자점 밴드갭 제어 및 광신호 측정을 위한 시스템에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 벌크 시스템에서 이러한 한계를 극복하기 위해, 우수한 성능을 보이는 알려지지 않은 재료를 발견하기 위해 상당한 노력을 기울이고 있고, 종래의 벌크 시스템의 크기 감소는 양자 구속 효과 및 유전체 스크리닝 효과(dielectric screening effect)와 같은 새로운 물리적 현상을 일으켜 기능과 특이 크게 개선되고, 저차원 양자 물질은 차세대 장치에 적용 가능한 매력적인 재료로 관심을 받고 있다. 양자 물질의 물리적 길이 스케일이 나노 스케일로 감소함에 따라 자연 스케일에서 물리적 특성의 이해와 저차원 양자 물질의 구조적 특성을 관찰하고 분석하기 위한 다양한 분석법이 요구된다.
- [3] 저차원 양자 물질의 구조적 특성을 조사하기 위한 장치에 대한 수요는 증가하고 있고, 예를 들어, 표면 거칠기(surface roughness), 격자 구조 및 구조적 결함, 주사 터널링 현미경 (STM, scanning tunneling microscopy) 및 투과전자현미경 (TEM) 등이 분석틀로 활용되고 있고, STM은 원자 분해능으로 전기적 특성 및 스핀 정보를 제공할 수 있으나, 측정 시료 준비가 복잡하고, 환경 조건 제어에 어려움이 있다. 또한, 저차원 양자물질의 광흡수 및 광발광에 관련된 광학 특성을 관찰하기 위한 장비 및 방법 관련 기술이 부족하다.
- [4] 현재 양자점은 디스플레이, 태양전지 등 여러 응용분야에서 활발히 사용되고, 또 연구되고 있다. 양자점은 한 번 합성할 경우 고유의 밴드갭을 형성하고 이를 조절하기 위해서는 양자점이 코팅된 기판 자체를 늘리는 방식을 이용하여 양자점의 밴드갭을 양상블 형태로 조절하는 방식을 적용하고 있다. 또한, 일반적인 AFM으로 단일 양자점에 압력을 가하는 것은 가능하지만 단일 양자점의 PL(photoluminescence)을 관찰할 수 없으므로 응용성이 떨어진다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [5] 본 발명은, 상기 언급한 문제점을 해결하기 위해서, 탐침중강 나노분광현미경 (tip-enhanced nano-spectroscopy)의 탐침 위치 제어를 통해 양자점, 예를 들어, 단일 양자점에 가해지는 압력을 조절하여 밴드갭과 광발광 에너지를 제어할 수 있는, 양자점의 밴드갭 제어 방법을 제공하는 것이다.
- [6] 본 발명은, 탐침중강 나노분광현미경의 탐침 위치 제어를 통해 양자점에 가해지는 압력을 조절하여 밴드갭과 광발광 에너지를 제어하고, 양자점의

광학적 특성을 측정하고 분석할 수 있는, 양자점의 광신호 측정 방법을 제공하는 것이다.

- [7] 본 발명은, 양자점의 광신호를 제어하고 관찰할 수 있는, 양자점 밴드갭 제어 및 광신호 측정을 위한 시스템을 제공하는 것이다.
- [8] 그러나, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 것들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 해당 분야 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

기술적 해결방법

- [9] 본 발명의 일 실시예에 따라, 기판 상에 양자점을 포함하는 시편을 준비하는 단계; 상기 시편에 광조사하는 단계; 상기 시편의 양자점 위로 탐침중강 나노분광현미경의 탐침을 위치시키는 단계; 및 상기 탐침을 이용하여 수직 방향으로 양자점에 압력을 가하여 밴드갭을 제어하는 단계;를 포함하는, 탐침중강 나노분광현미경을 이용한, 양자점의 밴드갭 제어 방법에 관한 것이다.
- [10] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 탐침중강 나노분광현미경은, TEPL(tip-enhanced photoluminescence spectroscopy), TERS(tip-enhanced Raman spectroscopy) 및 TEEL(tip-enhanced electroluminescence) 중 적어도 하나 이상인 것일 수 있다.
- [11] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 기판 상에 양자점을 포함하는 시편을 준비하는 단계는, 금속 기판의 산화물층 상에 양자점을 형성하는 단계를 포함하는 것일 수 있다.
- [12] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 양자점은, 단일 양자점, 양자점 필름 또는 양자점 시트인 것일 수 있다.
- [13] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 양자점 상에 산화물층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것일 수 있다.
- [14] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 탐침(probe)은, 15 nm 이하의 크기의 팁(tip)을 갖는 것일 수 있다.
- [15] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 탐침은, Au, Ag, Al, Cu, Co, Cr, Pt, Pd, Rh, Ti 및 Ni로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함하는 것일 수 있다.
- [16] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 밴드갭을 제어하는 단계는, 단일 양자점의 밴드갭 제어를 통해 광신호를 제어하는 것일 수 있다.
- [17] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 광신호는 광발광(PL), 라만 산란 또는 전계발광인 것일 수 있다.
- [18] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 탐침중강 나노분광현미경의 탐침을 위치시키는 단계는, 탐침의 수평적 위치에서 탐침을 위치시키는 것일 수 있다.
- [19] 본 발명의 일 실시예에 따라, 기판 상에 양자점을 포함하는 시편을 준비하는 단계; 상기 시편에 광조사하는 단계; 상기 시편의 양자점 위로 탐침중강 나노분광현미경의 탐침을 위치시키는 단계; 상기 탐침을 이용하여 수직

방향으로 양자점에 압력을 가하여 밴드갭을 제어하는 단계; 및 단일 양자점에서 발산하는 광신호를 플라즈모닉 안테나 효과로 탐침 증강시켜 광신호를 측정하는 단계; 를 포함하는, 탐침증강 나노분광현미경을 이용한, 양자점의 광신호 측정 방법에 관한 것이다.

- [20] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 단일 양자점의 광신호 측정 방법은, 근거리장에서 광신호를 증강하고 광신호를 측정하는 것일 수 있다.
- [21] 본 발명의 일 실시예에 따라, 시편부; 및 탐침증강 나노분광현미경; 을 포함하고, 상기 시편부는, 금속 기판; 및 상기 기판 상에 형성된 금속 산화물층; 을 포함하고, 상기 탐침증강 나노분광현미경은, 탐침을 이용하여 시편의 양자점에 압력을 가하여 밴드갭과 광신호를 제어하고, 광신호를 증강시키는 것인, 양자점 밴드갭 제어 및 광신호 측정을 위한, 시스템에 관한 것이다.
- [22] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 금속 기판은, Au, Ag, Cu, Al, Pt, Ti, Cr 및 Ni로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함하는 것일 수 있다.
- [23] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 탐침증강 나노분광현미경은, TEPL(tip-enhanced photoluminescence spectroscopy), TERS(tip-enhanced Raman spectroscopy) 및 TEEL(tip-enhanced electroluminescence) 중 적어도 하나 이상인 것일 수 있다.
- [24] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 시스템은, 근거리장에서 광신호를 증강하고 광신호를 측정하는 것일 수 있다.

발명의 효과

- [25] 본 발명은, 양자점, 예를 들어, 단일 양자점에 직접적으로 압력을 가하여 단일 양자점 단위로 밴드갭을 제어하고, 최대 압력의 크기를 조절하여 가역적으로 일시적인 밴드갭 변화를 유도할 수 있을 뿐만 아니라, 밴드갭의 영구적인 비가역적 변화를 유도할 수 있다. 또한, 밴드갭과 광발광 에너지의 제어가 가능하고 플라즈몬 탐침에 의한 광신호를 증강시켜 단일 양자점의 광신호의 측정 및 분석을 제공할 수 있다.
- [26] 본 발명은, 단체적 양자점의 밴드갭을 넘어서 단일 양자점의 밴드갭을 가역적, 비가역적으로 조절이 가능하므로, 양자점이 이용되는 여러 응용분야의 소자 축소화 연구에 큰 도약이 될 수 있을 뿐만 아니라 밴드갭의 조절은 양자점이 들어간 QLED 소자의 발광파장과 바로 연결이 된다는 점에서 특히 디스플레이 분야의 기술에 접목시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [27] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따라, 본 발명에 의한 탐침 증강 PL과 단일 양자점 압력 조절 공정을 예시적으로 나타낸 것이다.
- [28] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라, 본 발명에 의한 단일 양자점 위에서의 위치에 따른 신호 증강을 도식화하고, 아래에 원거리 장에서의 양자점 PL (검정) 및 근거리 장에서의 갭 플라즈몬 (초록) 및 근거리 장에서의 양자점 탐침 증강 PL

(파랑) 스펙트럼을 나타낸 것이다.

- [29] 도 3a는, 본 발명의 일 실시예에 따라, 단일 양자점에 가하는 압력 증가와 감소에 따른 단일 양자점 스펙트럼 발전을 나타낸 것이다.
- [30] 도 3b는, 본 발명의 일 실시예에 따라, 단일 양자점이 없는 지점에 가하는 압력 증가와 감소에 따른 스펙트럼 발전을 나타낸 것이다.
- [31] 도 3c는, 본 발명의 일 실시예에 따라, 단일 양자점에 가하는 압력 증가와 감소에 따른 단일 양자점 스펙트럼 발전(도 3a) 관련 등고선으로 표현한 이미지를 나타낸 것이다.
- [32] 도 3d는, 본 발명의 일 실시예에 따라, 단일 양자점이 없는 지점에서 가하는 압력 증가와 감소에 따른 단일 양자점 스펙트럼 발전(도 3b) 관련 등고선으로 표현한 이미지를 나타낸 것이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [33] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어들은 본 발명의 바람직한 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [34] 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [35] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [36] 이하, 본 발명의 양자점의 밴드갭 제어 방법, 양자점의 광신호 측정 방법 및 양자점 밴드갭 제어 및 광신호 측정을 위한 시스템에 대하여 실시예 및 도면을 참조하여 구체적으로 설명하도록 한다. 그러나, 본 발명이 이러한 실시예 및 도면에 제한되는 것은 아니다.
- [37] 본 발명은, 양자점의 밴드갭 제어 방법에 관한 것으로, 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 양자점, 예를 들어, 단일 양자점의 밴드갭 제어 방법은, 탐침증강 나노분광현미경 (tip-enhanced nano-spectroscopy)의 탐침 위치 제어를 통해 양자점에 가해지는 압력을 조절하여 밴드갭과 광신호 에너지, 즉 광발광 에너지를 제어할 수 있고, 기존에 보고되지 않은 단일 양자점의 광신호, 즉, 광발광의 측정과 이를 이용한 양자 물질, 예를 들어, 단일 양자점의 구조적 및

광학적 특성 분석에 활용될 수 있다.

- [38] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 양자점의 밴드갭 제어 방법은, 기판 상에 양자점을 포함하는 시편을 준비하는 단계; 상기 시편에 광조사하는 단계; 탐침증강 나노분광현미경의 탐침을 위치시키는 단계; 및 상기 탐침을 이용하여 수직 방향으로 양자점에 압력을 가하여 밴드갭을 제어하는 단계; 를 포함할 수 있다.
- [39] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 기판 상에 양자점을 포함하는 시편을 준비하는 단계는, 금속 기판 상에 금속 기판의 산화물층을 형성하는 단계; 및 금속 기판의 산화물층에 양자점을 형성하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [40] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 금속 기판의 산화물층에 양자점을 포함하는 물질층을 형성하는 단계는, 상기 물질층은, 본 발명의 기술 분야에서 알려진 증착, 코팅 등의 방법으로 형성되고, 예를 들어, 원자층 증착 방법을 이용할 수 있다.
- [41] 본 발명의 일 실시예에 따라, 금속 기판의 산화물층에 양자점을 형성하는 단계는 양자점(Quantum Dot)을 상기 산화물층 상에 코팅하며, 상기 코팅은 분사 코팅, 스핀 코팅 등일 수 있다. 상기 코팅은 휘발성 강한 유기용매, 즉 Hexane과 양자점을 혼합한 이후에 양자점을 코팅하고 유기용매는 제거하고, 단일(single level) 양자점, 양자점 필름 또는 양자점 시트의 양자점 층을 획득할 수 있으며, 바람직하게는 단일 양자점일 수 있다. 상기 양자점을 형성한 이후에 상기 양자점 상에 산화물층을 더 형성할 수 있다.
- [42] 본 발명의 일 예로, 상기 양자점은 0D (zero dimensional) 물질이며, 스트레인에 의해 밴드갭이 영향을 받거나 및/또는 밴드갭 제어가 가능한 모든 물질이라면 제한 없이 적용될 수 있으며, 예를 들어, 반도체 물질 및/또는 2차원 물질일 수 있다. 예를 들어, 페로브스카이트 물질, 전이금속 칼코겐 화합물(예를 들어, MX_2 (M은 전이금속원소 (주기율표 4~6족), X는 칼코겐 원소(주기율표. 16족)이다), 그래핀, h-BN(Hexagonal Boron Nitride), h-BCN(hexagonal boron-carbon-nitrogen), 플루오르그래핀(fluorographene), 산화그래핀(graphene oxide) 등일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [43] 본 발명의 일 예로, 상기 금속 기판은, 예를 들어, Au, Ag, Al, Cu, Co, Cr, Pt, Pd, Rh, Ti 및 Ni으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.
- [44] 본 발명의 일 예로, 상기 산화물은, 퀀칭(quenching) 효과와 캡핑(capping) 효과를 주는 유전체(dielectric) 물질이라면 제한 없이 적용될 수 있고, 예를 들어, 이리듐(Ir), 몰리브덴(Mo), 레늄(Re), 스칸듐(Sc), 저마늄(Ge), 안티몬(Sb), 백금(Pt), 니켈(Ni), 금(Au), 은(Ag), 인듐(In), 주석(Sn), 실리콘(Si), 티타늄(Ti), 바나듐(V), 가돌륨(Ga), 망간(Mn), 철(Fe), 코발트(Co), 구리(Cu), 징크(Zn), 지르코늄(Zr), 하프늄(Hf), 알루미늄(Al), 니오븀(Nb), 니켈(Ni), 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo), 탄탈(Ta), 루테튬(Ru) 및 텅스텐(W)으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함하는 금속 산화물일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

- [45] 본 발명의 일 예로, 상기 산화물층의 두께는, 10 nm 이하; 5 nm 이하; 2 nm 이하; 1 nm 이하; 또는 0.5 nm 이하일 수 있다.
- [46] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 시편에 광조사하는 단계는, 물질층의 광방출을 위해서 광에너지를 조사하는 것으로 본 발명의 기술 분야에서 적용 가능한 광에너지라면 제한 없이 적용될 수 있다.
- [47] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 탐침증강 나노분광현미경의 탐침을 위치시키는 단계는, 상기 시편의 양자점 위로 정확하게 탐침의 수평적 위치에서 탐침을 위치시키는 단계이다.
- [48] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 양자점에 압력을 가하여 밴드갭을 제어하는 단계는, 상기 탐침을 이용하여 수직 방향으로 양자점에 압력을 가하여 밴드갭을 제어하는 단계이다.
- [49] 본 발명의 일 예로, 상기 탐침은, 양자점에 직접적으로 압력을 가하며, 예를 들어, 단일 양자점 단위로 밴드갭을 제어할 수 있다. 또한, 최대 압력의 크기를 조절하여 가역적으로 일시적인 밴드갭 변화를 유도할 수 있을 뿐만 아니라, 밴드갭의 영구적인 비가역적 변화를 유도할 수 있다. 즉, 도 2를 참조하면, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라, 본 발명에 의한 탐침 증강 PL과 단일 양자점 압력 조절 공정을 예시적으로 나타낸 것으로, 단일 양자점 상에 탐침을 위치시키고 밴드갭을 제어하여 단일 양자점의 광신호를 증강시킬 수 있다.
- [50] 또한, 도 3을 참조하면, 도 3a 및 도 3c는, 본 발명의 일 실시예에 따라, 단일 양자점에 가하는 압력 증가와 감소에 따른 단일 양자점 스펙트럼 발전과 이를 등고선으로 표현한 이미지, 도 3b 및 도 3d는 단일 양자점이 없는 지점에서 위와 같이 압력을 가했을 때의 스펙트럼 발전과 이를 등고선으로 표현한 이미지를 나타낸 것이다. 도 3a 내지 도 3d에서 탐침에 의해 압력을 가할 경우에 밴드갭의 제어가 가능한 것으로 확인할 수 있다.
- [51] 본 발명의 일 예로, 상기 탐침은, 양자점의 손상이 없다면 양자점과 거리 제한 없이 압력을 가할 수 있으며, 예를 들어, 상기 탐침은 양자점과 1 nm 이하; 0.8 nm 이하; 0.6 nm 이하; 0.4 nm 이하; 또는 0.2 nm 이하의 간격의 거리에서 수직 방향(Z축)으로 양자점을 눌러 압력을 가할 수 있다.
- [52] 본 발명의 일 예로, 상기 탐침은, 플라즈모닉 탐침이며, 기본적으로 플라즈몬 탐침의 필드 향상은 다음과 같은 두 가지 현상에 기인합니다. 첫째, 정전기 피뢰침 효과(electrostatic lightning rod effect)로 인해 플라즈몬 탐침 근처에 전하가 집중되고, 둘째, 외부 전자기장(external electromagnetic field) 즉, 여기 레이저 빔이 팁에 적용될 때, 광학 필드는 전자들의 집합 공명 진동(collective resonant oscillations)으로 인해 국소 표면 플라즈몬 진동(localized surface plasmon resonance, LSPR) 효과를 제공한다. 상기 탐침증강 나노분광현미경은, TEPL(tip-enhanced photoluminescence spectroscopy), TERS(tip-enhanced Raman spectroscopy) 및 TEEL(tip-enhanced electroluminescence) 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.

- [53] 본 발명의 일 예로, 상기 탐침(probe)은, 15 nm 이하의 크기의 팁(tip)을 갖고, 상기 탐침은, 플라즈모닉 금속이며, 예를 들어, Au, Ag, Al, Cu, Co, Cr, Pt, Pd, Rh, Ti 및 Ni으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.
- [54] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 단일 양자점의 밴드갭 제어 방법 중 적어도 하나 이상의 단계는, 다양한 온도 범위에서 실시되고, 예를 들어, 다양한 온도 범위 내에서 안정적으로 단일 양자점의 밴드갭을 제어할 수 있으며, 예를 들어, 0 ℃ 내지 50 ℃의 온도; 20 ℃ 내지 40 ℃; 또는 25 ℃ 내지 35 ℃ 온도에서 실시될 수 있다.
- [55] 본 발명은, 양자점의 광신호 측정 방법에 관한 것으로, 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 양자점, 예를 들어, 단일 양자점의 광신호 측정 방법은, 일반적으로 단일 양자점이 발산하는 빛의 세기는 매우 약하여 검출하기가 매우 힘들지만, 본 발명은, 밴드갭이 제어된 양자점의 광신호를 탐침 증강, 즉 TEPL 분광법을 이용하면 탐침의 끝에 매우 높게 증강된 빛의 장이 형성되기 때문에 효과적으로 단일 양자점이 발산하는 빛을 검출할 수 있다. 또한, 본 발명은, 탐침을 이용한 압력 제어 기술과 플라즈모닉 안테나 효과에 의한 단일 양자점 광신호, 즉 광발광(PL), 라만 산란 또는 전계발광 신호의 증강 기술을 결합하여 기존에 불가능했던 단일 양자점의 광신호의 관찰과 제어를 동시에 가능할 수 있다.
- [56] 본 발명의 일 예로, 도 2를 참조하면, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라, 단일 양자점 위에서의 신호 증강 도식화하고, 아래 그래프에서 원거리 장에서의 양자점 PL (검정), 근거리 장에서의 갭 플라즈몬 (초록), 근거리 장에서의 양자점 탐침 증강 PL (파랑) 스펙트럼을 나타낸 것이다. 탐침의 수평적 위치를 양자점 위에 정확히 위치시킬 수 있고, 약 15 nm 이하의 꼭지점 크기를 가진 탐침을 이용하여 단일 양자점에 직접적으로 압력을 가하여 밴드갭을 제어하고, 단일 양자점의 광발광을 탐침으로 증가시켜 일반적인 AFM에서 관찰할 수 없는 단일 양자점의 PL을 관찰 및 제어할 수 있다.
- [57] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 양자점의 광신호 측정 방법은, 기판 상에 양자점을 포함하는 시편을 준비하는 단계; 상기 시편에 광조사하는 단계; 탐침증강 나노분광현미경의 탐침을 위치시키는 단계; 상기 탐침을 이용하여 수직 방향으로 양자점에 압력을 가하여 밴드갭을 제어하는 단계; 및 탐침 증강시켜 광신호를 측정하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 기판 상에 양자점을 포함하는 시편을 준비하는 단계; 상기 시편에 광조사하는 단계; 탐침증강 나노분광현미경의 탐침을 위치시키는 단계; 상기 탐침을 이용하여 수직 방향으로 양자점에 압력을 가하여 밴드갭을 제어하는 단계는 상기 언급한 바와 같다. 상기 탐침 증강시켜 광신호를 측정하는 단계는, 밴드갭이 제어된 양자점에서 발산하는 광신호를 플라즈모닉 안테나 효과로 탐침 증강시켜 광신호를 측정하는 단계이다.
- [58] 예를 들어, 상기 양자점은, 단일 양자점, 양자점 필름 또는 양자점 시트일 수 있다.

- [59] 본 발명의 일 실시예에 따라, 원거리 장, 근거리 장 또는 이 둘에서 광신호를 증강하여 광신호 측정이 가능하고, 바람직하게는 근거리 장에서 광신호를 증강하는데 효율적일 수 있다.
- [60] 본 발명은, 양자점 밴드갭 제어 및 광신호 측정을 위한, 시스템에 관한 것으로, 시편부; 및 탐침증강 나노분광현미경; 을 포함할 수 있다. 상기 시편부는, 금속 기관; 및 상기 기관 상에 형성된 금속 산화물층; 을 포함하고, 상기 탐침증강 나노분광현미경은, 탐침을 이용하여 시편의 양자점에 압력을 가하여 밴드갭과 광신호를 제어하고, 광신호를 증가할 수 있다. 또한, 양자점의 광신호를 측정 및 분석할 수 있다. 본 발명의 시스템의 기본 구성은 상기 방법에서 언급한 바와 같고, 본 발명의 목적의 벗어나지 않는다면, 측정 및 분석을 위한 추가 구성(또는, 장비) 및 시스템 운영 및 작동을 위한 추가 구성(또는, 장비)은 본 발명의 기술 분야에서 알려진 것을 적용할 수 있으며, 본 명세서에는 구체적으로 언급하지 않는다.
- [61] 예를 들어, 상기 양자점은, 단일 양자점, 양자점 필름 또는 양자점 시트일 수 있다.
- [62] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다. 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

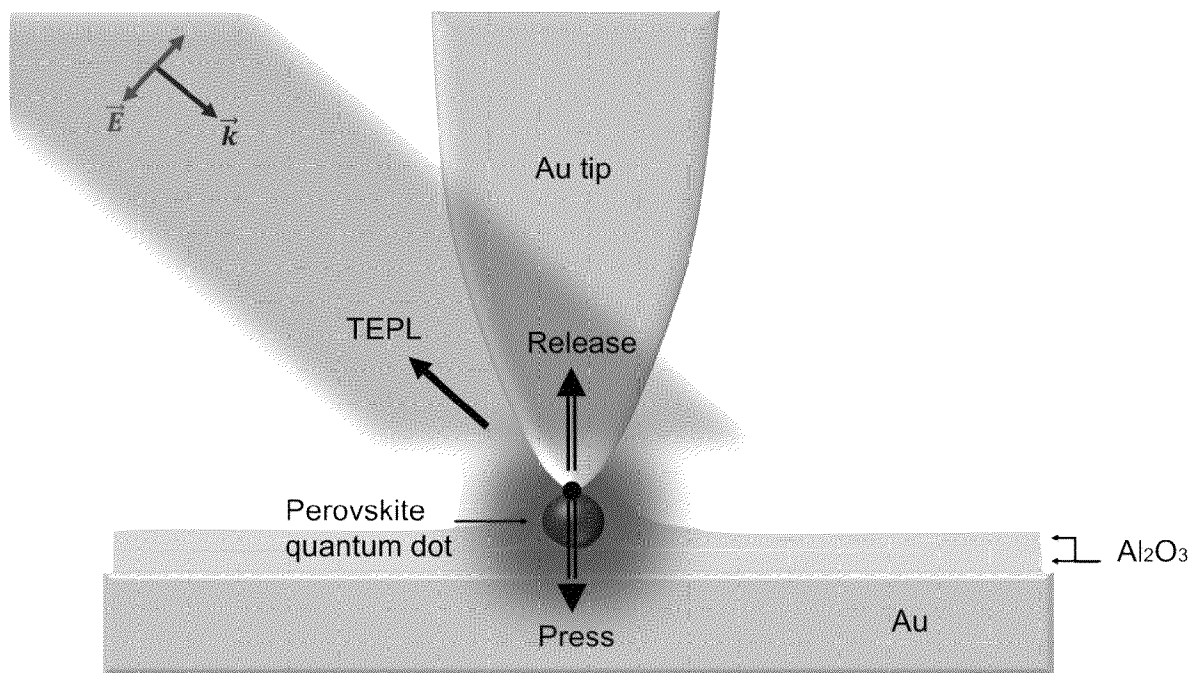
청구범위

- [청구항 1] 기판 상에 양자점을 포함하는 시편을 준비하는 단계;
 상기 시편에 광조사하는 단계;
 상기 시편의 양자점 위로 탐침증강 나노분광현미경의 탐침을 위치시키는 단계; 및
 상기 탐침을 이용하여 수직 방향으로 양자점에 압력을 가하여 밴드갭을 제어하는 단계;
 를 포함하는,
 탐침증강 나노분광현미경을 이용한, 양자점의 밴드갭 제어 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 탐침증강 나노분광현미경은, TEPL(tip-enhanced photoluminescence spectroscopy), TERS(tip-enhanced Raman spectroscopy) 및 TEEL(tip-enhanced electroluminescence) 중 적어도 하나 이상인 것인,
 양자점의 밴드갭 제어 방법.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
 상기 기판 상에 양자점을 포함하는 시편을 준비하는 단계는,
 금속 기판의 산화물층 상에 양자점을 형성하는 단계
 를 포함하는 것인,
 양자점의 밴드갭 제어 방법.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
 상기 양자점은, 단일 양자점, 양자점 필름 또는 양자점 시트인 것인,
 양자점의 밴드갭 제어 방법.
- [청구항 5] 제3항에 있어서,
 상기 기판 상에 양자점을 포함하는 시편을 준비하는 단계는,
 상기 양자점 상에 산화물층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것인,
 양자점의 밴드갭 제어 방법.
- [청구항 6] 제1항에 있어서,
 상기 탐침(probe)은, 15 nm 이하의 크기의 팁(tip)을 갖는 것인,
 양자점의 밴드갭 제어 방법.
- [청구항 7] 제1항에 있어서,
 상기 탐침은, Au, Ag, Al, Cu, Co, Cr, Pt, Pd, Rh, Ti 및 Ni로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함하는 것인,
 양자점의 밴드갭 제어 방법.
- [청구항 8] 제1항에 있어서,
 상기 밴드갭을 제어하는 단계는, 양자점의 밴드갭 제어를 통해 광신호를 제어하는 것인,
 양자점의 밴드갭 제어 방법.

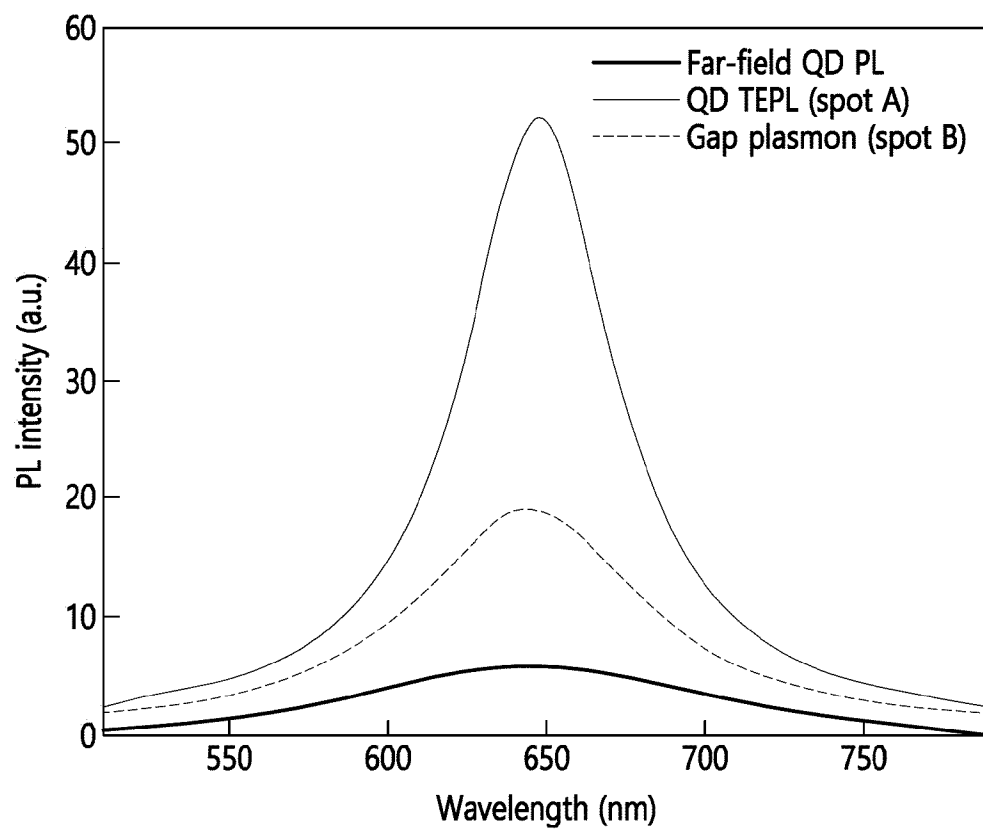
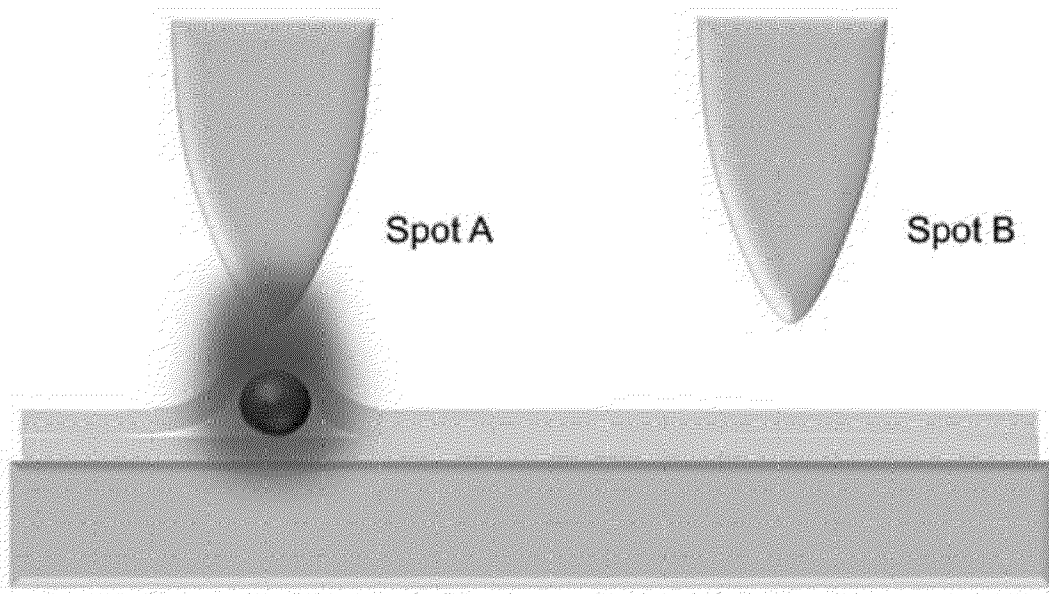
- [청구항 9] 제1항에 있어서,
상기 광신호는, 광발광(PL), 라만 산란 또는 전계발광인 것인,
양자점의 밴드갭 제어 방법.
- [청구항 10] 제1항에 있어서,
상기 탐침증강 나노분광현미경의 탐침을 위치시키는 단계는, 탐침의
수평적 위치에서 탐침을 위치시키는 것인,
양자점의 밴드갭 제어 방법.
- [청구항 11] 기판 상에 양자점을 포함하는 시편을 준비하는 단계;
상기 시편에 광조사하는 단계;
상기 시편의 양자점 위로 탐침증강 나노분광현미경의 탐침을 위치시키는
단계;
상기 탐침을 이용하여 수직 방향으로 양자점에 압력을 가하여 밴드갭을
제어하는 단계; 및
단일 양자점에서 발산하는 광신호를 플라즈모닉 안테나 효과로 탐침
증강시켜 광신호를 측정하는 단계;
를 포함하는,
탐침증강 나노분광현미경을 이용한, 양자점의 광신호 측정 방법.
- [청구항 12] 제11항에 있어서,
상기 단일 양자점의 광신호 측정 방법은, 근거리 장에서 광신호를
증강하고 광신호를 측정하는 것인,
양자점의 광신호 측정 방법.
- [청구항 13] 시편부; 및
탐침증강 나노분광현미경;
을 포함하고,
상기 시편부는, 금속 기판; 및 상기 기판 상에 형성된 금속 산화물층;을
포함하고,
상기 탐침증강 나노분광현미경은, 탐침을 이용하여 시편의 양자점에
압력을 가하여 밴드갭과 광신호를 제어하고, 광신호를 증강시키는 것인,
양자점 밴드갭 제어 및 광신호 측정을 위한, 시스템.
- [청구항 14] 제13항에 있어서,
상기 금속 기판은, Au, Ag, Cu, Al, Pt, Ti, Cr 및 Ni로 이루어진 군에서
선택된 1종 이상을 포함하는 것인,
시스템.
- [청구항 15] 제13항에 있어서,
상기 탐침증강 나노분광현미경은, TEPL(tip-enhanced photoluminescence
spectroscopy), TERS(tip-enhanced Raman spectroscopy) 및
TEEL(tip-enhanced electroluminescence) 중 적어도 하나 이상인 것인,
시스템.

- [청구항 16] 제13항에 있어서,
상기 시스템은, 근거리 장에서 광신호를 증강하고 광신호를 측정하는
것인,
시스템.

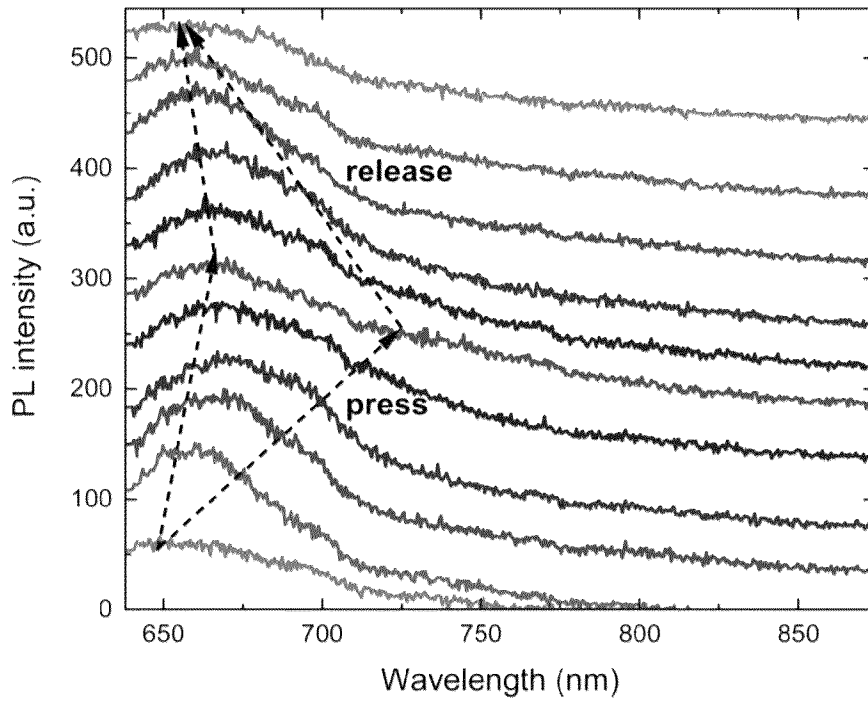
[도1]



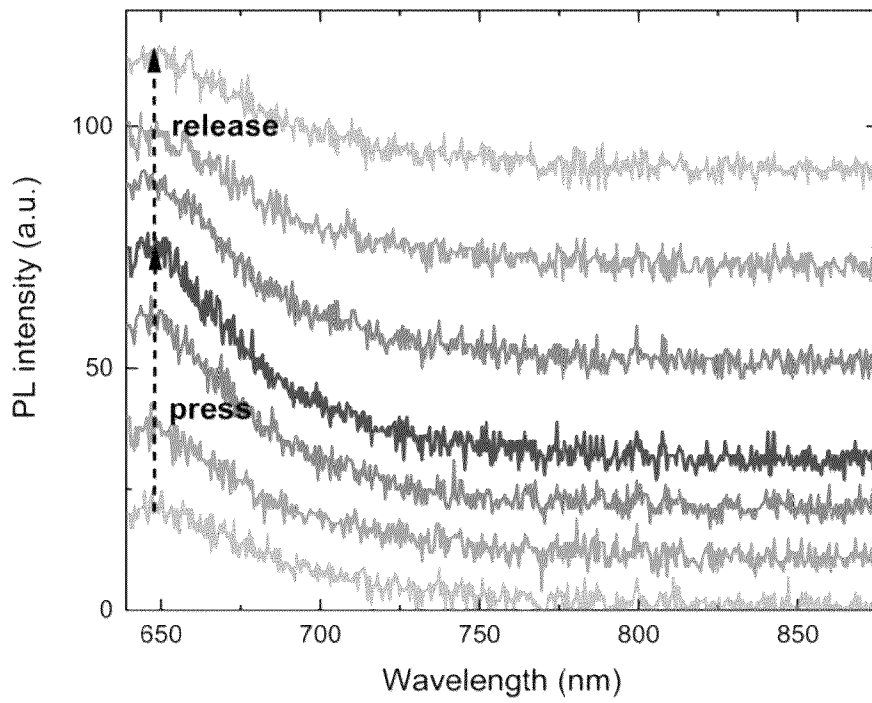
[도2]



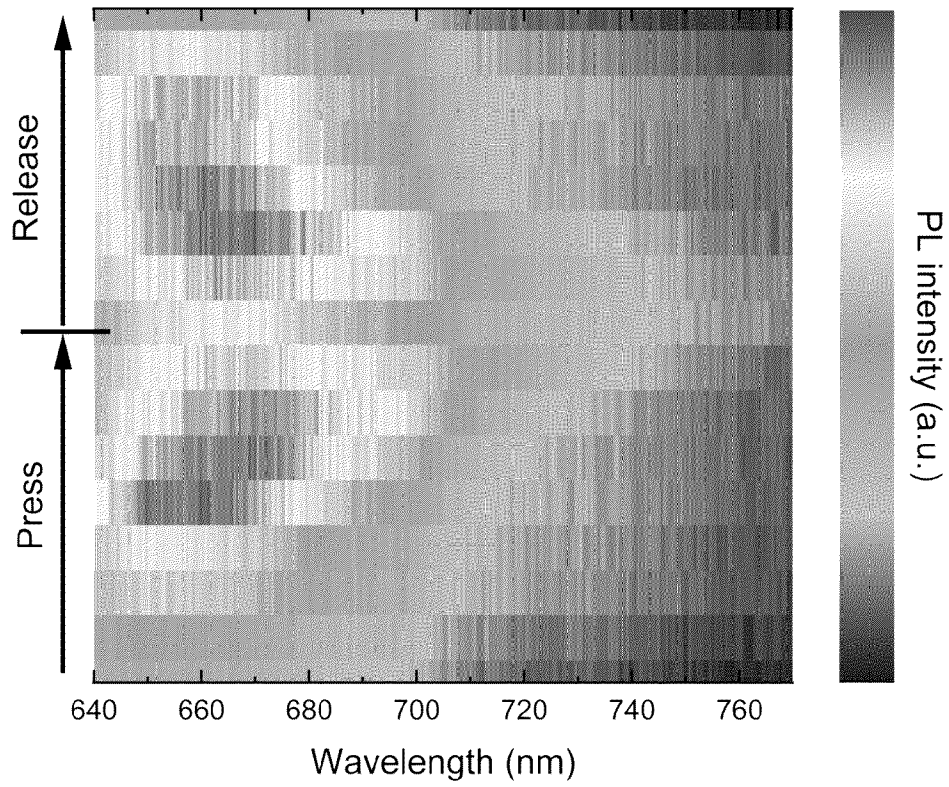
[도3a]



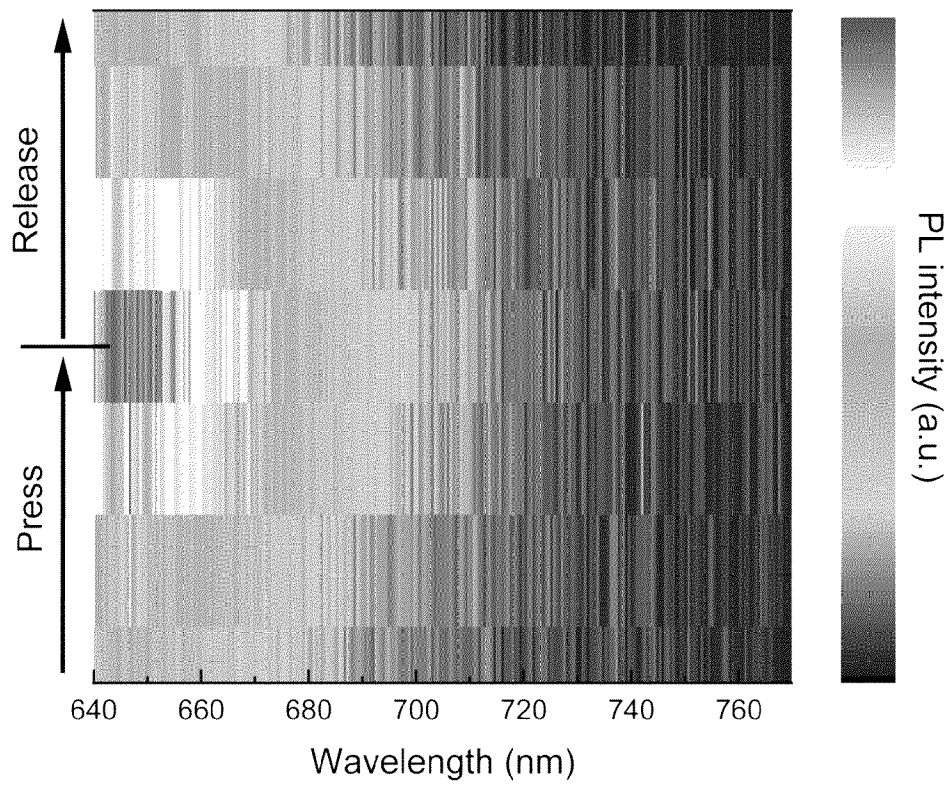
[도3b]



[도3c]



[도3d]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2020/018973

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01Q 30/02(2010.01)i; G01J 3/44(2006.01)i; G01Q 10/00(2010.01)i; G01N 21/65(2006.01)i; G01N 21/66(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)

G01Q 30/02(2010.01); G01N 21/41(2006.01); G11B 7/22(2006.01); H01L 21/02(2006.01); H01L 33/00(2010.01); H01L 51/00(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: 양자점(quantum dot), 밴드 갭(band gap), 탐침증강(tip-enhanced), 압력(pressure), 광발광(photoluminescence)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	OGAWA et al. Nanometer-scale mapping of the strain and Ge content of Ge/Si quantum dots using enhanced Raman scattering by the tip of an atomic force microscope. PHYSICAL REVIEW B. 10 February 2011, Vol. 83, 081302(R), pp. 1-4. See pages 1 and 2 and figure 1.	1-16
Y	MINOT et al. Tuning Carbon Nanotube Band Gaps with Strain. PHYSICAL REVIEW LETTERS. 18 April 2003, Vol. 90, No. 15, 156401, pp. 1-4. See pages 1 and 2 and figure 1.	1-16
Y	KR 10-2009-0002787 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 09 January 2009 (2009-01-09) See paragraphs [0028]-[0044] and figure 5.	3,5,13-16
A	JP 6039775 B2 (TOSHIBA CO., LTD. et al.) 07 December 2016 (2016-12-07) See paragraphs [0057]-[0063] and figures 1 and 8.	1-16
A	US 9373547 B1 (HAN et al.) 21 June 2016 (2016-06-21) See claims 1-3 and figures 7A-7C.	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

“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

13 April 2021

Date of mailing of the international search report

13 April 2021

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
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2020/018973

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
KR	10-2009-0002787	A	09 January 2009	US	2009-0008628	A1	08 January 2009
				US	7863628	B2	04 January 2011
JP	6039775	B2	07 December 2016	JP	2010-078584	A	08 April 2010
				JP	2014-130356	A	10 July 2014
				JP	2016-040547	A	24 March 2016
				JP	5504418	B2	28 May 2014
US	9373547	B1	21 June 2016	US	9666431	B1	30 May 2017

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) G01Q 30/02(2010.01)i; G01J 3/44(2006.01)i; G01Q 10/00(2010.01)i; G01N 21/65(2006.01)i; G01N 21/66(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) G01Q 30/02(2010.01); G01N 21/41(2006.01); G11B 7/22(2006.01); H01L 21/02(2006.01); H01L 33/00(2010.01); H01L 51/00(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: 양자점(quantum dot), 밴드갭(band gap), 탐침증강(tip-enhanced), 압력(pressure), 광발광(photoluminescence)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	OGAWA et al. Nanometer-scale mapping of the strain and Ge content of Ge/Si quantum dots using enhanced Raman scattering by the tip of an atomic force microscope. PHYSICAL REVIEW B. 10 February 2011, Vol. 83, 081302(R), pp. 1-4. 페이지 1, 2 및 도면 1	1-16
Y	MINOT et al. Tuning Carbon Nanotube Band Gaps with Strain. PHYSICAL REVIEW LETTERS. 18 April 2003, Vol. 90, No. 15, 156401, pp. 1-4. 페이지 1, 2 및 도면 1	1-16
Y	KR 10-2009-0002787 A (삼성전자주식회사) 2009.01.09 단락 [0028]-[0044] 및 도면 5	3,5,13-16
A	JP 6039775 B2 (주식회사 도시바 등) 2016.12.07 단락 [0057]-[0063] 및 도면 1, 8	1-16
A	US 9373547 B1 (HAN 등) 2016.06.21 청구항 1-3 및 도면 7A-7C	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 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 2021년04월13일(13.04.2021)		국제조사보고서 발송일 2021년04월13일(13.04.2021)
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
KR 10-2009-0002787 A	2009/01/09	US 2009-0008628 A1	2009/01/08
		US 7863628 B2	2011/01/04
JP 6039775 B2	2016/12/07	JP 2010-078584 A	2010/04/08
		JP 2014-130356 A	2014/07/10
		JP 2016-040547 A	2016/03/24
		JP 5504418 B2	2014/05/28
US 9373547 B1	2016/06/21	US 9666431 B1	2017/05/30