

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2019년 3월 21일 (21.03.2019) **WIPO | PCT**



(10) 국제공개번호
WO 2019/054540 A1

(51) 국제특허분류:

H05G 2/00 (2006.01) *G21K 5/04* (2006.01)
H05H 9/00 (2006.01) *G21K 1/10* (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2017/010191

(22) 국제출원일: 2017년 9월 18일 (18.09.2017)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2017-0119252 2017년 9월 18일 (18.09.2017) KR

(71) 출원인: 한국수력원자력 주식회사 (**KOREA HYDRO & NUCLEAR POWER CO., LTD**) [KR/KR]; 38120 경상북도 경주시 양북면 불국로 1655, Gyeongsangbuk-do (KR).

(72) 발명자: 김용희 (**KIM, Yonghee**); 34090 대전시 유성구 은구비남로 34, 802동 1102호, Daejeon (KR). 이지

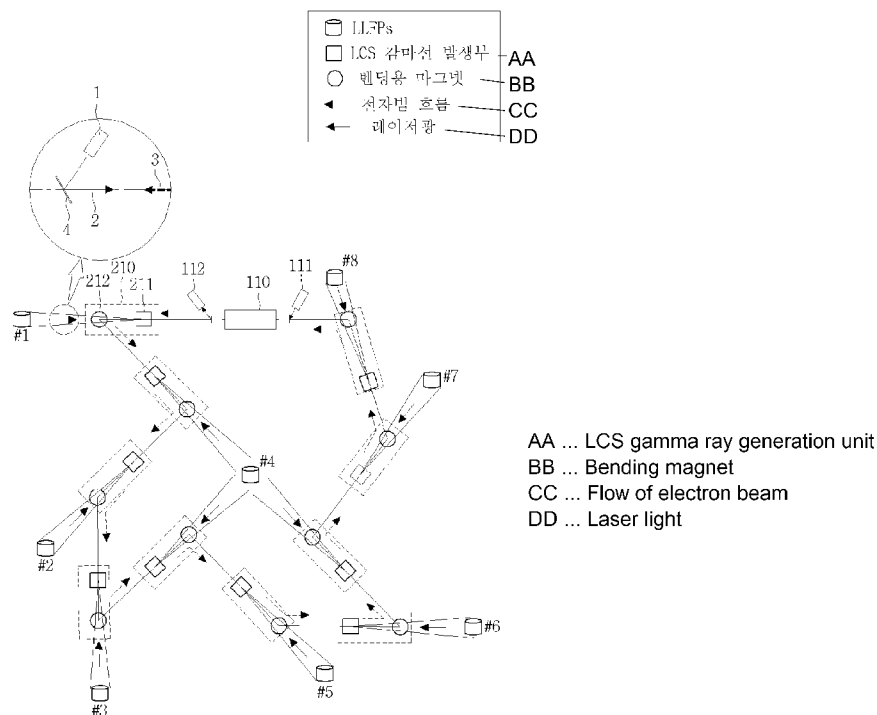
영 (**LEE, Jiyoung**); 34139 대전시 유성구 대학로 241-1, Daejeon (KR). 장성동 (**JANG, Seongdong**); 34141 대전시 유성구 대학로 291, 나들관 508호, Daejeon (KR). 하십우르레흐만 (**HASEEB, Ur Rehman**); 34141 대전시 유성구 대학로 291, 희망관 1021호, Daejeon (KR). 이은기 (**LEE, Eun Ki**); 34053 대전시 유성구 전민로 71, 103동 105, Daejeon (KR). 김영애 (**KIM, Young Ae**); 34022 대전시 유성구 배울2로 24, 301동 901호, Daejeon (KR). 정지은 (**JUNG, Ji Eun**); 35205 대전시 서구 청사로 281, 220동 1604호, Daejeon (KR).

(74) 대리인: 이은철 (**LEE, Un Cheol**); 05836 서울시 송파구 법원로11길 25, A동 301호 5T국제특허법률사무소, 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,

(54) Title: APPARATUS FOR EXTRACTING MULTIPLE LASER COMPTON SCATTERING PHOTON BEAMS

(54) 발명의 명칭: 레이저 콤프턴 산란 광자빔 다중 추출 장치



(57) Abstract: The present invention relates to an apparatus capable of extracting multiple laser Compton scattering (LCS) photon beams by using an LCS reaction, comprising: a linear accelerator for accelerating an electron beam; and an LCS gamma ray generation module including an LCS gamma ray generation unit for emitting, at a target, an LCS gamma ray generated by emitting laser light at the electron beam outputted from the linear accelerator, and a bending magnet for adjusting the direction of the electron beam having passed through the LCS gamma ray generation unit, wherein at least two LCS gamma ray generation modules are sequentially arranged so as to form a closed loop with the linear accelerator.



WO 2019/054540 A1

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,
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 역
내 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), 유
럽 (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).

규칙 4.17에 의한 선언서:

- 신규성을 해치지 아니하는 개시 또는 신규성 상실의 예
외에 관한 선언 (규칙 4.17(v))

공개:

- 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(57) **요약서:** 본 발명은 레이저 콤프턴 산란(LCS, Laser Compton Scattering) 반응을 이용하여 레이저 콤프턴 산란 광자빔을 다중 추출할 수 있는 장치에 관한 것으로, 전자빔을 가속하는 선형가속기와; 상기 선형가속기에서 방출된 전자빔에 레이저 광을 조사하여 발생된 LCS 감마선을 타겟에 조사하게 되는 LCS 감마선 발생부와, 상기 LCS 감마선 발생부를 통과한 전자빔의 방향을 조정하게 되는 벤딩용 마그넷을 포함한 LCS 감마선 생성모듈을 포함하며, 상기 LCS 감마선 생성모듈은 적어도 2 개 이상이 순차적으로 배치되어 상기 선형가속기와 함께 페루프를 구성한다.

명세서

발명의 명칭: 레이저 콤프턴 산란 광자빔 다중 추출 장치 기술분야

- [1] 본 발명은 레이저 콤프턴 산란(LCS, Laser Compton Scattering) 반응을 이용하여 레이저 콤프턴 산란 광자빔을 다중 추출할 수 있는 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 레이저 콤프턴 산란(LCS) 반응이란, 가속된 고에너지 전자에 저에너지 레이저를 조사하여 역콤프턴 산란(Inverse Compton Scattering)을 일으키는 반응으로서, 특정 에너지 영역의 LCS 광자를 생성할 수 있다. 반응 후 생성된 고에너지의 LCS 광자는 핵변환, 물리적 실험 등과 같은 여러 분야에 걸쳐 사용될 수 있다.
- [3] 특히 핵폐기물의 처분은 핵연료 사이클의 백엔드(backend)에 해당되며, 가장 도전적인 일이다. 방사성 폐기물은 다양한 유독성의 위험한 분열 물질들을 갖고 있다. 이러한 물질들 중에 상당수는 반감기가 짧아서 빨리 안정된 핵으로 붕괴가 되지만, 일부는 매우 긴 반감기를 갖는다. 이러한 장수명 핵분열 물질(LLFPs, long-living fission products)은 매우 이동성이 좋아서 특별한 취급이 요구된다. LLFPs를 억제하는 일반적인 선택으로는 지질학적 저장소에 처분하는 것이나, 수백만 년의 오랜 기간 동안 LLFPs를 저장할 수 있는 지질학적 저장소를 설계하는 것을 아마도 현실적이지 못한 선택이다. 한편 다른 대안으로는 LLFPs를 단수명이거나 안정된 핵종으로 변환시키는 것이 있을 수 있다.
- [4] 유독성의 방사성 핵종 변환을 위한 가능한 접근 방법으로는 (n, γ) 를 이용한 중성자 포획 반응이 있으나, 이는 상당히 큰 중성자 플럭스($10^{15} \sim 10^{16} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{sec}$)와 한 핵종에서 다른 핵종으로의 중성자 포획 단면적의 급격한 변화가 문제점이 된다. 다른 방법으로는 (γ, n) 의 변환을 이용한 광핵 반응을 위해 고강도의 감마선을 사용하는 것이다. (γ, n) 의 변환은 거대 이중극자 공명(GDR, giant dipole resonance) 단면적이 중심된다. GDR은 지배적인 여기 메커니즘으로서 핵들은 모든 양성자들에 대해 집단적인 벌크 진동(collective bulk oscillation)을 경험하게 된다. GDR 단면적은 천천히 변화하는 질량수의 함수이고 하나의 방사성 핵종에서 다른 핵종으로의 급격한 변화가 없다.
- [5] 이러한 여기 작용을 위한 고강도의 감마선은 다른 방법에 의해 생성될 수 있으며, 가장 적합한 방법은 레이저 콤프턴 산란(LCS) 기술을 사용하는 것이다.
- [6] LCS 현상은 낮은 에너지의 광자(대략 수 eV의 에너지)가 일정 에너지를 갖는 전자빔에서 산란되어 매우 높은 에너지의 감마선을 생성한다. 도 1은 이러한 LCS 현상을 개념적으로 보여주는 도면이다.
- [7] LCS 감마선은 상당한 에너지를 갖는 준단색광(quasi-monochromatic light)이며 에너지의 조정이 가능하다. 이러한 특성들에 의해 생성된 감마선은 LLFPs의

GDR 단면적(10~20 MeV)의 에너지 범위와 겹쳐질 수 있다.

- [8] 다양한 LLFPs 중에서 방사성 폐기물 관리의 측면에서 주요 관심사가 되는 것은 소수에 불과하며, 유독성 수준, 반감기, 저장소 영향 및 연간 재고량을 기준으로 할 때 요오드와 세슘은 사용후 핵연료 취급에서 상당히 심각한 문제가 있다. [표 1]은 전형적인 경수로(LWR)의 사용후 핵연료에서 변환이 필요한 방사성 핵종의 동위원소 조성을 보여준다.

- [9] [표1]

Element	Isotope	Isotopic Composition(wt%)
Iodine	^{127}I	22.98
	^{129}I	77.02
Cesium	^{133}Cs	76.41
	^{134}Cs	0.292
	^{135}Cs	16.83
	^{137}Cs	6.47

- [10] 일반적으로 동위원소 분리는 GDR 단면적이 하나의 동위원소에서 다른 동위원소로 커다란 변화를 보여주고 있지 않기 때문에 (γ, n) 기반의 핵변환이 요구된다. 따라서 일부 단수명 또는 안정된 동위원소는 (γ, n) 반응이 진행될 상당한 개연성을 가지며 장수명 방사성핵종으로 변환될 수 있다. [표 2]는 방사성 핵종의 전환 물질과 (γ, n) 반응 이후의 그 반감기를 보여주고 있다.

- [11] [표2]

Radionuclide	Product after (γ, n) reaction
$^{127}\text{I}(\text{stable})$	$^{126}\text{I}(12.93 \text{ d})$
$^{129}\text{I}(T_{1/2}=15.7 \times 10^6 \text{ y})$	$^{128}\text{I}(24.99 \text{ m})$
$^{133}\text{Cs}(\text{stable})$	$^{132}\text{Cs}(6.48 \text{ d})$
$^{134}\text{Cs}(T_{1/2}=2.07 \text{ y})$	$^{133}\text{Cs}(\text{stable})$
$^{135}\text{Cs}(T_{1/2}=2.3 \times 10^6 \text{ y})$	$^{134}\text{Cs}(T_{1/2}=2.07 \text{ y})$
$^{137}\text{Cs}(T_{1/2}=30 \text{ y})$	$^{136}\text{Cs}(T_{1/2}=13.16 \text{ d})$

- [12] [표 2]로부터 (γ, n) 반응만을 고려하면 요오드와 세슘은 어떤 동위원소 분리를 필요로 하지 않는다. 전환 이후에 물질은 안정적이거나 단수명이 되며, 안정된 동위원소 일부는 또한 방사성 핵종으로 전환되지만 매우 짧은 단수명 핵종이 되어 현재의 폐기물 관리 범주 내에서 관리가 이루어질 수 있다.

- [13] 이런 종류의 전환에 다른 고려사항으로는 ($\gamma, 2n$), ($\gamma, 3n$) 및 (γ, xn) 등과 같은 고차의 광핵 반응이 있을 수 있으나, ($\gamma, 2n$) 이외에 고차의 반응들을 위한 문턱

에너지는 매우 높다. 그러나 $(\gamma, 2n)$ 반응 단면적은 (γ, n) 반응 단면적과 비교하여 상당히 작으며, LCS 스펙트럼을 최적화하여 $(\gamma, 2n)$ 반응을 최소화하고 (γ, n) 반응을 극대화할 수 있음을 확인하였다.

[14] [선행기술문헌]

[15] [특허문헌]

[16] 미국특허공보 US 2012/0002783(공개일자: 2012.01.05)

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[17] 본 발명은 핵폐기물 등의 타겟에 광핵 반응에 의한 핵변환을 효율적으로 유도할 수 있도록 다중의 LCS 감마선을 추출할 수 있는 장치를 제공하고자 하는 것이다.

과제 해결 수단

[18] 이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 LCS 광자빔 다중 추출 장치는, 전자빔을 가속하는 선형가속기와; 상기 선형가속기에서 방출된 전자빔에 레이저광을 조사하여 발생된 LCS 감마선을 타겟에 조사하게 되는 LCS 감마선 발생부와, 상기 LCS 감마선 발생부를 통과한 전자빔의 방향을 조정하게 되는 벤딩용 마그넷을 포함한 LCS 감마선 생성모듈을 포함하며, 상기 LCS 감마선 생성모듈은 적어도 2 개 이상이 순차적으로 배치되어 상기 선형가속기와 함께 페루프를 구성한다.

[19] 바람직하게는, 상기 LCS 감마선 생성모듈은 적어도 2개 이상이 동일 타겟에 LCS 감마선을 조사하도록 배치된다.

[20] 바람직하게는, 상기 LCS 감마선 생성모듈은 서로 다른 에너지의 LCS 감마선을 발생시켜 서로 다른 핵종의 타겟에 대해 광핵 반응이 이루어진다.

[21] 바람직하게는, 상기 벤딩용 마그넷에서 전자빔의 벤딩각(θ)은 $0 < \theta < 90^\circ$ 이다.

발명의 효과

[22] 본 발명에 따른 LCS 광자빔 다중 추출 장치는, 선형가속기와, 레이저광의 조사에 의해 전자빔과의 콤프턴 산란에 의해 생성된 LCS 감마선을 생성하고, LCS 감마선 추출이 이루어진 전자빔의 방향을 조정하게 되는 벤딩형 마그넷을 포함하는 복수의 LCS 감마선 생성모듈을 포함하며, 이러한 LCS 감마선 생성모듈이 적어도 2 개 이상 순차적으로 배치되어 선형가속기와 함께 하나의 페루프를 구성함으로써 하나의 선형가속기를 이용하여 특정 핵변환 유도 확률을 높일 수 있으며, 또는 다양한 핵종에 대한 핵변환 유도를 일괄적으로 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[23] 도 1은 LCS 현상을 개념적으로 보여주는 도면,

[24] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 LCS 광자빔 다중 추출 장치의 구성도,

[25] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 LCS 광자빔 다중 추출 장치의 구성도.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [26] 본 발명의 실시예에서 제시되는 특정한 구조 내지 기능적 설명은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있다. 또한, 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 아니 되며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경물, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [27]
- [28] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 대해 상세히 설명한다.
- [29] 도 2를 참고하면, 본 발명의 실시예에 따른 LCS 광자빔 다중 추출 장치는, 전자빔을 가속하는 선형가속기(110)와, LCS 감마선을 생성하고 전자빔의 방향을 조정하게 되는 복수의 LCS 감마선 생성모듈(210)을 포함한다.
- [30] 선형가속기(110)는 전자를 가속하기 위한 것으로서, 전자의 가속 또는 감속이 이루어지는 마이크로 캐비티(microwave cavity) 내에 전자를 주입하게 되는 인젝터(111)가 입구측에 마련될 수 있으며, 또한 선형가속기(110)는 복수의 LCS 감마선 생성모듈(210)과 함께 페루프를 구성하는 에너지 회수 선형가속기(ERL, Energy recovery LINAC)가 사용됨이 바람직하며, 선형가속기(110)의 출구 측에 설치되어 전자빔을 흡수할 수 있는 빔 덤프(beam dump: 112)가 마련될 수 있다. 이러한 선형가속기(110)는 전자빔의 가속이 이루어지며, 전자빔의 가속 및 포커싱을 위한 구성은 종래와 동일하므로 이에 대한 설명은 생략한다. 또한 선형가속기(110)과 각 LCS 감마선 생성모듈(210) 사이는 진공 상태를 갖는 빔라인이 구비되어 전자빔의 수송이 이루어지며, 빔라인에는 전자빔을 집속하거나 빔 진단을 위해 입자가속기에 사용되는 주지의 부대설비 또는 계측장비가 부가될 수 있음을 이해하여야 할 것이다.
- [31] LCS 감마선 생성모듈(210)은 선형가속기(110)에서 방출된 전자빔에 레이저광을 조사하여 발생된 LCS 감마선을 타겟에 조사하는 LCS 감마선 발생부(211)와, LCS 감마선 발생부(211)를 통과한 전자빔의 방향을 조정하게 되는 벤딩용 마그넷(212)을 포함한다.
- [32] LCS 감마선 발생부(211)는 레이저광 소스(1)에서 발생된 레이저광(2)을 전자빔(3) 방향으로 조사하게 되는 미러(4)를 포함할 수 있으며, 이때 미러(4)는 일정 파장대의 레이저광(2)만을 반사하고 LCS 감마선에 대해서는 투명한 다층구조의 미러가 사용될 수 있다. 이러한 LCS 감마선 발생부(211)는 전자빔의 이송이 이루어지는 빔라인에 마련된 별도의 챔버일 수 있다.
- [33] LCS 감마선 발생부(211)는 가속된 전자빔과 레이저광 사이의 탄성 산란에 의해 입체각을 갖고 LCS 감마선이 발생되며, 이 LCS 감마선은 핵폐기물(LLFPs)에 조사되어 핵변환 반응이 발생된다.
- [34] 벤딩용 마그넷(212)은 전자빔의 경로를 변환하기 위한 것으로서, 균일한

자기장을 발생시킬 수 있는 전자석 또는 초전도 자석에 의해 제공될 수 있다.

- [35] 이와 같이 구성된 LCS 감마선 생성모듈(210)은 복수 개로 구성되어 적어도 2개 이상이 순차적으로 배치되어 선형가속기(110)와 함께 페루프를 구성한다. 본 실시예에서는 8개의 핵폐기물(LLFPs)과 10개의 LCS 감마선 생성모듈로 구성된 것을 예시하고 있으나, 그 숫자와 레이아웃은 다양하게 변형이 가능하다.
- [36] 각 LCS 감마선 생성모듈(210)마다 발생된 LCS 감마선은 핵폐기물(LLFPs)에 조사되어 핵변환 반응을 유도하게 되며, 하나의 LCS 감마선 생성모듈(210)에 하나의 핵폐기물(LLFPs)이 대응되어 배치될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 본 실시예에서는 4번째 핵폐기물은 세 개의 LCS 감마선 생성모듈(210A)(210B)(210C)에 의해 LCS 감마선 조사가 이루어져 핵변환 반응 효율을 높일 수 있다.
- [37] 각 LCS 감마선 생성모듈(210)은 서로 다른 에너지를 갖는 레이저광의 조사가 이루어져 전체적으로는 하나의 선형가속기(110)를 이용하여 다양한 LCS 감마선을 생성할 수 있으며, 이는 처리하고자 하는 핵폐기물(LLFPs)의 핵종에 따라서 결정될 수 있다.
- [38] 전자가속기(110)에서 발생된 전자빔은 순차적으로 배치된 복수의 LCS 감마선 생성모듈(210)에서 LCS 감마선을 발생시키고 전자가속기(110)로 다시 들어가는 사이클을 가지며, 타겟(핵폐기물)에 따라서 LCS 감마선 생성모듈(210)의 배치 형태는 다양하게 구성될 수 있다.
- [39] 한편 각 LCS 감마선 생성모듈(210)에서 발생하는 전자빔의 손실을 살펴보면, 이론적으로 LCS 반응에서 가속된 전자와 레이저광의 충돌 확률은 0.0016%에 불과하며 따라서 각 생성모듈에서 전자의 99.9984%는 레이저광과 반응하지 않는다. 또한 산란된 전자 역시도 그 에너지가 산란 전과 비교하여 99.1%를 유지한다. 따라서 LCS 감마선 생성모듈(210)을 통과한 전자빔은 다음 단계의 생성모듈에서 추가 LCS 반응을 일으키기에 충분한 에너지를 갖는다.
- [40] 또한 LCS 감마선 생성모듈(210)의 벤딩용 마그넷(212)에서 발생될 수 있는 전자빔의 에너지 손실(ΔE)은 다음의 [수학식 1]을 이용하여 계산될 수 있다.
- [41] [수식1]

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} (GeV/s) = \frac{c(m/s)C_{\gamma}(m/GeV^3)}{2\pi} \frac{E^4(GeV^4)}{\rho^2(m^2)}$$

- [42] E는 전자빔의 에너지이며, c는 광속이며, C_{γ} 는 상수이다. ρ 는 벤딩 반경(bending radius)으로서, 다음의 [수학식 2]로 표현된다.
- [43] [수식2]

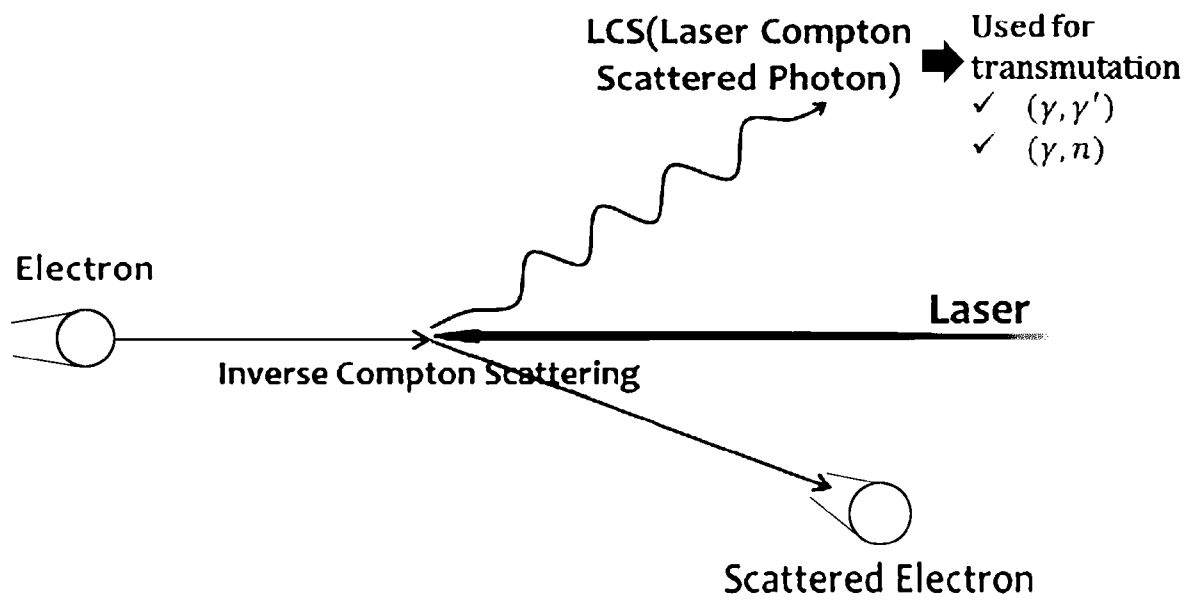
$$\rho(m) = \frac{length of magnet(m)}{Bending angle(rad)} \frac{l}{\theta}$$

- [44] [수학식 1]과 [수학식 2]로부터 벤딩용 마그넷(212)에서 벤딩각(bending angle)이 클수록 에너지 손실이 커지는 것을 알 수 있으며, 따라서 벤딩용 마그넷(212)에서 발생될 수 있는 전자빔의 에너지 손실을 줄이기 위해서는 벤딩각을 작게 구성하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 벤딩각을 직각(90°)으로 하는 경우에 발생될 수 있는 에너지 손실은 약 0.4% 이하이다. 따라서 벤딩용 마그넷(212)의 전자빔의 벤딩각(θ)은 $0 < \theta \leq 90^\circ$ 사이에서 결정되는 것이 바람직할 수 있다.
- [45]
- [46] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 LCS 광자빔 다중 추출 장치의 구성도로서, 각 LCS 감마선 생성모듈(210)의 벤딩용 마그넷(212)은 전자빔(3)의 벤딩각(θ)이 직각(90°)인 것을 보여주고 있다. 본 실시예에서 다섯 개의 핵폐기물(#2, #4, #8, #14)는 두 개의 감마선 생성모듈에 의해 LCS 감마선 조사가 이루어지는 것을 보여주고 있다.
- [47] 이와 같이 본 발명은 각 LCS 감마선 생성모듈의 벤딩용 마그넷에서 전자빔의 벤딩각을 적절 범위 내에서 결정하여 전자빔의 에너지 손실을 최소화할 수 있으며, 또한 타겟의 숫자 또는 핵종에 따라서 LCS 감마선 생성모듈을 적절히 구성하여 하나의 선형가속기를 이용하여 특정 핵변환 유도 확률을 높일 수 있으며, 또는 다양한 핵종에 대한 핵변환 유도를 일괄적으로 수행할 수 있다.
- [48]
- [49] 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경을 할 수 있음은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이다.
- [50] [부호의 설명]
- [51] 110 : 선형가속기
- [52] 210 : LCS 감마선 생성모듈
- [53] 211 : LCS 감마선 발생부
- [54] 212 : 벤딩용 마그넷

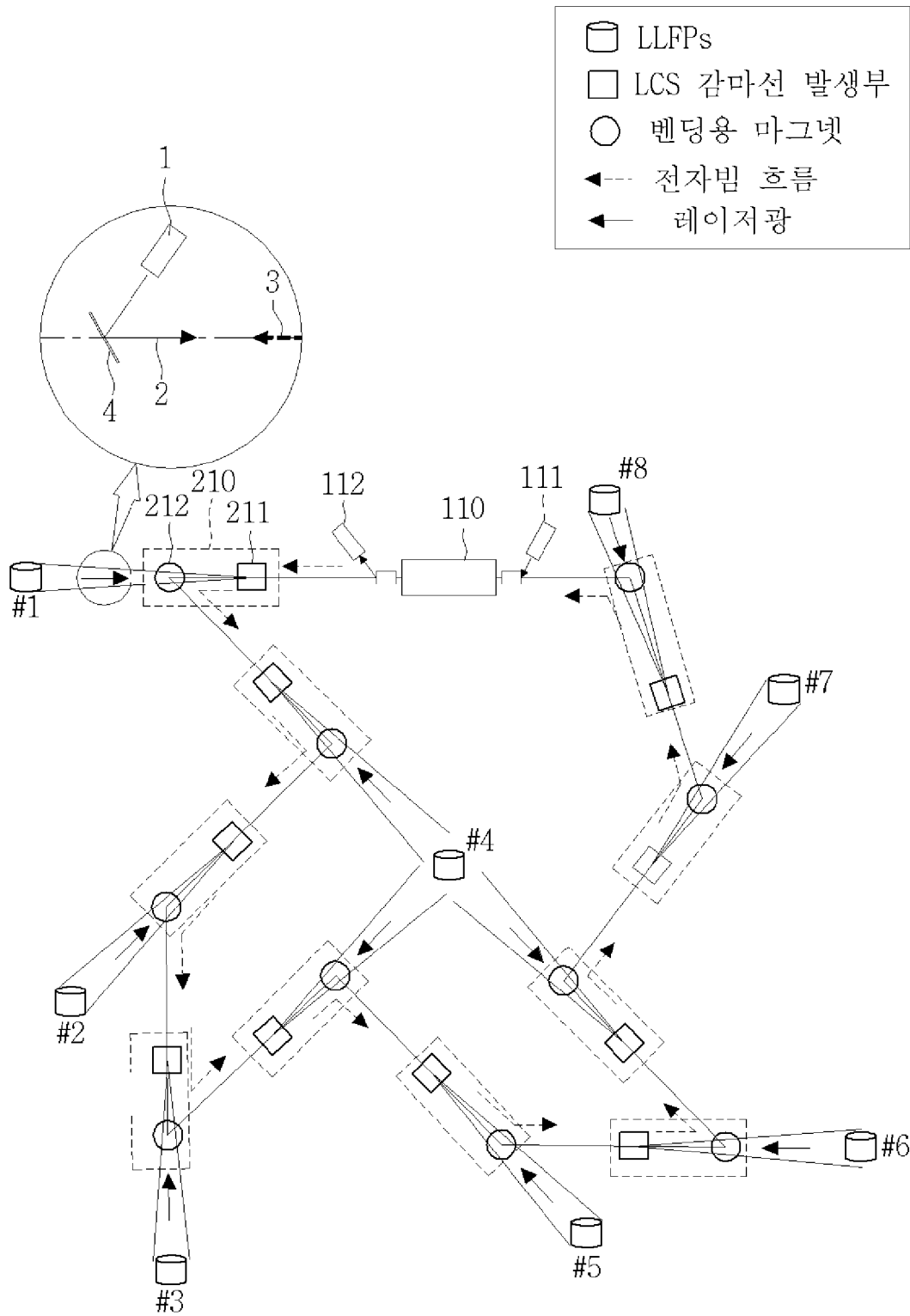
청구범위

- [청구항 1] 전자빔을 가속하는 선형가속기와;
상기 선형가속기에서 방출된 전자빔에 레이저광을 조사하여 발생된 LCS 감마선을 타겟에 조사하게 되는 LCS 감마선 발생부와, 상기 LCS 감마선 발생부를 통과한 전자빔의 방향을 조정하게 되는 벤딩용 마그넷을 포함한 LCS 감마선 생성모듈을 포함하며,
상기 LCS 감마선 생성모듈은 적어도 2 개 이상이 순차적으로 배치되어
상기 선형가속기와 함께 페루프를 구성하는 LCS 광자빔 다중 추출 장치.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 LCS 감마선 생성모듈은 적어도 2개 이상이 동일 타겟에 LCS 감마선을 조사하도록 배치됨을 특징으로 하는 LCS 광자빔 다중 추출 장치.
- [청구항 3] 제1항에 있어서, 상기 LCS 감마선 생성모듈은 서로 다른 에너지의 LCS 감마선을 발생시켜 서로 다른 핵종의 타겟에 대해 광핵 반응이 가능한 것을 특징으로 하는 LCS 광자빔 다중 추출 장치.
- [청구항 4] 제1항에 있어서, 상기 벤딩용 마그넷에서 전자빔의 벤딩각(θ)은 $0 < \theta < 90^\circ$ 인 것을 특징으로 하는 LCS 광자빔 다중 추출 장치.

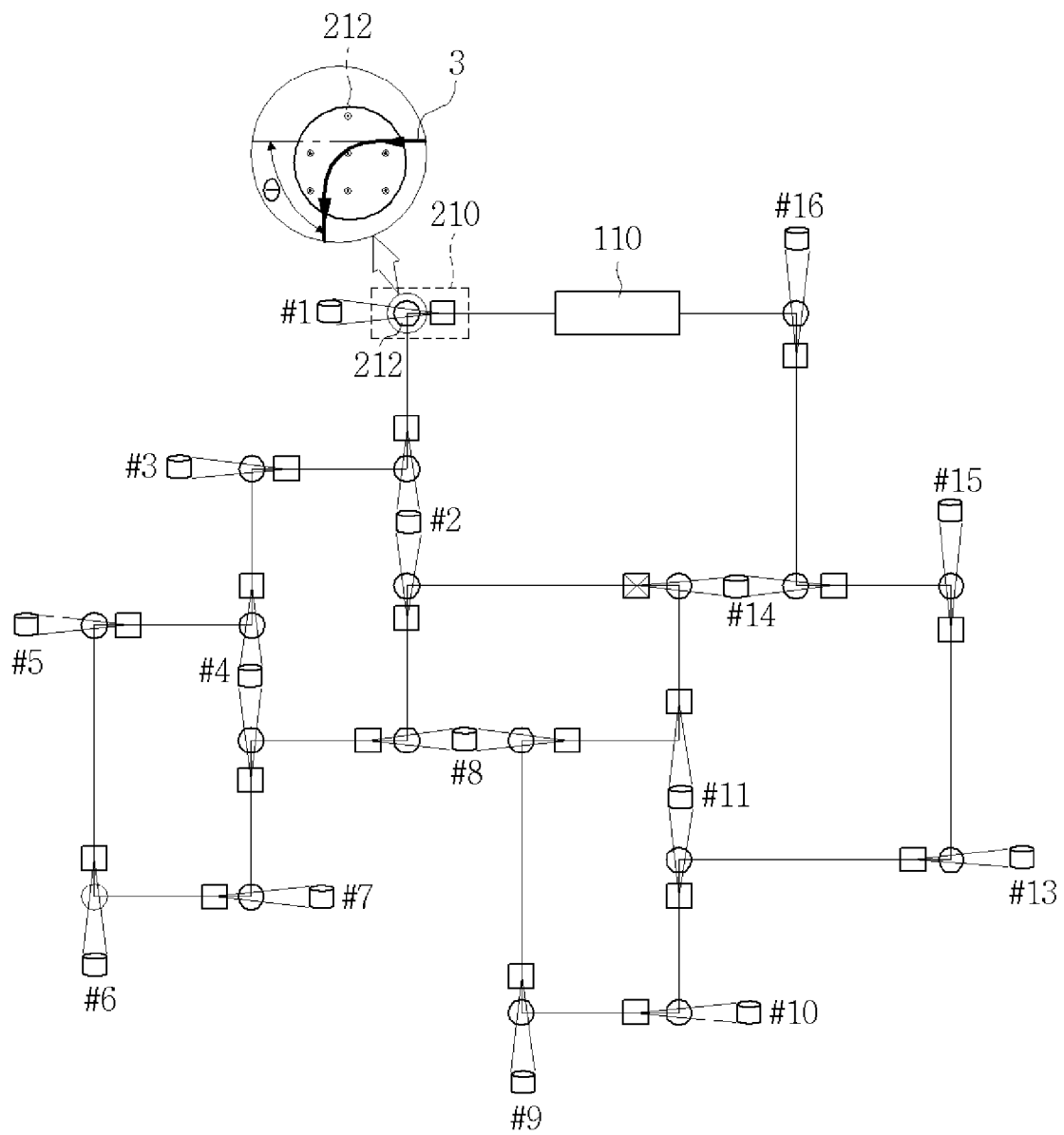
[도1]



[도2]



[도3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2017/010191

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05G 2/00(2006.01)i, H05H 9/00(2006.01)i, G21K 5/04(2006.01)i, G21K 1/10(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)

H05G 2/00; H01J 35/00; H01J 35/14; H01S 3/00; H05H 7/00; H01L 27/00; G01N 23/22; H05H 1/00; H05H 9/00; G21K 5/04; G21K 1/10

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: laser, acceleration, beam, gamma, magnet, direction, extraction, core

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 5403767 B2 (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY et al.) 29 January 2014 See paragraphs [0005]-[0007], [0036]-[0040] and figure 5.	1-4
Y	US 6459766 B1 (SRINIVASAN-RAO, Triveni) 01 October 2002 See column 2, line 7-column 3, line 39 and figure 1.	1-4
A	US 2005-0226383 A1 (RIFKIN, Jeffrey et al.) 13 October 2005 See paragraphs [0028]-[0051] and figures 2-4C.	1-4
A	US 2010-0080356 A1 (ISHIDA, Daisuke et al.) 01 April 2010 See paragraphs [0051]-[0089] and figures 4-8.	1-4
A	JP 2012-032220 A (JAPAN ATOMIC ENERGY AGENCY et al.) 16 February 2012 See paragraphs [0015]-[0034] and figures 1-4.	1-4



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

18 JUNE 2018 (18.06.2018)

Date of mailing of the international search report

18 JUNE 2018 (18.06.2018)

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.

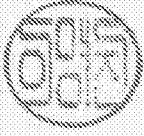
PCT/KR2017/010191

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 5403767 B2	29/01/2014	US 2012-0002783 A1	05/01/2012
		US 8804911 B2	12/08/2014
		WO 2010-101221 A1	10/09/2010
US 6459766 B1	01/10/2002	AU 2001-33415 A1	18/10/2001
		CA 2342567 A1	17/10/2001
		CN 1318970 A	24/10/2001
		EP 1148769 A2	24/10/2001
		EP 1148769 A3	17/04/2002
		HU 0101534 A2	28/01/2002
		IL 142578 A	10/03/2002
		JP 2002-043670 A	08/02/2002
		KR 10-2002-0003802 A	15/01/2002
		MX PA01003787 A	13/09/2005
		NO 20011832 A	18/10/2001
		ZA 200103005 A	16/10/2001
US 2005-0226383 A1	13/10/2005	DK 1745682 T3	21/01/2013
		EP 1745682 A2	24/01/2007
		EP 1745682 A4	18/08/2010
		EP 1745682 B1	17/10/2012
		HK 1100117 A1	22/03/2013
		JP 2007-533081 A	15/11/2007
		JP 5030772 B2	19/09/2012
		US 2005-0243966 A1	03/11/2005
		US 2005-0254534 A1	17/11/2005
		US 2005-0254535 A1	17/11/2005
		US 2005-0271185 A1	08/12/2005
		US 2008-0002813 A1	03/01/2008
		US 2008-0031420 A1	07/02/2008
		US 7242748 B2	10/07/2007
		US 7277526 B2	02/10/2007
		US 7295653 B2	13/11/2007
		US 7301972 B2	27/11/2007
		US 7443956 B2	28/10/2008
		US 7596208 B2	29/09/2009
		WO 2005-101925 A2	27/10/2005
		WO 2005-101925 A3	05/04/2007
		WO 2005-101926 A2	27/10/2005
		WO 2005-101926 A3	02/11/2006
		WO 2005-112525 A2	24/11/2005
		WO 2005-112525 A3	29/03/2007
US 2010-0080356 A1	01/04/2010	EP 2131634 A1	09/12/2009
		EP 2131634 A4	06/04/2011
		JP 2008-243375 A	09/10/2008
		JP 4590653 B2	01/12/2010
		US 8138678 B2	20/03/2012
		WO 2008-120571 A1	09/10/2008

Information on patent family members

PCT/KR2017/010191

09/04/2014

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H05G 2/00(2006.01)i, H05H 9/00(2006.01)i, G21K 5/04(2006.01)i, G21K 1/10(2006.01)i																				
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H05G 2/00; H01J 35/00; H01J 35/14; H01S 3/00; H05H 7/00; H01L 27/00; G01N 23/22; H05H 1/00; H05H 9/00; G21K 5/04; G21K 1/10 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: 레이저, 가속, 빔, 감마, 마그넷, 방향, 추출, 핵																				
C. 관련 문헌 <table border="1"> <thead> <tr> <th>카테고리*</th> <th>인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재</th> <th>관련 청구항</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>JP 5403767 B2 (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCEAND TECHNOLOGY 등) 2014.01.29 단락 [0005]-[0007], [0036]-[0040] 및 도면 5 참조.</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 6459766 B1 (TRIVENI SRINIVASAN-RAO) 2002.10.01 컬럼 2, 라인 7 - 컬럼 3, 라인 39 및 도면 1 참조.</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2005-0226383 A1 (JEFFREY RIFKIN 등) 2005.10.13 단락 [0028]-[0051] 및 도면 2-4C 참조.</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2010-0080356 A1 (DAISUKE ISHIDA 등) 2010.04.01 단락 [0051]-[0089] 및 도면 4-8 참조.</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2012-032220 A (JAPAN ATOMIC ENERGY AGENCY 등) 2012.02.16 단락 [0015]-[0034] 및 도면 1-4 참조.</td> <td>1-4</td> </tr> </tbody> </table>			카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항	Y	JP 5403767 B2 (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCEAND TECHNOLOGY 등) 2014.01.29 단락 [0005]-[0007], [0036]-[0040] 및 도면 5 참조.	1-4	Y	US 6459766 B1 (TRIVENI SRINIVASAN-RAO) 2002.10.01 컬럼 2, 라인 7 - 컬럼 3, 라인 39 및 도면 1 참조.	1-4	A	US 2005-0226383 A1 (JEFFREY RIFKIN 등) 2005.10.13 단락 [0028]-[0051] 및 도면 2-4C 참조.	1-4	A	US 2010-0080356 A1 (DAISUKE ISHIDA 등) 2010.04.01 단락 [0051]-[0089] 및 도면 4-8 참조.	1-4	A	JP 2012-032220 A (JAPAN ATOMIC ENERGY AGENCY 등) 2012.02.16 단락 [0015]-[0034] 및 도면 1-4 참조.	1-4
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항																		
Y	JP 5403767 B2 (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCEAND TECHNOLOGY 등) 2014.01.29 단락 [0005]-[0007], [0036]-[0040] 및 도면 5 참조.	1-4																		
Y	US 6459766 B1 (TRIVENI SRINIVASAN-RAO) 2002.10.01 컬럼 2, 라인 7 - 컬럼 3, 라인 39 및 도면 1 참조.	1-4																		
A	US 2005-0226383 A1 (JEFFREY RIFKIN 등) 2005.10.13 단락 [0028]-[0051] 및 도면 2-4C 참조.	1-4																		
A	US 2010-0080356 A1 (DAISUKE ISHIDA 등) 2010.04.01 단락 [0051]-[0089] 및 도면 4-8 참조.	1-4																		
A	JP 2012-032220 A (JAPAN ATOMIC ENERGY AGENCY 등) 2012.02.16 단락 [0015]-[0034] 및 도면 1-4 참조.	1-4																		
☐ 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 “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 2018년 06월 18일 (18.06.2018)		국제조사보고서 발송일 2018년 06월 18일 (18.06.2018)																		
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 이명진 전화번호 +82-42-481-8474 																		

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 5403767 B2	2014/01/29	US 2012-0002783 A1 US 8804911 B2 WO 2010-101221 A1	2012/01/05 2014/08/12 2010/09/10
US 6459766 B1	2002/10/01	AU 2001-33415 A1 CA 2342567 A1 CN 1318970 A EP 1148769 A2 EP 1148769 A3 HU 0101534 A2 IL 142578 A JP 2002-043670 A KR 10-2002-0003802 A MX PA01003787 A NO 20011832 A ZA 200103005 A	2001/10/18 2001/10/17 2001/10/24 2001/10/24 2002/04/17 2002/01/28 2002/03/10 2002/02/08 2002/01/15 2005/09/13 2001/10/18 2001/10/16
US 2005-0226383 A1	2005/10/13	DK 1745682 T3 EP 1745682 A2 EP 1745682 A4 EP 1745682 B1 HK 1100117 A1 JP 2007-533081 A JP 5030772 B2 US 2005-0243966 A1 US 2005-0254534 A1 US 2005-0254535 A1 US 2005-0271185 A1 US 2008-0002813 A1 US 2008-0031420 A1 US 7242748 B2 US 7277526 B2 US 7295653 B2 US 7301972 B2 US 7443956 B2 US 7596208 B2 WO 2005-101925 A2 WO 2005-101925 A3 WO 2005-101926 A2 WO 2005-101926 A3 WO 2005-112525 A2 WO 2005-112525 A3	2013/01/21 2007/01/24 2010/08/18 2012/10/17 2013/03/22 2007/11/15 2012/09/19 2005/11/03 2005/11/17 2005/11/17 2005/12/08 2008/01/03 2008/02/07 2007/07/10 2007/10/02 2007/11/13 2007/11/27 2008/10/28 2009/09/29 2005/10/27 2007/04/05 2005/10/27 2006/11/02 2005/11/24 2007/03/29
US 2010-0080356 A1	2010/04/01	EP 2131634 A1 EP 2131634 A4 JP 2008-243375 A JP 4590653 B2 US 8138678 B2 WO 2008-120571 A1	2009/12/09 2011/04/06 2008/10/09 2010/12/01 2012/03/20 2008/10/09

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호

PCT/KR2017/010191

국제조사보고서에서
인용된 특허문헌

공개일

대응특허문헌

공개일

JP 2012-032220 A

2012/02/16

JP 5464366 B2

2014/04/09