



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년12월04일
(11) 등록번호 10-1336830
(24) 등록일자 2013년11월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61N 5/10 (2006.01) H05H 13/04 (2006.01)
A61B 18/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0142343
(22) 출원일자 2011년12월26일
심사청구일자 2011년12월26일
(65) 공개번호 10-2013-0074327
(43) 공개일자 2013년07월04일
(56) 선행기술조사문헌
JP2005050823 A*
JP2011072537 A
JP2008173298 A
KR1020110019752 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국원자력연구원
대전광역시 유성구 대덕대로989번길 111(덕진동)
(72) 발명자
장지호
대전광역시 서구 대덕대로 415, 106동 1306호 (만년동, 상아아파트)
조용섭
대전광역시 유성구 테크노로 12-22, 디티비안 A동 408호 (관평동)
(74) 대리인
특허법인다나
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 6 항

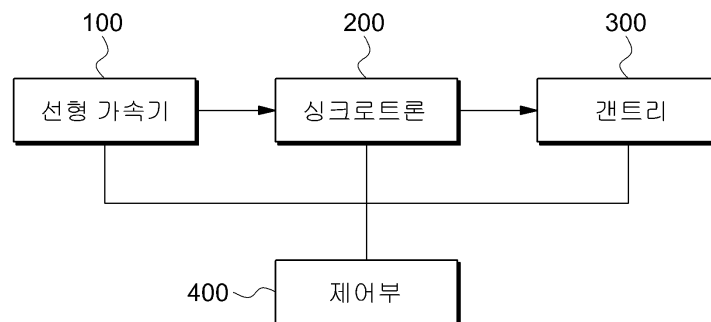
심사관 : 홍영욱

(54) 발명의 명칭 양성자 빔 단면의 크기 조절을 활용한 양성자 치료기

(57) 요약

본 발명은 양성자 빔이 소정의 에너지를 갖도록 가속하는 싱크로트론, 및 상기 싱크로트론에서 입사된 양성자 빔의 면적을 조절하여 종양에 조사하는 갠트리;를 포함하되, 상기 갠트리에서 조사되는 양성자 빔의 단면 및 조사 횟수는, 상기 종양의 길이방향으로 복수 개로 구획된 영역의 횡단면에 따라 조절되는 양성자 치료기를 개시한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

권혁중

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 503동 1103호 (전민동, 엑스포아파트)

김계령

대전광역시 유성구 송강로42번길 61, 511동 206호 (송강동, 청솔아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 832230

부처명 교육과학기술부

연구사업명 양성자기반공학기술개발사업

연구과제명 빔라인개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국원자력연구원, 양성자기반공학기술개발사업단

연구기간 2008.04.01 ~ 2012.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

양성자 빔이 소정의 에너지를 갖도록 가속하는 싱크로트론;

상기 싱크로트론에서 입사된 양성자 빔을 종양에 조사하는 갠트리; 및

상기 갠트리에 포함된 사극전자석에 인가되는 전류값을 제어하여 상기 양성자 빔의 면적을 조절하는 제어부를 포함하되,

상기 갠트리에서 조사되는 양성자 빔의 면적 및 조사 횟수는 상기 종양의 길이방향으로 복수 개로 구획된 영역의 횡단면에 따라 조절되는 양성자 치료기.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 갠트리에서 조사되는 양성자 빔은 스캐닝 방식에 의해 조사되는 양성자 치료기.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 싱크로트론에 가속된 양성자 빔을 펄스 단위로 공급하는 선형가속기를 더 포함하는 양성자 치료기.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 갠트리에서 조사되는 양성자 빔의 면적에 따라 상기 선형가속기에서 상기 싱크로트론으로 공급되는 양성자 빔의 펄스폭 및 펄스의 개수가 조절되는 양성자 치료기.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 면적이 조절된 양성자 빔 간의 단위면적당 양성자 수는 동일한 양성자 치료기.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 제어부는 상기 양성자 빔이 조사되는 깊이에 따라 에너지가 조절되도록 상기 싱크로트론을 제어하는 양성자 치료기.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 양성자 치료기에 관한 것으로서, 더욱 자세하게는 양성자 빔의 단면 크기를 다양하게 조절하여 빔 조사 횟수를 대폭 줄임으로써 짧은 조사횟수로 효과적으로 종양 치료가 가능한 양성자 치료기에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 사회가 발전함에 따라 암의 발병률 또한 증가하는 추세에 있어 국가적인 대책이 시급히 요구되고 있다. 이에 따라, 암 등에 대한 치료 방법도 주요한 관심의 대상이 되고 있다.

[0003] 최근에는 암세포(종양)에 양성자를 조사하여 치료하는 양성자 치료(Proton Therapy)가 각광을 받고 있다. 양성자 치료의 기본 원리는 양성자가 물질을 통과하면서 일정 깊이에서 도달해 대부분의 에너지를 전달하는 브래그 피크(Bragg Peak) 특성을 이용하는 것이다. 기존의 X-선이나 감마선 등의 광자를 이용한 치료방법에 비해 원하는 부위에만 집중적으로 에너지를 전달할 수 있어 피부 깊숙이 존재하는 종양의 치료 시에 정상세포에의 영향을 최소화할 수 있을 뿐만 아니라 표적이 되는 종양을 통과 후 잔여 에너지가 없어 치료대상이 종양 후부에 중요 장거나 신경 등이 존재하는 경우에도 매우 효과적인 장점이 있다.

[0004] 구체적으로 양성자 치료는 양성자 가속기를 이용하여 230~250 MeV로 가속된 양성자 빔을 종양에 조사한다. 양성

자 가속기의 종류는 크게 사이클로트론(Cyclotron) 또는 싱크로트론(Synchrotron)으로 구분된다.

[0005] 이 중에서 싱크로트론은 펄스 단위로 양성자 에너지 및 양성자 수를 정확하게 조절할 수 있기 때문에, 방출 에너지가 조절하기 위한 추가적인 장치들의 필요가 없는 장점이 있다.

[0006] 그러나, 싱크로트론에서는 가속 및 인출을 반복하는 반복률에 제한이 있기 때문에 현실적인 치료에 한계가 있다. 또한, 조사되는 양성자 빔의 면적은 고정되어 있기 때문에 부피가 큰 종양을 치료하기 위해서는 많은 수의 펄스를 환부에 넣어주어야 하므로 반복률에 제한이 있는 싱크로트론으로는 적절한 치료가 이루어지지 못하는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상기와 같은 문제를 해결하기 위한 것으로서, 양성자 빔의 단면을 다양하게 조절하여 빔 조사 횟수를 대폭 줄임으로써 짧은 시간에 효율적인 종양 치료가 가능한 양성자 치료기를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명에 일 특징에 따른 양성자 치료기는, 양성자 빔이 소정의 에너지를 갖도록 가속하는 싱크로트론; 및 상기 싱크로트론에서 입사된 양성자 빔의 면적을 조절하여 종양에 조사하는 갠트리;를 포함하되, 상기 갠트리에서 조사되는 양성자 빔의 단면 및 조사 횟수는, 상기 종양의 길이방향으로 복수 개로 구획된 영역의 횡단면에 따라 조절된다.

[0009] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 상기 싱크로트론에 가속된 양성자 빔을 펄스 단위로 공급하는 선형가속기를 더 포함한다.

[0010] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 상기 갠트리에서 조사되는 양성자 빔의 면적에 따라 상기 선형가속기에서 상기 싱크로트론으로 공급되는 양성자 빔의 펄스폭 및 펄스의 개수가 조절된다.

[0011] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 상기 갠트리는 복수 개의 사극전자석을 포함하며, 상기 사극전자석에 인가되는 전류값을 제어하여 양성자 빔의 면적을 조절하는 제어부를 더 포함한다.

[0012] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 상기 제어부는 상기 조사되는 종양의 깊이에 따라 상기 양성자 빔의 에너지를 조절되도록 상기 싱크로트론을 제어한다.

발명의 효과

[0013] 본 발명에 따르면, 종양의 크기에 따라 양성자 빔의 면적을 조절함으로써 치료에 필요한 양성자 빔의 조사 횟수를 줄일 수 있으며, 치료시간을 단축하고 환부만을 정확하게 치료할 수 있다.

[0014] 또한, 단면의 크기가 조절된 양성자 빔을 기존의 스캐닝 방식과 결합함으로써 적은 수의 펄스를 이용해 균일한 빔 조사가 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 양성자 치료기의 블럭도이고,

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 갠트리의 개략도이고,

도 3은 사극전자석의 전류값을 조절하여 양성자 빔의 단면을 작게 조절한 상태를 보여주는 개념도이고,

도 4는 사극전자석의 전류값을 조절하여 양성자 빔의 단면을 크게 조절한 상태를 보여주는 개념도이고,

도 5는 종양을 길이방향으로 복수 개의 영역으로 정의하고 각 영역의 횡단면에 대응되는 양성자 빔을 조사하는 상태를 보여주는 개념도이다.

도 6은 양성자 빔의 단면을 조절한 후 일반적인 스캐닝 방식을 적용하여 여러 개의 빔을 통해 균일한 빔이 얻어지는 균일한 빔의 모습을 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다.
- [0017] 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0018] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0019] 또한 본 출원에서 첨부된 도면은 설명의 편의를 위하여 확대 또는 축소하여 도시된 것으로 이해되어야 한다.
- [0020] 이제 본 발명에 대하여 도면을 참고하여 상세하게 설명하고, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0021] 본 발명의 실시예에 따른 양성자 치료기는, 선형가속기(100)와, 상기 선형가속기(100)에서 입사된 양성자 빔이 소정의 에너지를 갖도록 조절하는 싱크로트론(200)과, 상기 싱크로트론(200)에서 입사된 양성자 빔의 면적을 조절하여 종양에 조사하는 갠트리(300), 및 상기 양성자 빔의 에너지와 조사 면적을 조절하는 제어부(400)를 포함한다.
- [0022] 싱크로트론(Synchrotron, 200)은 양성자 빔이 환부에 조사될 수 있는 에너지를 갖도록 양성자를 가속시키는 장치이다. 싱크로트론(200)은 사이클로트론(Cyclotron)에 비해 펄스 단위로 양성자 에너지 및 빔 전류를 상대적으로 정확하게 조절할 수 있기 때문에 에너지를 조절하기 위한 추가적인 장비가 필요 없는 장점이 있다. 본 실시예에서 적용되는 싱크로트론(200)의 구체적인 구성은 일반적인 싱크로트론의 구성이 모두 적용될 수 있는바 더 이상의 자세한 설명은 생략한다.
- [0023] 이러한 싱크로트론(200)은 양성자 빔이 인체 내에 종양이 위치한 지점에서 브래그 피크(Bragg peak)를 갖도록 적절하게 양성자 빔의 에너지를 조절할 수 있다. 브래그 피크(Bragg peak)란 양성자가 물질 내에서 이동할 때에는 방사선을 거의 방출하지 않고 양성자가 정지한 경우 방사선을 방출하는 특성을 말한다.
- [0024] 따라서, 양성자 빔이 인체에 조사되어 정지되는 위치를 고려하여 싱크로트론(200)에 의해 양성자 빔의 에너지를 조절하면, 인체 내에 특정 위치에 존재하는 종양에만 방사선이 방출되어 암세포를 치료할 수 있다.
- [0025] 싱크로트론(200)은 효율적인 가속을 위해 최초 입사되는 빔의 에너지가 높아야 하므로(약 3MeV), 싱크로트론(200)의 전단에 선형가속기 (Linear accelerator, 100)가 배치될 수 있다. 즉, 선형가속기(100)에서 양성자 빔을 1차 가속하여 펄스 단위로 싱크로트론(200)에 공급하면 싱크로트론(200)에서는 이를 인체의 특정 깊이에 주입될 에너지로 2차 가속하게 된다.
- [0026] 갠트리(Gantry, 300)는 환자에 양성자 빔을 조사하는 원통형의 회전 치료장치로서, 싱크로트론(200)에서 입사된 양성자 빔을 환자에게 조사할 수 있도록 양성자 빔의 방향을 변화시키는 역할을 수행한다.
- [0027] 구체적으로 갠트리(300)는 가속기에서 수평 방향으로 인출된 빔을 수직방향으로 변경하며, 회전을 통해 양성자 빔의 입사 각도를 조절한다. 도 2를 참조할 때, 갠트리(300)는 빔의 위치를 조절할 수 있는 이극전자석(320)과 복수 개의 사극 전자석(310)을 포함하며, 끝부분에는 양성자 빔을 치료목적에 맞게 조절하기 위해 노즐(330)이 배치된다.
- [0028] 본 발명에 따른 갠트리(300)는 양성자 빔의 조사면적을 조절할 수 있다. 구체적으로는, 제어부(400)가 갠트리(300)에 배치된 복수 개의 사극전자석에 인가되는 전류값을 조절함으로써 출사되는 양성자 빔의 면적을 조절할 수 있다.
- [0029] 예를 들면, 도 3과 같이 제1사극전자석(Q1)의 자기장을 -6.8T/m으로 조절하고 제2사극전자석(Q2)의 자기장을 4.3T/m으로 조절하면 면적이 작은 빔을 얻을 수 있으며, 도 4와 같이 제1사극전자석(Q1)의 자기장을 -5.2T/m으로 조절하고 제2사극전자석(Q2)의 자기장을 3.0T/m으로 조절하면 면적이 큰 빔을 얻을 수 있다. 도 3과 도 4에서 파란색 선은 수평방향의 빔 크기이고 붉은 색 선은 수직 방향의 빔 크기이다. 그러나 이는 예시적인 것이며 사극전자석의 자기장이 조절되도록 인가되는 전류값을 적절히 변화시키면 다양한 면적의 양성자 빔을 얻을 수 있다.
- [0030] 이하에서는 도 5a와 도 5b를 참조하여 종양의 횡단면에 따라 양성자 빔의 면적을 조사하는 구성에 대해 설명한다. 일반적으로 종양(t)은 길이방향에 따라 상이한 횡단면을 가지므로 작은 면적의 양성자 빔을 조사하는 경우에는 복수 회에 걸쳐 빔을 조사하여야 하며, 큰 면적의 양성자 빔을 조사하는 경우에는 종양 이외의 신체 조직

에 양성자가 조사될 위험이 있다. 따라서 종양의 길이방향 횡단면에 따라 양성자 빔의 면적을 조절하여 조사하게 되면 짧은 조사횟수로도 효과적인 치료가 가능하다.

[0031] 일반적으로 종양(t)은 자기공명영상 촬영장치(Magnetic Resonance Imaging: MRI), 컴퓨터 단층촬영장치(Computer Tomography: CT), 양전자 방출 단층촬영장치(Positron Emission Tomography: PET), 및 초음파(Ultrasonic Wave) 기기 등과 같은 영상진단기기로부터 3차원 영상을 얻을 수 있다.

[0032] 이렇게 얻어진 종양의 3차원 영상은 길이방향으로 복수 개가 구획된 영역으로 정의할 수 있으며, 복수의 구획된 영역은 각각 상이한 횡단면을 가질 수 있다. 이때, 구획 영역의 개수는 종양의 길이, 크기 및 상태에 따라 상이하게 구획될 수 있다.

[0033] 예시적으로 종양이 5개의 영역으로 구획된 경우로 설명하면, 먼저 도 5(a)와 같이 환자의 표피에서 가장 가까운 제1영역(P1)에 양성자 빔을 조사하는 경우 제1영역(P1)의 지점에서 브래그 피크를 갖도록 양성자 빔의 에너지를 조절하고 양성자 빔(Beam 1)의 면적은 제1영역(P1)의 횡단면적에 대응되는 크기로 조절하여 조사할 수 있다.

[0034] 이후, 도 5(b)와 같이 제2영역(P2)에 양성자 빔을 조사하는 경우 제2영역(P2)의 지점에서 브래그 피크를 갖도록 양성자 빔의 에너지를 조절하고 양성자 빔(Beam 2)의 면적은 제2영역(P2)의 횡단면적에 대응되는 크기로 조절하여 조사할 수 있다. 나머지 제3영역 내지 제5영역(P3 내지 P5)도 이와 동일한 방식으로 양성자 빔을 조사한다. 이때, 제어부(400)는 싱크로트론(200) 내에서 양성자의 가속을 제어하여 양성자 빔의 에너지를 조절하고, 갠트리(300)의 사극전자석에 인가되는 전류값을 조절하여 양성자 빔의 면적을 조절할 수 있다.

[0035] 그러나, 양성자 빔을 종양에 조사하는 방법은 반드시 이에 한정되지 않고 다양한 방법이 적용될 수 있다. 예를 들면, 양성자 빔의 단면을 종양의 횡단면과 반드시 대응시키지 않고 싱크로트론의 반복률 및 종양의 단면에 따라 적절히 조절한 후, 스캐닝 방식(위치를 이동하면서 순차적으로 조사)을 이용하여 복수 회 조사하는 방식을 적용할 수도 있다.

[0036] 구체적으로는 길이방향으로 종양의 단면적에 따라 양성자 빔의 단면을 조절함으로써 각 단면적에 조사되는 양성자 빔의 펄스 개수는 동일하게 조절할 수도 있고, 또는 빔의 단면을 일정하게 한 경우 종양의 단면적에 따라 조사 횟수를 조절할 수 있다. 이 경우 빔의 단면이 크게 조절되었으므로 기존에 스캐닝 방식에 비해 빔의 조사 횟수는 현저하게 줄어들게 된다.

[0037] 또한, 도 6을 참조할 때, 복수의 양성자 빔(B1)을 스캐닝 방식으로 조사하는 경우, 복수의 양성자 빔(B1)이 하나의 균일한 빔(B)으로 종양에 조사될 수 있음을 알 수 있다.

[0038] 이때, 종양의 크기, 깊이, 및 상태에 따라 각 횡단면적당 양성자 빔의 면적 및 조사 횟수는 달라질 수 있고, 종양 주변에 퍼진 암세포까지 치료하기 위하여 양성자 빔의 면적은 종양의 위치를 조금 벗어난 범위까지 조사될 수도 있다.

[0039] 이때, 양성자 빔의 면적이 종양의 횡단면적에 따라 조절되어도 양성자 빔의 단위면적당 양성자 수는 동일한 것이 바람직하다. 빔의 면적이 커짐에 따라 단위부피당 양성자 수가 줄어드는 경우에는 치료 효과가 떨어지기 때문이다.

[0040] 따라서, 본 실시예에서는 단위면적당 양성자 빔의 개수를 유지하기 위해 면적이 큰 빔의 경우에는 싱크로트론(200)에서 가속되는 양성자 수를 증가시켜 빔의 면적이 커지는 경우에도 단위면적당 동일한 양성자 수가 조사되도록 조절한다. 이때, 전술한 스캐닝 방식을 이용하는 경우에는 양성자 빔의 단면적을 너무 크게 조절하지 않아도 되므로 단위면적당 동일한 양성자 수를 유지하기 유리하다. 도 6을 참조할 때, 균일한 빔(B)의 단위면적당 양성자 수는 상대적으로 균일하게 유지됨을 알 수 있다.

[0041] 구체적으로, 싱크로트론(200)에서 가속되는 양성자 개수는 선형가속기(100)에서 싱크로트론(200)으로 들어가는 양성자 수에 의해 결정되므로 단면이 큰 빔을 조사하기 위하여는 먼저 선형가속기(100)에서 싱크로트론(200)으로 입사되는 빔의 펄스폭을 늘리거나 펄스의 횟수를 증가시킨다. 펄스폭을 늘리거나 펄스의 횟수를 증가시키면 그에 비례하여 싱크로트론(200) 내의 양성자 수가 많아지므로 빔의 면적을 조절하는 경우에도 단위면적당 양성자 수는 동일하게 된다.

[0042] 따라서, 제어부(400)는 양성자 빔이 조사된 종양의 횡단면적 정보를 먼저 수신하여 양성자 빔의 조사 면적 및 조사 횟수를 결정한 뒤, 선형가속기(100)에서 싱크로트론(200)으로 입사되는 펄스의 폭 또는 펄스의 개수를 제어할 수 있다.

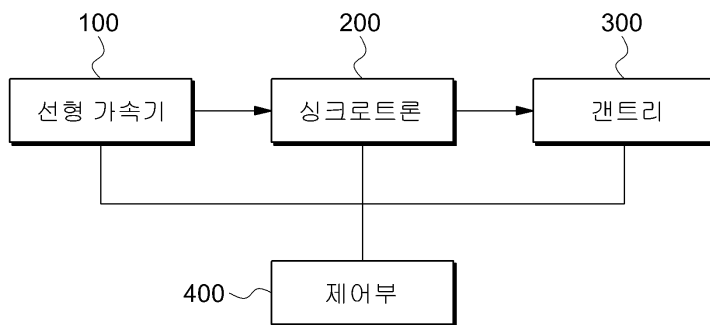
[0043] 이 상에서 본 발명의 실시 예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

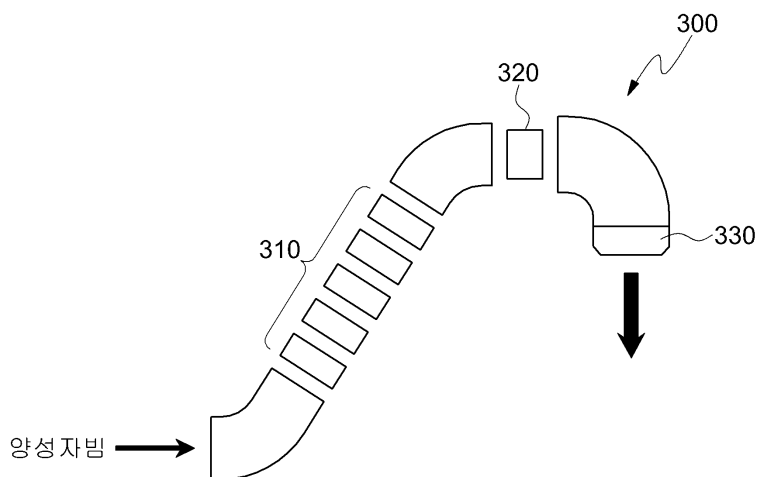
[0044]	100: 선형가속기	200: 싱크로트론
	300: 갠트리	310: 사극전자석
	400: 제어부	

도면

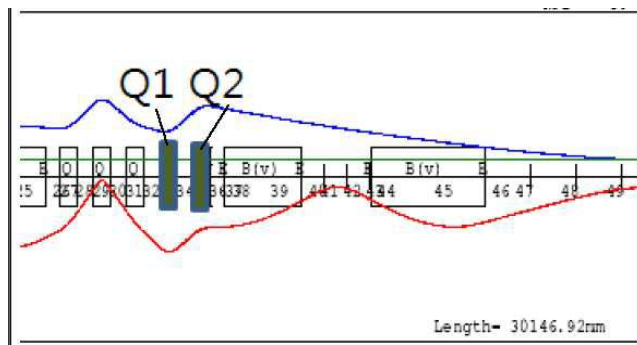
도면1



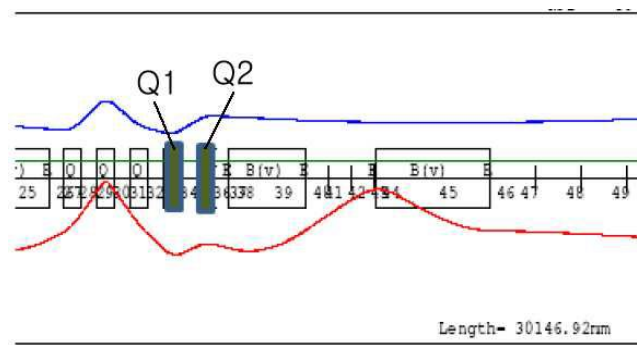
도면2



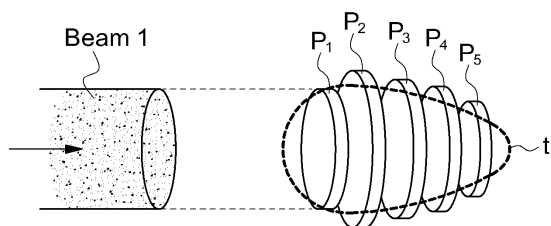
도면3



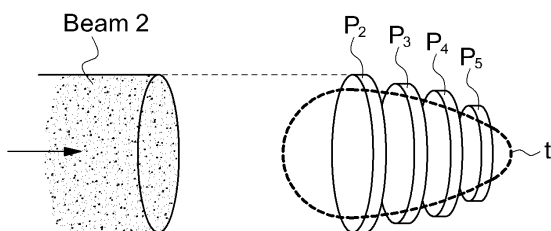
도면4



도면5a



도면5b



도면6

