



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0039171
(43) 공개일자 2011년04월15일

- | | |
|--|--|
| <p>(51) Int. Cl.
<i>A61N 5/10</i> (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2010-0027985</p> <p>(22) 출원일자 2010년03월29일
심사청구일자 없음</p> <p>(30) 우선권주장
1020090096458 2009년10월09일 대한민국(KR)
기술이전 희망 : 기술양도, 실시권허여, 기술지도</p> | <p>(71) 출원인
한국전자통신연구원
대전 유성구 가정동 161번지</p> <p>(72) 발명자
고현성
서울특별시 서초구 반포본동 주공아파트 32-101</p> <p>(74) 대리인
특허법인 씨엔에스·로고스</p> |
|--|--|

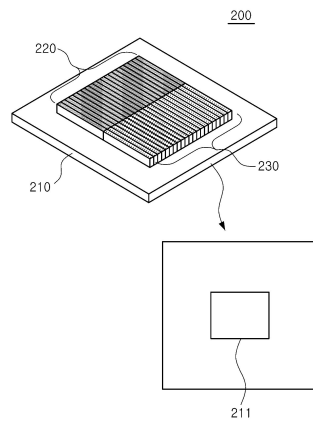
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크

(57) 요약

본 발명은 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크에 관한 것으로, 어퍼처가 형성된 하판; 및 상기 하판의 상부에 2열로 배치되어 상기 어퍼처를 가리며, 외부로부터 수신하는 명령에 따라 독립적으로 좌우로 이동하여 원하는 형태의 어퍼처를 형성하는 다수의 막대를 포함하여 구성된다.

대표도 - 도7



특허청구의 범위

청구항 1

어퍼처가 형성된 하판; 및

상기 하판의 상부에 2열로 배치되어 상기 어퍼처를 가리며, 외부로부터 수신하는 명령에 따라 독립적으로 좌우로 이동하여 원하는 형태의 어퍼처를 형성하는 다수의 막대를 포함하는 것을 특징으로 하는 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크에 관한 것으로, 보다 상세하게는 하드론 치료에 사용되는 마스크를 실시간으로 원하는 모양으로 만들수 있도록 함으로써 하드론 치료시 환부 이외의 부분에는 방사능 피폭을 최소화하기 위한 기술에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 하드론 치료법(Hardron therapy)은 양성자, 중성자 또는 다른 중이온을 이용하여 병을 치료하는 방법으로, 입자 치료법(particle therapy)이라고도 불리우며, 특히 종양치료에 많이 사용되는 치료법이다. 하드론 치료법에 따르면, 고에너지로 가속된 하전 입자를 종양세포에 조사하여 종양세포의 DNA를 파괴하여 종양세포를 죽인다. 종양세포의 경우 정상세포에 비해 DNA 재생력이 떨어지므로 고에너지 하전 입자를 종양부위에 주사할 경우 종양세포를 선택적으로 죽일 수 있다. 하드론 치료법 중 양성자를 이용한 양성자 치료법(proton therapy)이 가장 널리 보급되어 있으며, 탄소이온을 이용하는 치료법도 일부 시행되고 있다.

[0003] 하드론 치료법의 특징 중 한 가지는 브라그 피크(Bragg peak) 현상을 이용하여 신체 내부의 원하는 조직을 선택적으로 치료할 수 있다는 점이다. 고속 하전 입자가 물질을 통과할 때 물질 내부의 원자를 이온화 하면서 물질에 에너지를 전달한다. 이러한 에너지 전달량을 도즈(dose)라고 하며 하전 입자가 멈추기 바로 직전에 도즈량이 최고가 되는 현상을 브라그 피크 현상이라고 한다. 브라그 피크가 일어나는 위치는 하전 입자의 에너지, 물질의 종류 등에 따라 달라 진다. 따라서, 브라그 피크가 종양이 있는 위치에서 발생하도록 하전 입자의 에너지를 조절하면 정상조직에 미치는 영향을 최소화 하면서 인체 내부의 종양을 치료할 수 있다.

[0004] 도 1은 인체 조직에 전자, 양성자 및 X-레이를 각각 조사한 경우 인체 조직에서 흡수되는 도즈량을 도시하는 도면이다. 도 1을 참조하면, 양성자를 사용할 경우 브라그 피크가 일어나는 좁은 영역에 치료 효과가 집중됨을 알 수 있다. 또한, X-레이를 사용할 경우 표면에서 X-레이의 흡수가 가장 많이 일어나며 투과 깊이가 깊어질수록 X-레이 흡수량이 적어짐을 알 수 있다. 따라서, X-레이를 사용할 경우 치료할 부위보다 정상조직에 더 많은 피해를 주게 된다.

[0005] 도 1에 도시된 바와 같이, 브라그 피크가 일어나는 영역이 좁으므로 하드론 치료법에 의해 일정 두께 이상의 영역을 치료하려면 에너지가 다른 하전 입자를 동시에 사용하거나 하전 입자의 에너지를 바꾸어가면서 치료하여야 한다. 이처럼 사용하는 입자의 에너지를 적절히 조절하면 원하는 영역에서 도즈량을 일정하게 유지할 수 있다. 이러한 현상을 분산 브라그 피크(Spread Out Bragg Peak; SOBP)라 한다. 도 2는 분산 브라그 피크 현상의 일 예를 도시하는 도면이다.

[0006] 위와 같은 브라그 피크 현상 및 분산 브라그 피크 현상은 양성자에만 국한되는 것이 아니라, 탄소이온 등과 같은 다른 입자를 사용하여도 동일하게 일어난다. 도 3은 양성자 및 탄소이온을 사용한 경우의 브라그 피크 현상 및 분산 브라그 피크 현상을 도시하는 도면이다. 도 3으로부터 탄소이온을 사용할 경우 양성자를 사용하는 경우에 비해 정상 조직에 도즈를 적게 주고 치료 영역에만 도즈를 집중할 수 있음을 알 수 있다.

[0007] 도 4는 종래 기술에 따른 양성자 치료기의 일 예를 도시하는 도면이다. 종래 기술에 따른 양성자 치료기(100)에서는, 양성자 발생 장치(110)가 고에너지의 양성자 빔을 방출하면, 레인지 시프터(120)가 양성자 발생 장치(110)에서 방출된 양성자 빔의 에너지를 조절한다. 이때, 레인지 시프터(120)는 두께가 서로 상이한 여러 부분

으로 나뉘어져 있는 바퀴 등으로 구현될 수 있다. 레인지 시프터(120)를 화살표와 같이 상하 방향으로 이동시키면 양성자가 지나야 하는 레인지 시프터(120)의 두께가 바뀐다. 양성자가 지나야 하는 레인지 시프터(120)의 두께에 따라 레인지 시프터(120)를 통과하는 양성자 빔의 에너지가 결정되는데 두꺼운 부분을 지날수록 양성자 빔의 에너지가 작아진다. 이후, 양성자 발생 장치(110)로부터 방출되어 레인지 시프터(120)를 통과한 양성자 빔은 스캐터(130)에 의해 환부 전체를 치료할 수 있도록 직경이 넓어진다. 이후, 필요에 따라 선택적으로 구비된 집속기(140)에 의해 스캐터(130)를 통과하면서 퍼진 양성자 빔이 다시 모아질 수도 있다. 이후, 환부의 크기에 상응하는 어퍼처(aperture)(151)가 뚫린 마스크(150)에 의해 원하지 않은 부위에는 양성자 빔이 조사되지 않고 환부에만 양성자 빔이 조사되도록 한다. 환자(10)의 환부(11)의 각 위치에 조사되는 양성자 빔의 에너지가 서로 동일한 경우 동일한 깊이에 브래그 피크가 형성된다. 이때, 각 부분의 두께가 서로 상이한 보상체(160)를 이용하여 보상체(160)의 각 부분을 통과하는 양성자의 에너지를 조절함으로써 환부 모양에 맞추어 브래그 피크를 형성할 수 있다.

[0008] 도 4에 도시된 종래 기술에 따른 양성자 치료기를 사용할 경우, 양성자 빔이 정상 조직에까지 피폭되는 문제가 발생하게 된다. 도 5는 종래 기술에 따른 양성자 치료기를 사용한 경우 양성자 빔이 정상 조직에 피폭되는 것을 설명하기 위한 개념도이다. 보상체를 적절하게 가공하면 도 5의 (a)에 도시된 바와 같이 환자(10)의 환부(11)의 제일 깊은 곳 일부(12)의 모양에 맞게 브래그 피크가 형성되어 정상 조직에 피해를 주지 않으며 환부(11)의 제일 깊은 곳 일부(12)만을 치료할 수 있다.

[0009] 환자(10)의 환부(11) 전체를 치료하려면 환부(11)의 길이 방향(13) 전체에 걸쳐 분산 브래그 피크가 형성되어야 한다. 도 4의 레인지 시프터(120)를 이용하면 양성자의 에너지를 조절할 수 있다. 레인지 시프터(120)를 적절히 사용하면 도 5의 (b)에 도시된 바와 같이 환부(11)의 길이 방향(13) 전체에 걸쳐 분산 브래그 피크를 형성할 수 있다. 이러한 방식으로 환부(11) 전체를 치료하면 도 5의 (b)에 도시된 바와 같이 정상 조직에 피폭되는 부위(14)가 생기게 된다.

[0010] 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 펜슬 빔 라이팅(Pencil beam writing) 치료 방식이 개발되었다. 도 6은 종래 기술에 따른 펜슬 빔 라이팅 방식의 하드론 치료기의 개념도로, 펜슬 빔 라이팅 방식에서는 빔을 퍼트리기 위한 스캐터를 사용하지 않고 연필과 같은 작은 직경의 빔을 직접 환부에 조사한다. 이 경우, 빔을 원하는 부분에만 조사할 수 있으므로 원하지 않는 부분에 빔이 조사되지 않도록 막기 위한 마스크를 사용할 필요가 없다. 또한, 레인지 시프터만을 사용하여 브래그 피크가 일어나는 위치를 조절할 수 있으므로 보상체를 사용할 필요가 없다. 이처럼, 펜슬 빔 라이팅 방식에서는 마스크 및 보상체를 사용할 필요가 없고 원하는 부분만을 치료할 수 있다는 장점이 있으나 고가의 마그네틱 시프터만을 사용하여야 한다는 단점이 있다. 더 나아가, 치료시 마그네틱 시프터에 문제가 발생할 경우 원하지 않는 부위에도 양성자 빔이 조사되는 문제가 발생할 수 있으며, 이는 의료용 치료 장비의 신뢰성에 큰 영향을 주게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 따라서 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 하드론 치료에 사용되는 마스크를 실시간으로 원하는 모양으로 만들 수 있도록 함으로써 하드론 치료시 환부 이외의 부분에는 방사능 피폭을 최소화할 수 있는 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크는, 어퍼처가 형성된 하판; 및 상기 하판의 상부에 2열로 배치되어 상기 어퍼처를 가리며, 외부로부터 수신하는 명령에 따라 독립적으로 좌우로 이동하여 원하는 형태의 어퍼처를 형성하는 다수의 막대를 포함한다.

발명의 효과

[0013] 본 발명에 의하면, 하드론 치료법에 따라 환자를 치료하는 경우 환부에만 방사선을 피폭하고 환부 주위의 정상

조직으로의 피폭을 최소화할 수 있게 된다. 또한, 양성자 치료기에서 환자마다 새롭게 제작하여야 하는 마스크 및 보상체가 필요 없게 되므로, 환자의 치료 계획이 확립되면 바로 하드론 치료를 수행할 수 있다는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 도 1은 인체 조직에 전자, 양성자 및 X-레이를 각각 조사한 경우 인체 조직에서 흡수되는 도즈량을 도시하는 도면,
- 도 2는 분산 브라그 피크 현상의 일 예를 도시하는 도면,
- 도 3은 양성자 및 탄소이온을 사용한 경우의 브라그 피크 현상 및 분산 브라그 피크 현상을 도시하는 도면,
- 도 4는 종래 기술에 따른 양성자 치료기의 일 예를 도시하는 도면,
- 도 5는 종래 기술에 따른 양성자 치료기를 사용한 경우 양성자 빔이 정상 조직에 피폭되는 것을 설명하기 위한 개념도,
- 도 6은 종래 기술에 따른 펜슬 빔 라이팅 방식의 하드론 치료기의 개념도,
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크의 구성도,
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크에서 막대의 이동의 일 예를 도시하는 도면,
- 도 9a 내지 9c는 본 발명의 일 실시예에 따른 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크를 이용하여 다양한 형태의 어퍼처를 만드는 예를 도시하는 도면,
- 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크의 구성도,
- 도 11은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크의 구성도,
- 도 12a 및 12b는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크를 이용하여 원하는 형태의 어퍼처를 만드는 예를 도시하는 도면,
- 도 13a 및 13b는 본 발명에 따른 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크를 이용한 경우 인체 내부에서의 도즈 분포를 도시하는 도면,
- 도 14는 본 발명에 따른 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크를 포함한 양성자 치료기를 도시하는 도면, 그리고
- 도 15a 내지 15c는 도 14에 도시된 양성자 치료기를 이용하여 환부를 치료하는 과정을 설명하기 위한 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 다만, 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 유사한 기능 및 작용을 하는 부분에 대해서는 도면 전체에 걸쳐 동일한 부호를 사용한다.
- [0016] 덧붙여, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 '연결'되어 있다고 할 때, 이는 '직접적으로 연결'되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 '간접적으로 연결'되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 구성요소를 '포함'한다는 것은, 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.
- [0017] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크의 구성도이다.

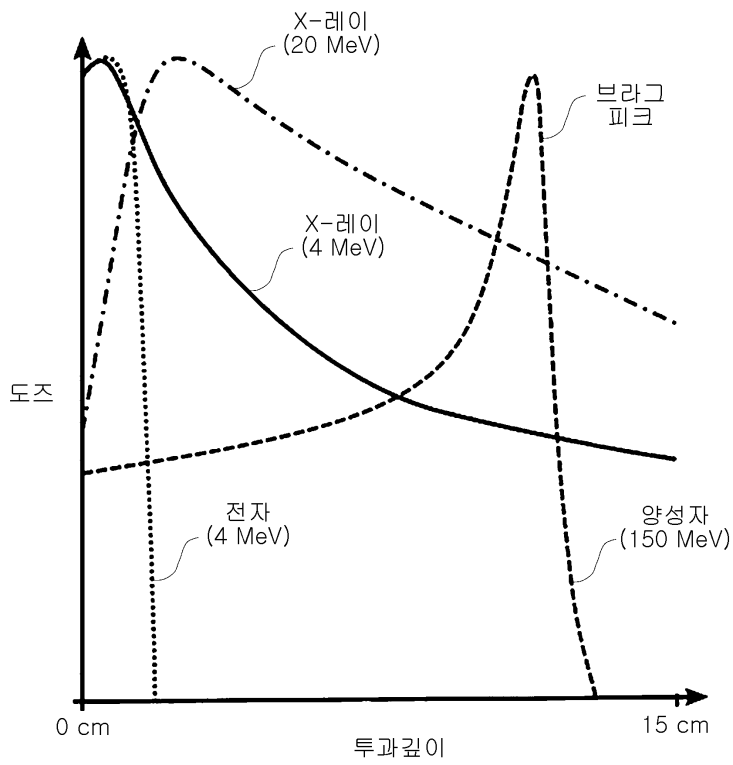
- [0018] 본 실시예에 의한 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크(200)는 하판(210)과 하판(210)의 상부에 2열로 배치된 다수의 막대(220, 230)를 포함하여 구성된다.
- [0019] 하판(210)의 중앙부에는 어퍼쳐(211)가 형성되어 있다.
- [0020] 하판(210)의 상부에는 2열로 배치된 다수의 막대(220, 230)가 위치하며, 다수의 막대(220, 230)가 하판(210)의 중앙부에 모여있는 경우 하판(210)에 형성된 어퍼쳐(211)를 가릴 수 있다. 다수의 막대(220, 230)는 입사되는 하드론을 막을 수 있을 정도의 두께를 가지며, 다수의 막대(220, 230)는 각각 독립적으로 좌우로 이동 가능하다. 이를 위해, 다수의 막대(220, 230) 각각에 구동장치(미도시)가 하나씩 연결될 수도 있고, 하나의 구동장치가 한 열에 위치하는 다수의 막대를 번갈아가면서 구동하도록 구현될 수도 있다. 다수의 막대(220, 230)에 연결된 구동장치는 외부로부터 수신하는 명령에 따라 다수의 막대(220, 230) 각각을 독립적으로 이동시켜 원하는 모양의 어퍼쳐를 만들 수 있게 된다.
- [0021] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크에서 막대의 이동의 일 예를 도시하는 도면이다.
- [0022] 하판(210)의 상부에 배치된 다수의 막대(220, 230)는 각각 독립적으로 화살표로 표시한 바와 같이 길이 방향을 따라 이동 가능하다.
- [0023] 좌측 열에 위치한 다수의 막대는, 하판(210)의 중심축에서 우측으로 이동하여 어퍼쳐(211)를 완전히 덮을 수도 있고(222, 223), 하판(210)의 중심축에서 좌측 또는 우측으로 이동하여 어퍼쳐(211)의 일부를 덮을 수도 있고(224, 225, 226), 하판(210)의 중심축에서 좌측으로 이동하여 어퍼쳐(211)의 외부에 위치할 수도 있다(227, 228).
- [0024] 또한, 우측 열에 위치한 다수의 막대도 마찬가지로, 하판(210)의 중심축에서 좌측으로 이동하여 어퍼쳐(211)를 완전히 덮을 수도 있고(236, 237), 하판(210)의 중심축에서 좌측 또는 우측으로 이동하여 어퍼쳐(211)의 일부를 덮을 수도 있고(233, 234, 235), 하판(210)의 중심축에서 우측으로 이동하여 어퍼쳐(211)의 외부에 위치할 수도 있다(231, 232).
- [0025] 도 9a 내지 9c는 본 발명의 일 실시예에 따른 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크를 이용하여 다양한 형태의 어퍼쳐를 만드는 예를 도시하는 도면이다.
- [0026] 도 9a 내지 9c를 참조하면, 하판(210)에 형성된 어퍼쳐(211)는 다수의 막대에 의해 가려져서 보이지 않고, 그 대신 다수의 막대에 의해 형성된 어퍼쳐가 마스크로서의 역할을 하게 된다.
- [0027] 구체적으로, 도 9a에 도시된 바와 같이 다수의 막대에 의해 원(212) 형태의 어퍼쳐를 형성할 수 있고, 도 9b에 도시된 바와 같이 2개 이상의 어퍼쳐(213, 214)를 형성할 수도 있다.
- [0028] 또한, 도 9c에 도시된 바와 같이 2개 이상의 어퍼쳐(215, 216)를 동시에 형성할 수 없는 경우에는, 일단 동시에 형성 가능한 어퍼쳐(215, 217)를 형성하고 하드론을 조사한 후, 다시 어퍼쳐(216)를 형성하고 하드론을 조사함으로써 3개의 어퍼쳐 (215, 216, 217)를 동시에 형성하는 것과 동일한 효과를 얻을 수 있다.
- [0029] 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크의 구성도이다.
- [0030] 본 실시예에 의한 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크(300)는 하판(310)과 하판(310)의 상부에 2열로 배치된 다수의 막대(320, 330)와 그 위를 덮는 상판(340)을 포함하여 구성된다.
- [0031] 하판(310)과 다수의 막대(320, 330)는 도 7을 참조하여 상술한 실시예와 동일하며, 상판(340)에는 하판(310)과 동일하게 어퍼쳐가 형성되어 있다. 본 실시예에 의하면, 다수의 막대(320, 330)를 하판(310)과 상판(340)으로 동시에 지지함으로써 하판(310)만을 사용한 경우보다 안정성이 증가될 수 있다.
- [0032] 도 11은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크의 구성도이다.
- [0033] 본 실시예에 의한 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크(400)는 하판(410)과 하판(410)의 상부에서 이동 가능

한 마스크(420)를 포함하여 구성된다.

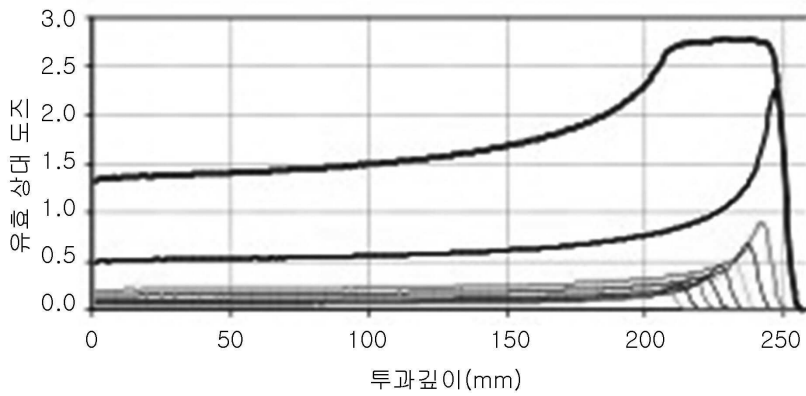
- [0034] 하판(410)의 중앙부에는 어퍼쳐(411)가 형성되어 있고, 마스크(420)의 중앙부에는 하판(410)의 어퍼쳐(411)보다 작은 크기의 어퍼쳐(421)가 형성되어 있다. 마스크(420)는 하판(410)의 상부에서 전후 좌우 사방으로 자유롭게 이동하면서 원하는 형태의 어퍼쳐를 형성할 수 있다.
- [0035] 도 12a 및 12b는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크를 이용하여 원하는 형태의 어퍼쳐를 만드는 예를 도시하는 도면이다.
- [0036] 도 12a를 참조하면, 우측에 도시된 마스크(420)를 이동시켜서 좌측에 도시된 바와 같은 형태의 어퍼쳐를 형성할 수 있다.
- [0037] 구체적으로, 도 12b에 도시된 바와 같이, 마스크(420)를 순차적으로 (a), (b), (c) 및 (d)의 위치로 이동시킨 후 하드론을 조사함으로써, 도 12a의 좌측에 도시된 형태의 어퍼쳐를 마스크로 사용한 경우와 동일한 효과를 얻을 수 있다.
- [0038] 도 13a 및 13b는 본 발명에 따른 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크를 이용한 경우 인체 내부에서의 도즈 분포를 도시하는 도면이다.
- [0039] 도 13a에 도시된 바와 같이, 하드론 빔(510)이 마스크(520)에서 산란되지 않을 경우 하드론 빔을 주사하는 인체(530)의 내부에서 도즈 분포는 마스크의 모양과 동일하게 나타난다.
- [0040] 그러나, 실제 하드론 치료를 하는 경우, 도 13b에 도시된 바와 같이, 마스크의 모서리에서 하드론 빔이 산란됨에 따라 인체의 내부에서의 실제 도즈 분포는 마스크 모양과 다소 상이하게 나타난다.
- [0041] 본 발명에 의한 프로그램 가능한 마스크를 이용하여 형성한 어퍼쳐는 모서리에 각이 쳐 있는 원의 형상이나, 위와 같은 마스크 모서리에서의 산란 효과에 의해 실제 인체 내부에서의 도즈 분포는 원에 가까운 형태가 된다.
- [0042]
- [0043] 도 14는 본 발명에 따른 하드론 치료용 프로그램 가능한 마스크를 포함한 양성자 치료기를 도시하는 도면이다.
- [0044] 본 발명에 따른 양성자 치료기(600)는 양성자 발생장치(610), 레인지 시프터(620), 셔터(630), 스캐터(640), 집속기(650) 및 프로그램 가능한 마스크 (660)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0045] 양성자 발생장치(610)는 고에너지의 양성자 빔을 발생하여 방출하는 것으로, 가속기 또는 고에너지 펄스 레이저 등을 이용한 양성자 발생장치(610)가 사용될 수 있다.
- [0046] 레인지 시프터(620)는 양성자 발생장치(610)에서 방출된 양성자 빔의 에너지를 조절하기 위한 것으로, 예를 들어 두께가 서로 상이한 여러 부분으로 나뉘어져 있는 바퀴 등으로 구현될 수 있다.
- [0047] 셔터(630)는 필요에 따라 선택적으로 구비되는 것으로, 레인지 시프터 (620)를 통과한 양성자 빔을 막거나 통과시키는 역할을 한다.
- [0048] 스캐터(640)는 셔터(630)를 통과한 양성자 빔의 직경을 넓혀서 환부 전체를 치료할 수 있도록 한다.
- [0049] 집속기(650) 역시 필요에 따라 선택적으로 구비되는 것으로, 스캐터 (640)를 통과하면서 퍼진 양성자 빔을 다시 집속한다.
- [0050] 이후, 프로그램 가능한 마스크(660)를 이용하여 환자(10)의 환부(11)에 조사되는 양성자 빔의 패턴을 조절하여 환부에만 양성자 빔이 조사되도록 한다.
- [0051] 도 15a 내지 15c는 도 14에 도시된 양성자 치료기를 이용하여 환부를 치료하는 과정을 설명하기 위한 개념도이다.
- [0052] 우선, 도 15a에 도시된 바와 같이, 환부(11)의 가장 깊은 단면(12)에 맞추어 프로그램 가능한 마스크(660)가 형성하는 어퍼쳐의 모양을 변경하고 도즈가 환부에 집중되도록 양성자 빔의 에너지를 레인지 시프터로 조절한 뒤

도면

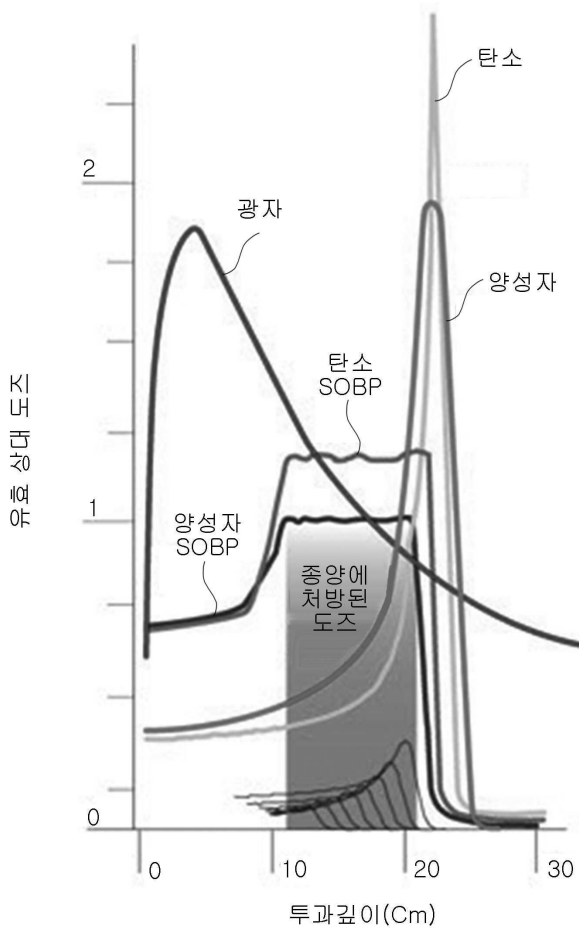
도면1



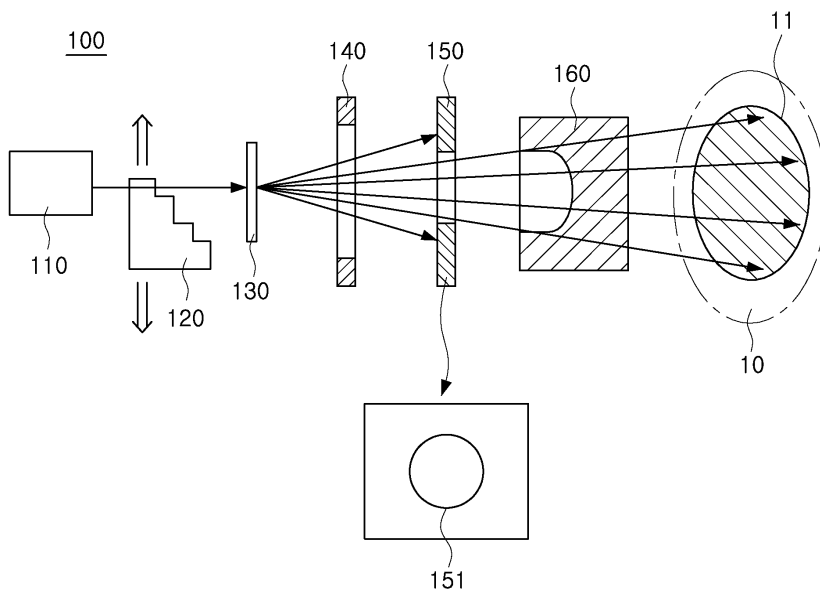
도면2



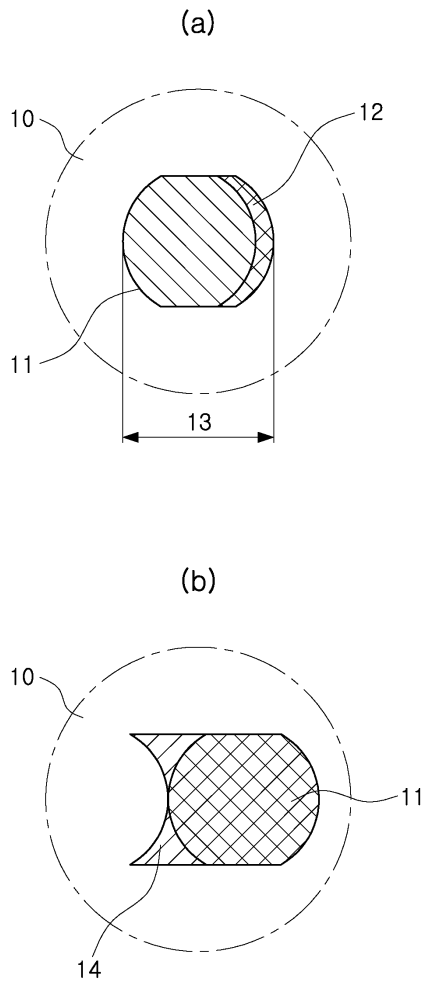
도면3



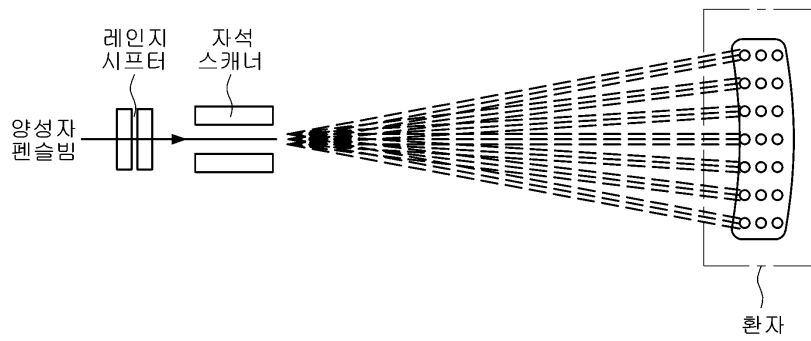
도면4



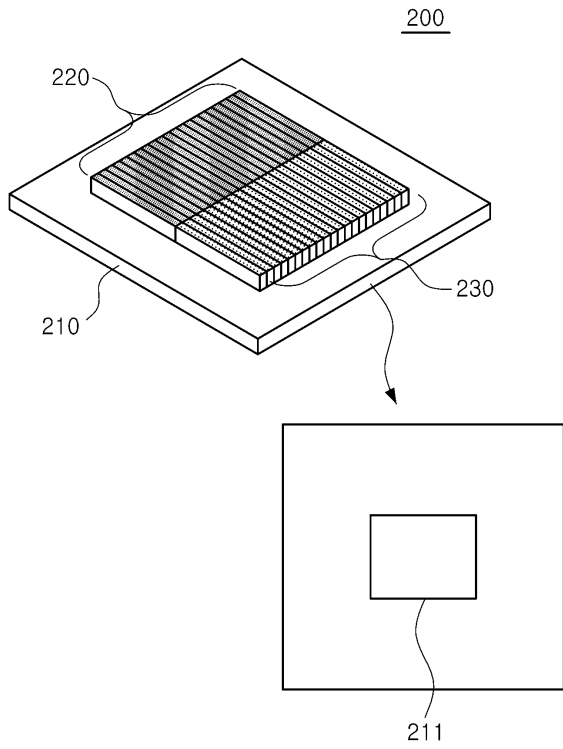
도면5



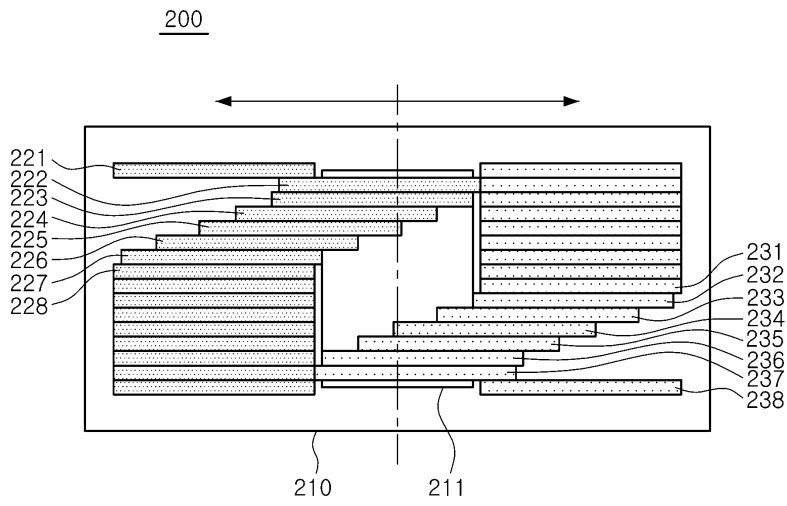
도면6



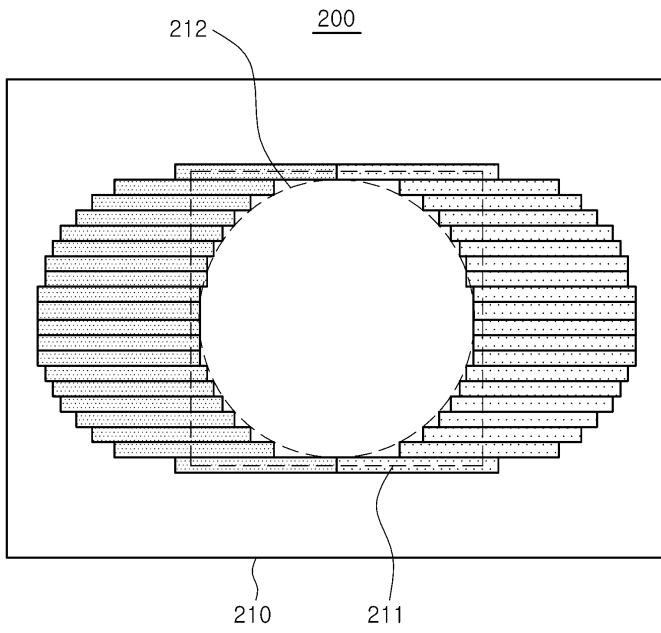
도면7



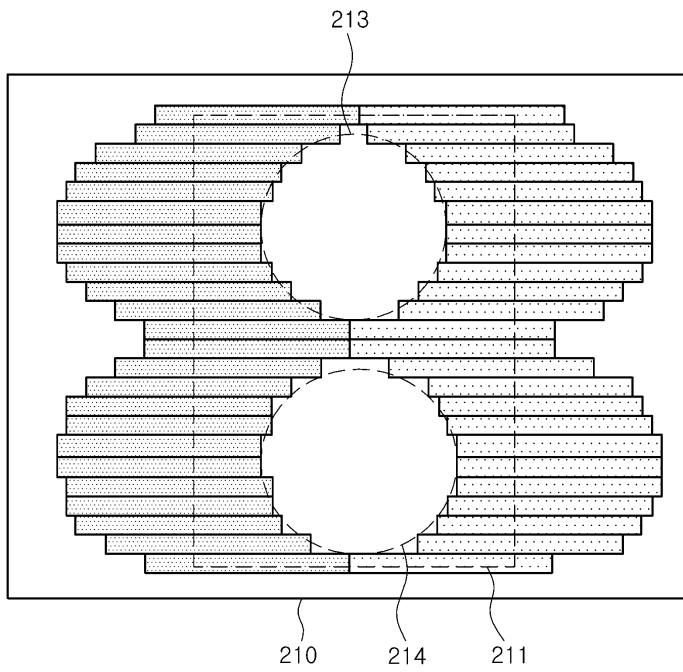
도면8



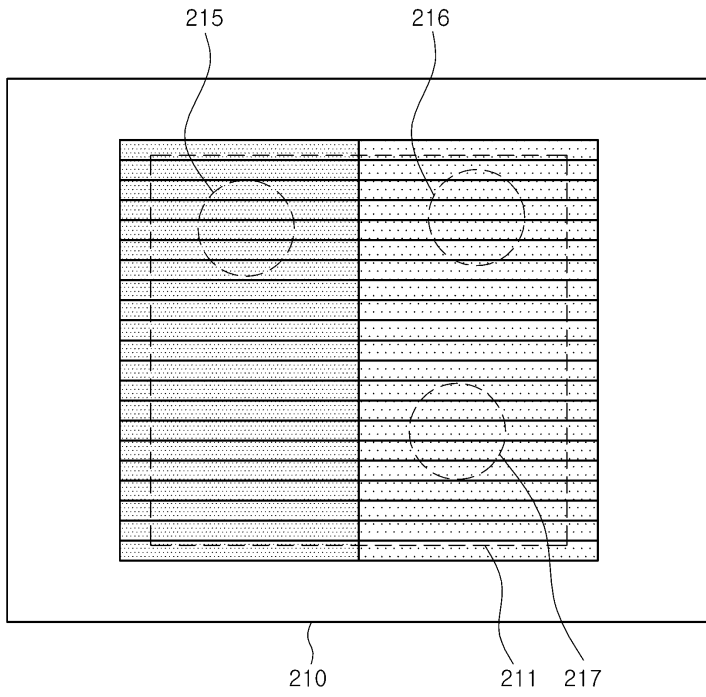
도면9a



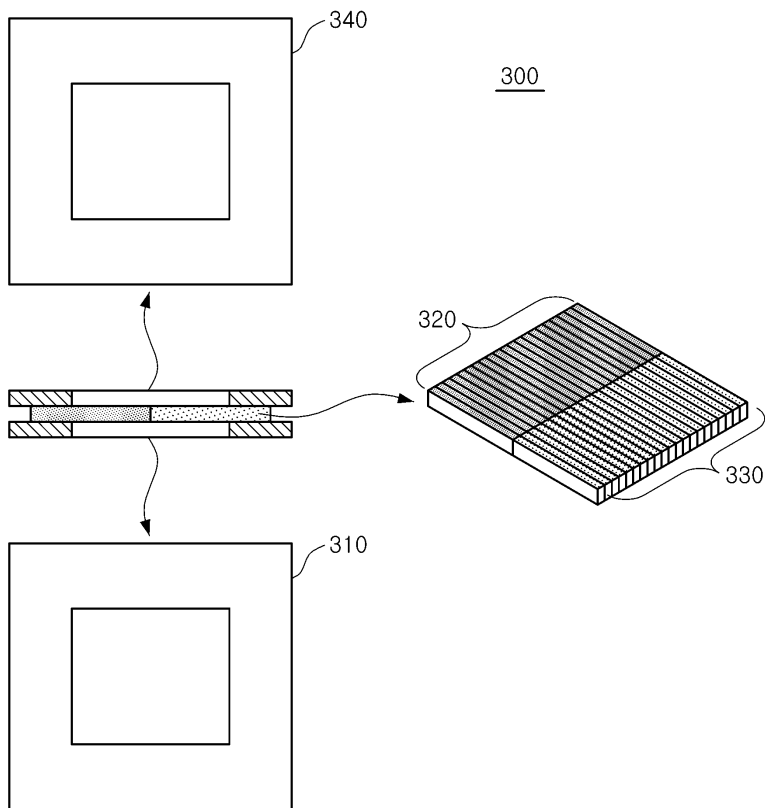
도면9b



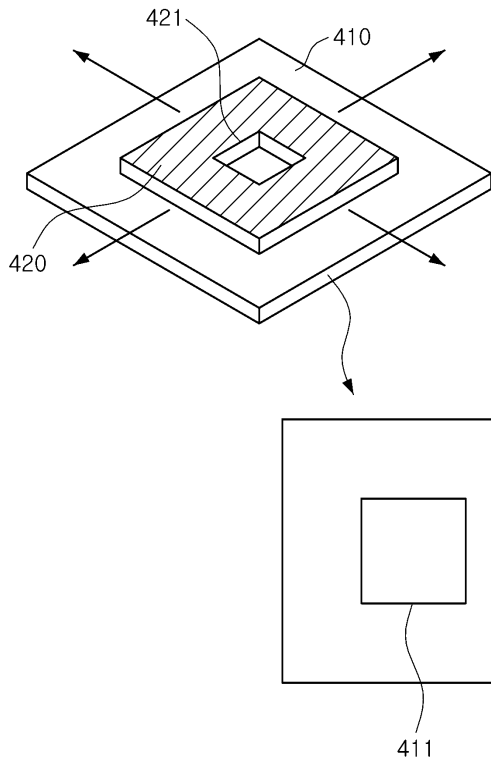
도면9c



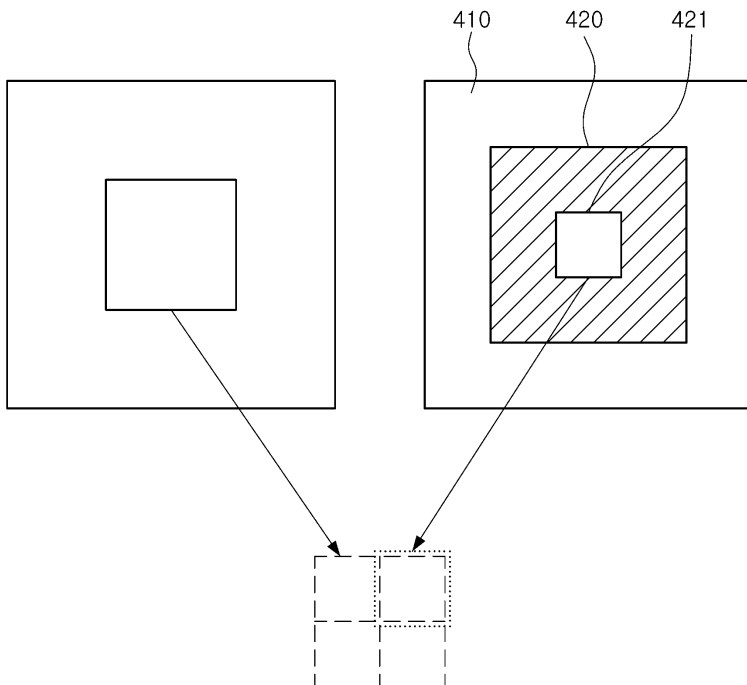
도면10



도면11

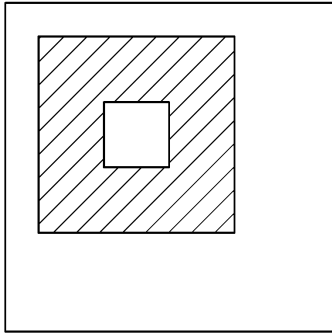


도면12a

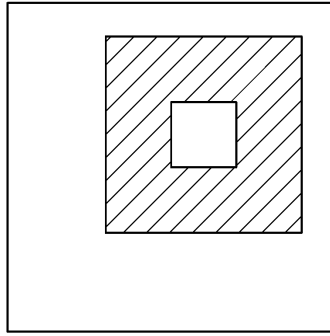


도면12b

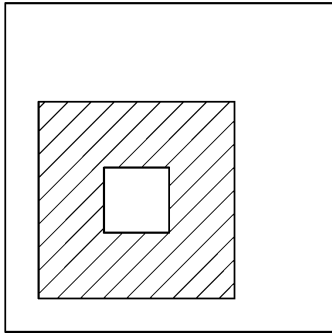
(a)



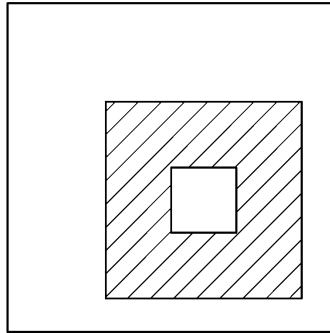
(b)



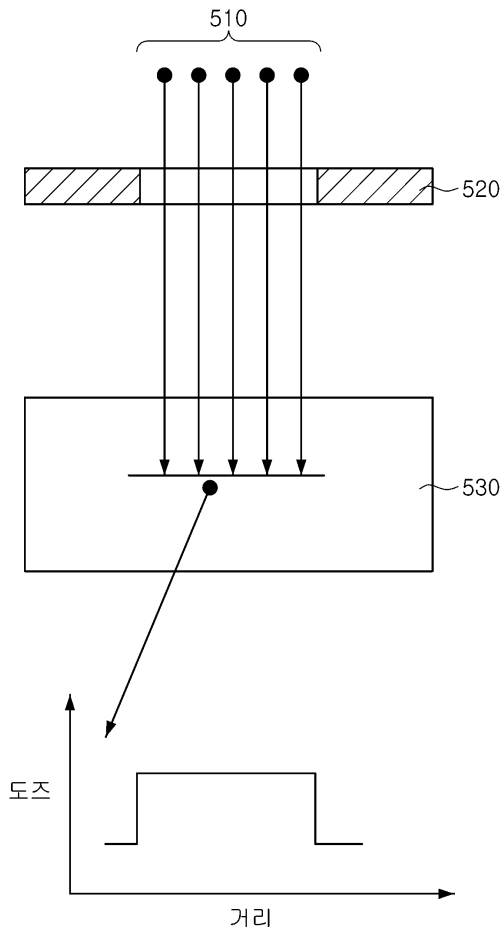
(c)



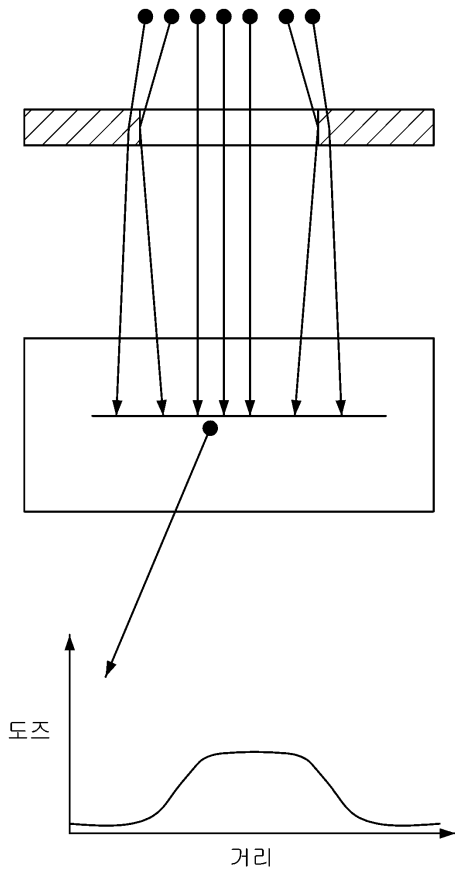
(d)



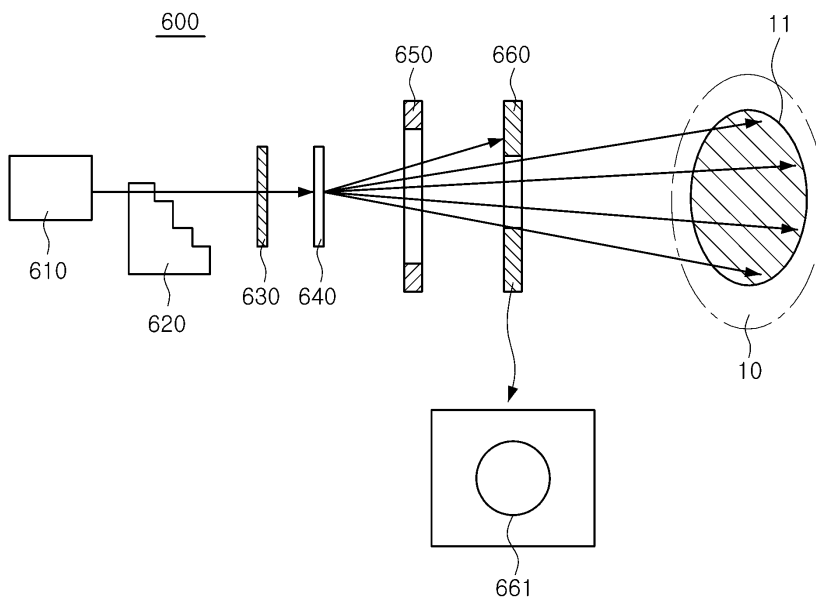
도면13a



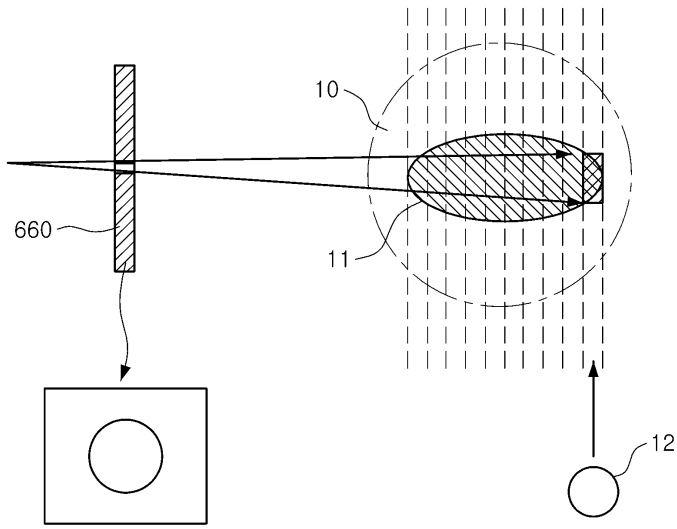
도면13b



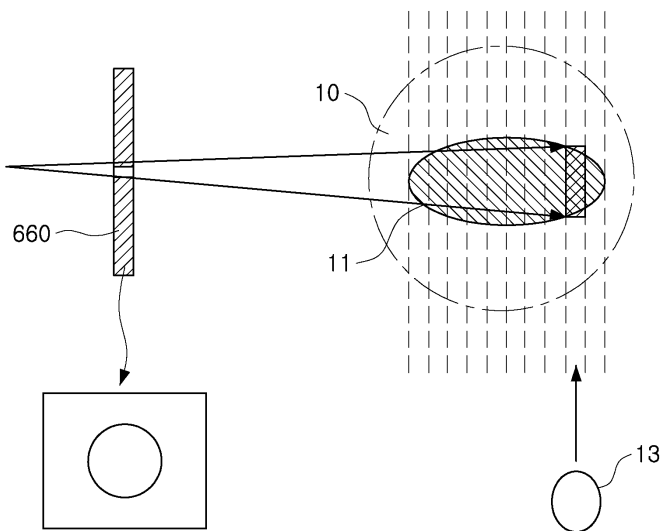
도면14



도면15a



도면15b



도면15c

