(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0000464
(43) 공개일자 2019년01월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61N 5/10 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61N 5/1077 (2013.01)
A61N 5/1028 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0079502
(22) 출원일자 2017년06월23일
심사청구일자 2017년06월23일

(71) 출원인
재단법인 아산사회복지재단
서울특별시 송파구 올림픽로43길 88 (풍납동)
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
곽정원
경기도 남양주시 와부읍 월문천로 95, 102동 1404호(덕소아이파크아파트)
이상욱
서울특별시 송파구 양재대로 1218, 104동 803호(방이동, 올림픽선수기자촌아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
유철현

전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **자기장과 산란체를 이용한 광자선의 선량상승영역 변조 장치, 이를 포함하는 광자선 기반의 방사선치료장치 및 자기장과 산란체를 이용한 광자선의 선량상승영역 변조 방법**

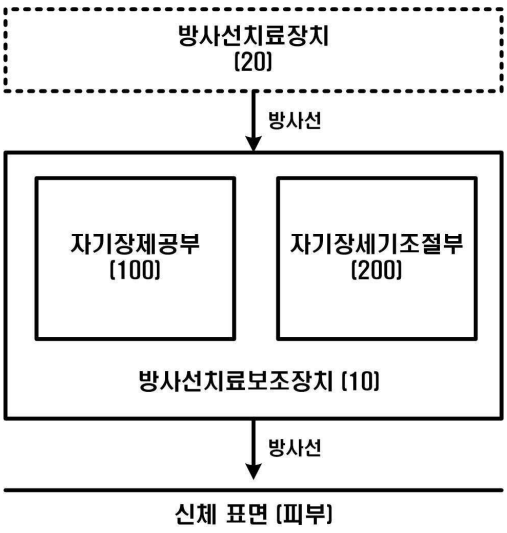
(57) 요 약

본 발명은 자기장과 산란체를 이용한 광자선의 선량상승영역 변조 장치, 이를 포함하는 광자선 기반의 방사선치료장치 및 자기장과 산란체를 이용한 광자선의 선량상승영역 변조 방법에 관한 것이다.

본 발명의 일실시예에 따른 선량상승영역 변조장치는, 방사선 치료표적부위로 광자선이 이동하는 경로 상의 신체 외부에 배치되어, 광자선이동방향에 수직한 자기장을 제공하는 자기장제공부; 및 상기 자기장제공부의 자기장 세기를 조절하는 자기장세기조절부;를 포함하되, 상기 자기장제공부는 특정한 에너지 준위 이하의 이차전자를 분산시키는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 따르면, 피부표면으로부터 특정깊이 존재하는 종양조직에는 선량상승 효과를 제공하고, 피부표면에는 선량감소 효과를 제공한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
A61N 2005/1089 (2013.01)
A61N 2005/1094 (2013.01)
A61N 2005/1096 (2013.01)
(72) 발명자
조병철
경기도 안양시 동안구 부림로 34, 202동 402호(평촌동, 꿈마을우성아파트)
안승도
서울특별시 서초구 신반포로 9, 89동 304호(반포동, 반포아파트)
최원식
서울특별시 송파구 올림픽로43길 88, 의과대학 의학과 방사선종양학 (풍납동)
안우상
강원도 강릉시 사천면 방동길 38, 방사선종양학과 (강릉아산병원)
정치영
서울특별시 성북구 종암로24가길 80, 107동 803호 (종암동, 래미안라센트)
신성수
서울특별시 송파구 올림픽로43길 88, 의과대학 의학과 방사선종양학 (풍납동)
윤경준
서울특별시 강동구 상암로 11, 104동 1506호(암사동, 선사현대아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711028775
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 방사선기술개발사업
연구과제명 양자점 및 2차원 나노 구조를 이용한 새로운 방사선 영상 소자의 물리적 특성 및 효용성 검증
기 여 율 1/2
주관기관 서울아산병원(울산대부설)
연구기간 2015.08.10 ~ 2018.07.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2015R1C1A1A02036358
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 신진연구지원사업
연구과제명 탄소나노튜브 기반의 전계방출원을 이용한 근접치료용 초소형 X-선 선원 개발 및 임상 적용을 위한 선량 계산 시스템 기반 기술 구축
기 여 율 1/2
주관기관 강릉아산병원
연구기간 2015.07.01 ~ 2018.06.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

방사선 치료 시에 사용되는 장치에 있어서,

방사선 치료표적부위로 광자선이 이동하는 경로 상의 신체 외부에 배치되어, 광자선이동방향에 수직한 자기장을 제공하는 자기장제공부; 및

상기 자기장제공부의 자기장 세기를 조절하는 자기장세기조절부;를 포함하되,

상기 자기장제공부는 특정한 에너지 준위 이하의 이차전자를 분산시키는 것을 특징으로 하는, 선량상승영역 변조장치.

청구항 2

방사선 치료 시에 사용되는 장치에 있어서,

방사선 치료표적부위로 광자선이 이동하는 경로 상의 신체 외부에 배치되어, 광자선이동방향에 수직한 자기장을 제공하는 자기장제공부; 및

광자 이동경로 상에 배치되는 산란판(Beam Spoiler);을 포함하고,

상기 자기장제공부는 특정한 에너지 준위 이하의 이차전자를 분산시키고,

상기 산란판은 광자의 통과 시에 이차전자를 생성하는 것인, 선량상승영역 변조장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 자기장제공부의 자기장 세기를 조절하는 자기장세기조절부;를 더 포함하는, 선량상승영역 변조장치

청구항 4

제1항 또는 제3항에 있어서,

상기 자기장제공부는 광자선 이동경로 상에 대향하게 배치된 상이한 극성의 자석쌍을 포함하고,

상기 자기장세기조절부는 자석쌍 사이의 이격거리를 조절하는 것을 특징으로 하는, 선량상승영역 변조장치

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 치료표적부위 상의 피부표면으로부터 상기 자기장제공부가 이격되는 거리를 설정하는 제1거리조절부;를 더 포함하는, 선량상승영역 변조장치.

청구항 6

제2항 또는 제3항에 있어서,

상기 자기장제공부는 산란판 아래에 배치되는 것을 특징으로 하는, 선량상승영역 변조장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 산란판과 상기 자기장제공부 사이의 거리를 조절하는 제2거리조절부;를 더 포함하는, 선량상승영역 변조장치.

청구항 8

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

방사선 치료장치의 방사선출력부에 결합되는 것인, 선량상승영역 변조장치.

청구항 9

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 따른 선량상승영역 변조장치; 및

특정한 세기의 광자선을 출력하는 선형가속기;를 포함하는, 광자선 기반의 방사선 치료장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 자기장과 산란체를 이용한 광자선의 선량상승영역 변조 장치, 이를 포함하는 광자선 기반의 방사선치료장치 및 자기장과 산란체를 이용한 광자선의 선량상승영역 변조 방법에 관한 것으로, 보다 자세하게는 광자선량 상승영역에서의 깊이 선량을 변조하는, 선량상승영역 변조 장치, 이를 포함하는 방사선치료장치 및 선량상승영역 변조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 방사선 치료장치는 질병의 치료에 방사선을 사용한 의료 장비로서, X선, 감마선과 같은 광자 또는 전자선, 양성자선과 같은 하전된 방사선을 이용하여 암과 같은 악성 종양 조직의 성장을 지연시키거나 멈추게 하고 더 나아가서는 파괴시키기 위해 널리 사용한다.

[0003] 한편, 인체의 비 종양 조직, 즉 인체의 정상 조직에 고 에너지를 갖고 있는 방사선량이 과다하게 전달되는 경우, DNA 분자를 전리하여 DNA 손상시켜 유전자의 돌연변이가 일어나거나 세포가 사멸하여, DNA 손상으로 유발된 돌연변이는 유전적인 결함을 초래하기도 하고, 암을 발생시키기도 한다. 이에, 정상 조직과 종양 조직이 근접해 있을 경우, 방사선 부작용으로 인하여 방사선 치료 선량을 충분히 조사하지 못하는 경우가 빈번히 발생한다.

[0004] 따라서, 방사선 치료 시, 방사선량 및 방사선량의 배치는 파괴할 종양이 충분한 방사선을 받도록 하고, 종양을 둘러싸고 있는 정상 조직에 대한 손상을 최소화하도록 조절되어야 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 국내등록특허공보 제10-1378447호(발명의 명칭: MRI 기반 LINAC 시스템을 위한 자기장 차폐 구조, 등록일: 2014.03.20.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 신체부위의 표면(예를 들어, 피부 또는 점막)으로부터 특정 깊이 내에 위치한 종양(예를 들어, 성문암)에 대해 방사선 치료를 수행하는 경우, 광자선 발생장치(즉, 선형가속기)를 이용하여 종양에 원하는 선량을 제공하기 위해 종양에 접근하는 경로 상의 정상조직에 높은 선량이 제공되게 된다.

[0007] 구체적으로, 기존에는 조직등가물질인 볼루스(Bolus)를 피부에 부착하여, 치료목표부위인 종양이 조직등가물질의 두께만큼 표면으로부터 깊이 위치하는 것과 같이 되어 충분한 선량상승을 제공하였다. 그러나, 조직등가물질을 피부표면에 부착하는 방식은 치료목표지점에는 선량상승을 제공하지만 방사선 이동경로에 위치한 정상조직이 높은 선량에 노출되는 문제가 존재하였다.

[0008] 따라서, 본 발명은 방사선치료 과정에서 치료목표지점 이전에 위치한 정상조직에 제공되는 방사선량을 줄여서 정상조직(특히, 피부표면 영역) 손상을 방지하는, 자기장과 산란체를 이용한 광자선의 선량상승영역 변조 장치,

이를 포함하는 광자선 기반의 방사선치료장치 및 자기장과 산란체를 이용한 광자선의 선량상승영역 변조 방법를 제공하고자 한다.

[0009] 또한, 본 발명은 치료목표지점(즉, 신체표면으로부터 특정깊이 내에 위치한 종양)에는 선량상승 효과를 제공하고 치료목표지점 이전에 위치한 정상조직에는 선량감소 효과를 제공하는, 자기장과 산란체를 이용한 광자선의 선량상승영역 변조 장치, 이를 포함하는 광자선 기반의 방사선치료장치 및 자기장과 산란체를 이용한 광자선의 선량상승영역 변조 방법를 제공하고자 한다. 즉, 본 발명은 피부표면을 통해 제공되는 광자선에 의한 선량 상승영역에서의 깊이 선량을 변조하여, 피부표피 근처에 위치하는 종양의 선량을 증가시키면서 피부표면 영역의 선량을 저감시켜서 방사선 부작용을 저감시키는 효과를 제공하는 장치 및 방법을 제공하고자 한다.

[0010] 본 발명이 해결하고자 하는 과제들은 이상에서 언급된 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 일실시예에 따른 선량상승영역 변조장치는, 방사선 치료표적부위로 광자선이 이동하는 경로 상의 신체 외부에 배치되어, 광자선이동방향에 수직한 자기장을 제공하는 자기장제공부; 및 상기 자기장제공부의 자기장 세기를 조절하는 자기장세기조절부;를 포함하되, 상기 자기장제공부는 특정한 에너지 준위 이하의 이차전자를 분산시키는 것을 특징으로 한다.

[0012] 본 발명에 따른 다른 일실시예에 따른 자기장과 산란체를 이용한 광자선의 선량상승영역 변조 장치는, 방사선 치료표적부위로 광자선이 이동하는 경로 상의 신체 외부에 배치되어, 광자선이동방향에 수직한 자기장을 제공하는 자기장제공부; 및 광자 이동경로 상에 배치되는 산란판(Beam Spoiler);을 포함하고, 상기 자기장제공부는 특정한 에너지 준위 이하의 이차전자를 분산시키고, 상기 산란판은 광자의 통과 시에 이차전자를 생성하는 것이다.

[0013] 또한, 다른 일실시예로, 상기 자기장제공부의 자기장 세기를 조절하는 자기장세기조절부;를 더 포함한다.

[0014] 또한, 다른 일실시예로, 상기 자기장제공부는 광자선 이동경로 상에 대향하게 배치된 상이한 극성의 자석쌍을 포함하고, 상기 자기장세기조절부는 자석쌍 사이의 이격거리를 조절하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 다른 일실시예로, 상기 치료표적부위 상의 피부표면으로부터 상기 자기장제공부가 이격되는 거리를 설정하는 제1거리조절부;를 더 포함한다.

[0016] 또한, 다른 일실시예로, 상기 자기장제공부는 산란판 아래에 배치되는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 다른 일실시예로, 상기 산란판과 상기 자기장제공부 사이의 거리를 조절하는 제2거리조절부;를 더 포함한다.

[0018] 또한, 다른 일실시예로, 상기 선량상승영역 변조장치는, 방사선 치료장치의 방사선출력부에 결합된다.

[0019] 본 발명의 다른 일실시예에 따른 광자선 기반의 방사선 치료장치는, 본 발명의 실시예들에 따른 선량상승영역 변조장치; 및 특정한 세기의 광자선을 출력하는 선형가속기;를 포함한다.

발명의 효과

[0020] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 환자의 종양부위에 방사선을 조사하는 경우에, 방사선이 종양부위로 이동하는 경로 상에 위치한 정상조직이 방사선에 의해 손상되는 정도를 줄일 수 있다. 즉, 종양조직에 도달하지 못하는 저에너지 이차전자를 사전에 제거함에 따라, 방사선의 이동경로상 종양조직 이전에 위치한 정상조직에 영향을 미치는 이차전자를 줄여준다.

[0021] 또한, 본 발명을 통해 산란판에 의해 제공된 고에너지 이차전자에 의해 신체부위의 표면으로부터 특정 깊이 내에 위치한 종양조직에 충분한 선량상승을 제공할 수 있다. 특히, 산란판(Beam Spoiler)에서 생성된 이차전자 중에서 기준 이하의 에너지를 가진(즉, 종양조직에 도달 가능한 에너지를 가지지 못한) 이차전자는 자기장에 의해 분산시켜서, 치료목표지점의 종양조직에서는 선량상승을 제공하면서 종양조직 이전에 위치한 정상조직(예를 들어, 피부표면)에서는 선량감소를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 선량상승영역 변조장치의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 선량상승영역 변조장치가 방사선 치료 시에 적용되는 예시도면이다.

도 3은 일반조건(Open Beam 조건)으로 광자선을 제공하는 경우와 조직등가물질을 피부에 부착한 후 광자선을 제공하는 경우의 피부표면으로부터 깊이별 선량상승영역 변화 그래프이다.

도 4는 자기장이 인가되지 않고 방사선이 제공되는 경우(a)와 자기장제공부에 의해 자기장이 인가된 상태에서 방사선이 제공되는 경우(b)의 저에너지 이차전자의 이동경로를 비교한 예시도면이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따라 자기장제공부의 양 자석 사이의 거리를 조절하여 자기장세기를 조절하는 자기장세기조절부를 포함한 선량상승영역 변조장치의 예시도면이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 산란판을 더 포함하는, 선량상승영역 변조장치의 예시도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 게시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 게시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0024] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0025] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0026] 이하, 도면을 참조하여, 본 발명의 실시예들에 따른 자기장과 산란체를 이용한 광자선의 선량상승영역 변조 장치, 이를 포함하는 광자선 기반의 방사선치료장치 및 자기장과 산란체를 이용한 광자선의 선량상승영역 변조 방법을 상세히 설명한다.

[0027] 신체부위의 표면(예를 들어, 피부 또는 점막)으로부터 특정 깊이 내에 위치한 종양(예를 들어, 성문암)에 대해 방사선 치료를 수행하는 경우, 광자선 발생장치(즉, 선형가속기)를 이용하여 종양에 원하는 선량을 제공하기 위해 종양에 접근하는 경로 상의 정상조직에 높은 선량이 제공되게 된다.

[0028] 기존에는 조직등가물질인 볼루스(Bolus)를 피부에 부착하여, 치료목표부위인 종양이 조직등가물질의 두께만큼 표면으로부터 깊이 위치하는 것과 같이 되어 충분한 선량상승을 제공하였다. 그러나, 조직등가물질을 피부표면에 부착하는 방식은 치료목표지점에는 선량상승을 제공하지만, 도 3에서와 같이, 방사선 이동경로에 위치한 정상조직(특히, 피부표면)이 높은 선량에 노출되는 문제가 존재하였다.

[0029] 즉, 치료표적부위의 선량상승과 치료표적부위 이전의 정상조직(특히, 피부표면)의 선량감소는 트레이드오프(Trade-Off) 관계로 여겨졌다. 따라서, 치료표적부위의 선량상승과 치료표적부위 이전의 정상조직(특히, 피부표면)의 선량감소를 동시에 제공할 수 있는 자기장과 산란체를 이용한 광자선의 선량상승영역 변조 장치, 이를 포함하는 광자선 기반의 방사선치료장치 및 자기장과 산란체를 이용한 광자선의 선량상승영역 변조 방법을 제공하고자 한다.

[0030] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 선량상승영역 변조장치(10)의 구성도이다.

[0031] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 선량상승영역 변조장치(10)가 방사선 치료 시에 적용되는 예시도면이다.

[0032] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 선량상승영역 변조장치(10)는, 자기장제공부(100); 및 자기장세기조절부(200);를 포함한다.

[0033] 자기장제공부(100)는 방사선 이동경로 상에 자기장 영역을 형성하여, 특정한 에너지 준위 이하의 이차전자를 분산시키는 역할을 수행한다. 일실시예로, 자기장제공부(100)는 서로 다른 극성을 가지며 대향 배치되는 한 쌍의 전자석 또는 영구자석으로 이루어진다. 즉, 자기장제공부(100)는 방사선 이동방향과 수직한 방향으로 자기장을 걸어주는 역할을 수행한다.

[0034] 상기 선량상승영역 변조장치(10)를 이용하는 방사선치료장치(20)(또는 방사선 발생부)는 MV X-ray를 발생시키는 선형가속기(LINAC, Linear Acceleretor)가 바람직하다. 발생되는 MV영역의 X-ray 빔의 특성상 피폭을 당하는 물질의 표면에서 콤프톤(compton) 효과에 의한 반응을 통하여 2차전자(secondary electron)에 운동에너지를 전달하고, 그 전자에 의하여 방사선량을 체내에 전달한다.

[0035] 자기장제공부(100)는 방사선 치료표적부위(또는 치료목표부위)로 광자선이 이동하는 경로 상의 신체 외부에 배치된다. 자기장제공부(100)는 신체 내부로 진입하기 전 체외에서 2차전자에 이동방향에 수직한 방향으로 자기장을 제공하고, 도 4에서와 같이, 2차전자는 자기장제공부(100)에 의해 형성된 자기장영역을 통과하면서 자기장에 의한 힘 예컨대, 로렌츠의 힘(Lorentz's Force)을 받아, 편향되거나 분산된다. 자기장세기조절부(200)는 상기 자기장제공부(100)의 자기장 세기를 조절하는 역할을 수행한다. 자기장 세기에 따라 2차전자의 편향되는 정도가 달라지므로, 자기장세기조절부(200)가 치료표적부위 방향으로 이동하지 못하고 편향되어 분산되는 2차전자의 운동에너지 기준을 설정한다. 예를 들어, 피부표면에 가까운 지점에 치료표적부위가 위치하는 경우, 피부표면으로부터 깊은 지점에 치료표적부위가 위치하는 경우에 비해 낮은 운동에너지를 가지는 2차전자가 종양조직에 도달하여 방사선 치료효과를 제공할 수 있으므로, 자기장제공부(100)에 낮은 세기의 자기장을 인가하여 편향되어 치료표적부위 방향으로 진행하지 못하는 2차전자의 운동에너지 준위 기준을 낮게 설정할 수 있다.

[0036] 일실시예로, 상기 자기장제공부(100)가 광자선 이동경로 상에 대향하게 배치된 상이한 극성의 자석 쌍으로 이루어지는 경우, 도 5에서와 같이, 자기장세기조절부(200)는 자석쌍 사이의 이격거리를 조절하는 구조로 형성될 수 있다. 상이한 극성의 자석이 가까이 위치하면 자속밀도가 높아져서 강한 자기장 세기를 제공하고, 상이한 극성의 자석이 멀리 위치하면 자속밀도가 낮아져서 낮은 세기의 자기장을 형성한다. 따라서, 자기장세기조절부(200)는 방사선 이동경로 상에 대향배치된 상이한 극성의 자석 사이의 거리를 조절하여 2차전자에 가해지는 자기장 세기를 조절할 수 있다.

[0037] 예를 들어, 선량상승영역 변조장치(10)의 하우징 내에 자석이 이동가능하도록 배치되고, 자기장세기조절부(200)는 하우징을 스크류 방식으로 통과하여 자기장제공부(100)의 일측 자석과 결합될 수 있다. 사용자가 자기장세기조절부(200)를 돌려줌에 따라 하우징 내의 자석이 이동하여 양 자석 사이의 거리가 조절될 수 있다.

[0038] 또한, 다른 일실시예로, 자기장제공부(100)가 전자석으로 이루어지는 경우, 자기장세기조절부(200)는 제어를 통해 자기장 영역을 형성하도록 자기장제공부(100)를 작동할 수 있다.

[0039] 또한, 다른 일실시예로, 제1거리조절부;를 더 포함한다. 제1거리조절부는 상기 치료표적부위 상의 피부표면으로부터 상기 자기장제공부(100)가 이격되는 거리를 설정하는 역할을 수행한다. 즉, 제1거리조절부는 자기장제공부(100)(예를 들어, 대향배치된 영구 자석)과 신체표면 사이의 거리(Magnet-to-Surface Distance, MSD)를 조절한다.

[0040] 제1거리조절부는 신체표면을 기준으로 하여 자기장제공부(100)의 위치를 설정할 수 있다. 또한, 다른 일실시예로, 방사선발생부(예를 들어, 선형가속기의 광자선 출력부)로부터 신체표면까지의 거리가 고정되어 있는 경우, 제1거리조절부는 자기장제공부(100)로부터 자기장제공부(100)가 이격된 거리를 설정하여 자기장제공부(100)과 신체표면 사이의 거리(MSD)를 설정할 수 있다. 예를 들어, 후술하는 바와 같이, 본 발명의 실시예들에 따른 선량상승영역 변조장치(10)가 방사선치료장치(20)의 방사선출력부에 모듈형태로 결합되는 경우, 방사선출력부의 신체표면으로부터의 위치가 설정된 후, 제1거리조절부는 방사선출력부로부터 이격거리 조절을 통해 자기장제공부(100)과 신체표면 사이의 거리(MSD)를 설정한다.

[0041] 도 6을 참조하면, 본 발명의 다른 일실시예에 따른 자기장과 산란체를 이용한 광자선의 선량상승영역 변조 장치(10)는 자기장제공부(100) 및 산란판(300);를 포함한다.

[0042] 자기장제공부(100)는 방사선 이동경로 상에 자기장 영역을 형성하여, 특정한 에너지 준위 이하의 이차전자를 분산시키는 역할을 수행한다. 일실시예로, 자기장제공부(100)는 서로 다른 극성을 가지며 대향 배치되는 한 쌍의 전자석 또는 영구자석으로 이루어진다. 즉, 자기장제공부(100)는 방사선 이동방향과 수직한 방향으로 자기장을 걸어주는 역할을 수행한다.

[0043] 상기 선량상승영역 변조장치(10)를 이용하는 방사선치료장치(20)(또는 방사선 발생부)는 MV X-ray를 발생시키는 선형가속기(LINAC, Linear Acceleretor)가 바람직하다. 발생되는 MV영역의 X-ray 빔의 특성상 피폭을 당하는 물질의 표면에서 콤프톤(compton) 효과에 의한 반응을 통하여 2차전자(secondary electron)에 운동에너지를 전달하고, 그 전자에 의하여 방사선량을 체내에 전달한다.

[0044] 자기장제공부(100)는 방사선 치료표적부위(또는 치료목표부위)로 광자선이 이동하는 경로 상의 신체 외부에 배치된다. 자기장제공부(100)는 신체 내부로 진입하기 전 체외에서 2차전자에 이동방향에 수직한 방향으로 자기장을 제공하고, 2차전자는 자기장제공부(100)에 의해 형성된 자기장영역을 통과하면서 자기장에 의한 힘 예컨대, 로렌츠의 힘(Lorentz's Force)을 받아, 편향되거나 분산된다.

[0045] 산란판(300)(Beam Spoiler)은 광자선이 통과함에 따라 이차전자를 생성하는 역할을 수행한다. 신체 심부에 위치한 종양에 광자선을 기반으로 치료를 수행하는 경우, 광자선이 체내를 통과하는 중에 콤프톤(compton) 효과에 의해 2차전자(secondary electron)가 발생하므로, 치료표적부위에 충분한 방사선량을 제공할 이차전자가 존재한다. 그러나 신체 심부가 아닌 피부표면으로부터 가까운 부위에 위치한 종양을 치료하는 경우, 광자가 체내를 통과하면서 충분한 이차전자를 생성하지 못한다. 또한, 광자선을 생성하는 선형가속기 자체에서 2차전자가 생성되어 광자선과 함께 제공되나, 종양에 대해 방사선 치료효과를 충분히 제공할 수준의 이차전자가 제공되지 못한다.

[0046] 따라서, 피부표면으로부터 특정깊이에 위치한 종양조직에 충분한 선량상승 효과를 제공하기 위해서, 신체 내부로 광자선이 진입하기 전의 광자 이동경로 상에 광자선에 의해 콤프턴 효과에 의해 이차전자를 생성하는 산란판(300)(Beam Spoiler)를 배치한다.

[0047] 방사선치료장치(20)의 방사선발생부(예를 들어, 광자선 선형가속기)에 의해 생성된 광자선이 산란판(300)을 통과하면서, 피부표면으로부터 특정깊이 내에 위치한 종양조직에 도달 가능한 운동에너지를 가진 이차전자를 포함한 다량의 이차전자를 생성한다. 이를 통해, 산란판(300)에서 생성된 이차전자가 체내를 광자선이 통과하는 과정에서 콤프턴 효과에 의해 생성되는 이차전자와 함께 피부표면으로부터 특정깊이에 위치한 종양조직에 방사선 치료효과를 제공한다.

[0048] 일실시예로, 상기 자기장제공부(100)는 산란판(300) 아래에 배치된다. 즉, 자기장제공부(100)는 광자선에 의해 산란판(300)에서 다량의 이차전자가 발생된 후, 이차전자가 신체표면으로 이동하는 경로 상에 자기장을 제공하도록 배치된다. 이를 통해, 피부표면으로부터 특정깊이 내에 위치한 종양조직에는 방사선량을 증가시키고 종양조직 이전에 위치한 영역(즉, 정상조직, 특히 피부표면)에는 방사선량을 감소시킨다.

[0049] 본 발명의 일실시예에 따른 자기장과 산란체를 이용한 광자선의 선량상승영역 변조 장치(10)에 의해 신체에 제공되는 깊이선량을 변조하는 과정은 다음과 같다. 먼저, 방사선치료장치(즉, 선형가속기)에서 발생된 광자선이 산란판(300)을 통과하면서 다량의 이차전자를 생성한다. 방사선치료장치에서 자체적으로 생성되는 이차전자가 신체 내부로 광자선이 진입하기 전에도 존재하나, 종양을 치료할 정도로 충분한 선량을 제공하지 못한다. 따라서, 선량상승영역 변조장치(10)는 신체 외부의 광자선 진행경로 상에 배치된 산란체에 광자선을 통과시켜 다량의 이차전자를 생성시킨다.

[0050] 그 후, 자기장제공부(100)가 자기장을 인가하여 운동에너지가 낮아서 피부표면영역에 영향을 미칠 이차전자를 분산시킨다. 이차전자의 운동에너지가 낮으면, 이차전자는 피부 깊이까지 진입하지 못하고 피부표면에 영향을 미치게 된다. 이차전자의 운동에너지가 낮을수록(즉, 전자의 이동속도가 낮을수록) 로렌츠의 힘에 의해 크게 편향되므로, 자기장제공부는 피부표면 영역에 영향을 미치는 저에너지 이차전자를 제거하기 위해 특정한 세기의 자기장을 이차전자의 이동방향과 수직한 방향으로 제공한다. 이를 통해, 저에너지 이차전자는 자기장에 의해 많이 편향되어 분산되고, 고에너지 이차전자(즉, 높은 운동에너지를 가진 이차전자)는 적게 편향된 상태로 피부표면 방향으로 이동을 진행한다.

[0051] 이를 통해, 피부표면영역은 저에너지 이차전자가 제거되어 방사선량이 낮아지게 되고, 피부표면으로부터 깊은 영역은 산란판(300)에 의해 생성된 다량의 이차전자 중에서 자기장에 의해 편향되지 않은 고에너지 이차전자에 의해 선량이 상승하게 된다. 따라서, 피부표면로부터 특정 깊이에 위치한 치료목표영역에만 원하는 수준의 높은 선량(예를 들어, 6MV광자선을 이용하여 4MV 광자선을 이용하는 경우와 비슷한 깊이 선량)을 제공하고 피부표면에는 피부손상을 일으키지 않는 낮은 선량을 제공한다.

[0052] 또한, 다른 일실시예로, 자기장세기조절부(200)를 더 포함한다. 자기장세기조절부(200)는 자기장제공부(100)의 자기장 세기를 조절하는 역할을 수행한다. 자기장 세기에 따라 2차전자의 편향되는 정도가 달라지므로, 자기장

세기조절부(200)가 치료표적부위 방향으로 이동하지 못하고 편향되어 분산되는 2차전자의 운동에너지 기준을 설정한다. 예를 들어, 피부표면에 가까운 지점에 치료표적부위가 위치하는 경우, 피부표면으로부터 깊은 지점에 치료표적부위가 위치하는 경우에 비해 낮은 운동에너지를 가지는 2차전자가 종양조직에 도달하여 방사선 치료효과를 제공할 수 있으므로, 자기장제공부(100)에 낮은 세기의 자기장을 인가하여 편향되어 치료표적부위 방향으로 진행하지 못하는 2차전자의 운동에너지 준위 기준을 낮게 설정할 수 있다.

[0053] 상기 자기장제공부(100)가 광자선 이동경로 상에 대향하게 배치된 상이한 극성의 자석 쌍으로 이루어지는 경우, 도 5에서와 같이, 자기장세기조절부(200)는 자석쌍 사이의 이격거리를 조절하는 구조로 형성될 수 있다. 상이한 극성의 자석이 가까이 위치하면 자속밀도가 높아져서 강한 자기장 세기를 제공하고, 상이한 극성의 자석이 멀리 위치하면 자속밀도가 낮아져서 낮은 세기의 자기장을 형성한다. 따라서, 자기장세기조절부(200)는 방사선 이동경로 상에 대향배치된 상이한 극성의 자석 사이의 거리를 조절하여 2차전자에 가해지는 자기장 세기를 조절할 수 있다.

[0054] 예를 들어, 선량상승영역 변조장치(10)의 하우징 내에 자석이 이동가능하도록 배치되고, 자기장세기조절부(200)는 하우징을 스크류 방식으로 통과하여 자기장제공부(100)의 일측 자석과 결합될 수 있다. 사용자가 자기장세기조절부(200)를 돌려줌에 따라 하우징 내의 자석이 이동하여 양 자석 사이의 거리가 조절될 수 있다.

[0055] 또한, 예를 들어, 자기장제공부(100)가 전자석으로 이루어지는 경우, 자기장세기조절부(200)는 제어를 통해 자기장 영역을 형성하도록 자기장제공부(100)를 작동할 수 있다.

[0056] 또한, 다른 일실시예로, 제1거리조절부;를 더 포함한다. 제1거리조절부는 상기 치료표적부위 상의 피부표면으로부터 상기 자기장제공부(100)가 이격되는 거리를 설정하는 역할을 수행한다. 즉, 제1거리조절부는 자기장제공부(100)(예를 들어, 대향배치된 영구 자석)과 신체표면 사이의 거리(Magnet-to-Surface Distance, MSD)를 조절한다.

[0057] 제1거리조절부는 신체표면을 기준으로 하여 자기장제공부(100)의 위치를 설정할 수 있다. 또한, 다른 일실시예로, 방사선발생부(예를 들어, 선형가속기의 광자선 출력부)로부터 신체표면까지의 거리가 고정되어 있는 경우, 제1거리조절부는 자기장제공부(100)로부터 자기장제공부(100)가 이격된 거리를 설정하여 자기장제공부(100)과 신체표면 사이의 거리(MSD)를 설정할 수 있다. 예를 들어, 후술하는 바와 같이, 본 발명의 실시예들에 따른 선량상승영역 변조장치(10)가 방사선치료장치(20)의 방사선출력부에 모듈형태로 결합되는 경우, 방사선출력부의 신체표면으로부터의 위치가 설정된 후, 제1거리조절부는 방사선출력부로부터 이격거리 조절을 통해 자기장제공부(100)과 신체표면 사이의 거리(MSD)를 설정한다.

[0058] 또한, 다른 일실시예로, 상기 산란판(300)과 상기 자기장제공부(100) 사이의 거리를 조절하는 제2거리조절부;를 더 포함한다. 즉, 제2거리조절부는 산란판(300)과 자기장제공부(100) 사이의 이격거리(Beam spoiler-to-Magnet Distance, BMD)를 조절한다.

[0059] 또한, 상기 산란판(300)은 상기 선량상승영역 변조장치(10)에서 교체 가능할 수 있다. 즉, 사용자는 환자의 치료상황에 따라 상이한 종류 또는 상이한 두께의 산란판(300)으로 교체할 수 있다. 즉, 사용자는 환자의 치료 부위의 깊이 및 부피와 인접한 거리 등을 종합적으로 고려하여 자기장과 산란판의 거리를 조절하거나 산란판의 두께를 조절하여, 치료표적부위에 충분한 선량을 제공하면서 부피 부위의 선량을 최소화하여 부작용을 최소화할 수 있다.

[0060] 또한, 다른 일실시예로, 선량상승영역 변조장치(10)는 방사선 치료장치의 방사선출력부에 결합되는 모듈로 제작될 수 있다. 즉, 선량상승영역 변조장치(10)를 신체에 배치하지 않고 방사선치료장치(20)에 결합하여 이용할 수 있다.

[0061] 구체적으로, 여러 개의 방사선치료장치(20)(예를 들어, 선형가속기)를 이용하여 방사선 치료를 진행하여야 하는 경우, 각각의 방사선치료장치(20)에 본 발명의 실시예들에 따른 선량상승영역 변조장치(10)를 결합하여 치료표적부위 상의 좁은 피부표면 영역에 복수의 선량상승영역 변조장치(10)를 배치하지 않을 수 있다. 즉, 환자 주변 공간이 제한적이어서 빔 방향에 따라 자기장 장치를 설치하기 어려운 문제점을 해소할 수 있다. 또한, 각 방사선치료장치(20)에 의한 방사선(예를 들어, 광자선에 의해 선량상승영역 변조장치(10)에서 생성되는 2차전자)의 개별 제어가 용이하도록 할 수 있다.

[0062] 본 발명의 다른 일실시예에 따른 광자선 기반의 방사선 치료장치는, 본 발명의 실시예들에 따른 선량상승영역 변조장치(10); 및 특정한 세기의 광자선을 출력하는 선형가속기;를 포함한다.

[0063] 상기 선형가속기(LINAC, Linear Acceleretor)는 MV X-ray를 발생시키는 역할을 수행하고, 선량상승영역 변조장치(10)로 광자선(즉, MV X-ray)를 제공하는 역할을 수행한다.

[0064] 다른 일실시예로, 선량상승영역 변조장치(10)는 방사선치료장치(20)와 전자적으로 연결되어, 치료조건(예를 들어, 종양이 피부표면으로부터 위치하는 깊이 등)을 바탕으로 자기장제공부(100)의 자기장 세기(예를 들어, 자석과 자석 사이의 거리(MMD) 또는 전자석 자체 세기), 자기장제공부(100)와 피부표면 사이의 이격거리(Magnet-to-Surface Distance, MSD), 산란판(300)과 자기장제공부(100) 사이의 이격거리(Beam spoiler-to-Magnet Distance, BMD) 중 적어도 하나 이상을 조절한다. 이를 위해, 선량상승영역 변조장치(10)는 선형가속기로부터 전달받은 신호를 바탕으로 제어하는 제어부를 더 포함할 수 있다.

[0065] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 아래와 같은 다양한 효과들을 가진다.

[0066] 첫째, 환자의 종양부위에 방사선을 조사하는 경우에, 방사선이 종양부위로 이동하는 경로 상에 위치한 정상조직이 방사선에 의해 손상되는 정도를 줄일 수 있다. 종양조직에 도달하지 못하는 저에너지 이차전자를 사전에 제거함에 따라, 종양조직에는 상승된 선량을 제공하되 방사선의 이동경로상 종양조직 이전에 위치한 정상조직에 영향을 미치는 이차전자를 줄여준다. 즉, 이차전자에 의한 선량이 상승하는 깊이를 깊게 하여 방사선에 의한 피부표면 손상을 방지한다.둘째, 본 발명을 통해 산란판에 의해 제공된 고에너지 이차전자에 의해 신체부위의 표면으로부터 특정 깊이 내에 위치한 종양조직에 충분한 선량상승을 제공할 수 있다. 특히, 산란판(Beam Spoiler)에서 생성된 이차전자 중에서 기준 이하의 에너지를 가진(즉, 종양조직에 도달 가능한 에너지를 가지지 못한) 이차전자는 자기장에 의해 분산시켜서, 치료목표지점의 종양조직에서는 선량상승을 제공하면서 종양조직 이전에 위치한 정상조직(예를 들어, 피부표면)에서는 선량감소를 제공할 수 있다.

[0067] 또한, 광자선이 신체 내부를 통과하는 구간이 길지 않은 경우(예를 들어, 종양이 피부와 매우 가까운 곳 또는 인접해 있으면서 표적 체적이 크지 않은 경우)에 종양이 위치하는 치료표적지점에 방사선 치료 효과를 내는 방사선량을 높일 수 있다. 특히, 선량상승영역 변조장치를 인체 외부에 용이하게 설치하여 피부와 인접하게 종양이 위치한 피부암이나 성문암의 방사선 치료에 용이하게 적용할 수 있다.

[0068] 또한, 강한 자기장을 특정 인체 내부에만 국소적으로 인가하는 방식이 아니라 방사선이 신체 내부에 진입하기 전에 신체외부에서 자기장을 인가하는 방식으로 체내에 강한 자기장을 인가하지 않으므로 임상 적용이 용이하다. 또한, 체외에서 이차전자에 자기장을 제공하므로, 자기장에 의한 이차전자 제어도 용이하게 이루어질 수 있다.

[0069] 또한, 방사선 치료를 위해 많은 빔 방향 사용은 선량 변조를 위하여 자기장 방향도 다양해진다. 복수의 선형가속기를 이용하여 치료를 수행하는 경우, 빔방향에 따라 신체 외부에서 개별적인 자기장을 인가하므로, 각 선형가속기가 피부 내부에 선량상승효과를 제공하고 피부표면에 낮은 선량을 제공(즉, 조직등가물질을 부착할 때 비해 낮은 방사선량을 제공하면서 Open beam으로 제공될 때와 비슷한 방사선량을 제공)하도록 각 선형가속기의 조건에 부합하는 자기장을 인가할 수 있다. 이를 통해, 복수의 선형가속기를 이용하여 종양조직에 정확하게 선량상승 효과를 제공할 수 있다.

[0070] 이상, 첨부된 도면을 참조로 하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 기술자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로, 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며, 제한적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

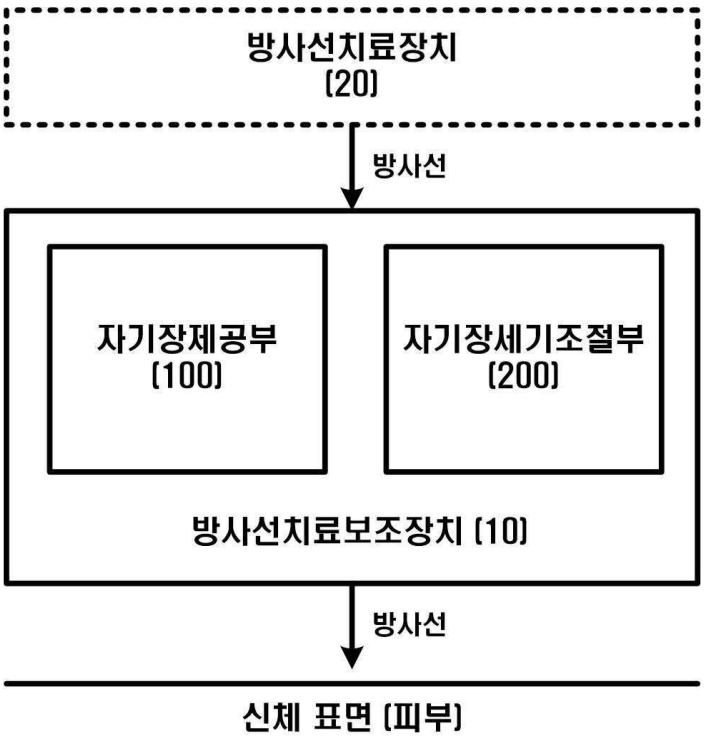
[0071] 10 : 선량상승영역 변조장치 20 : 방사선치료장치

100 : 자기장제공부 200 : 자기장세기조절부

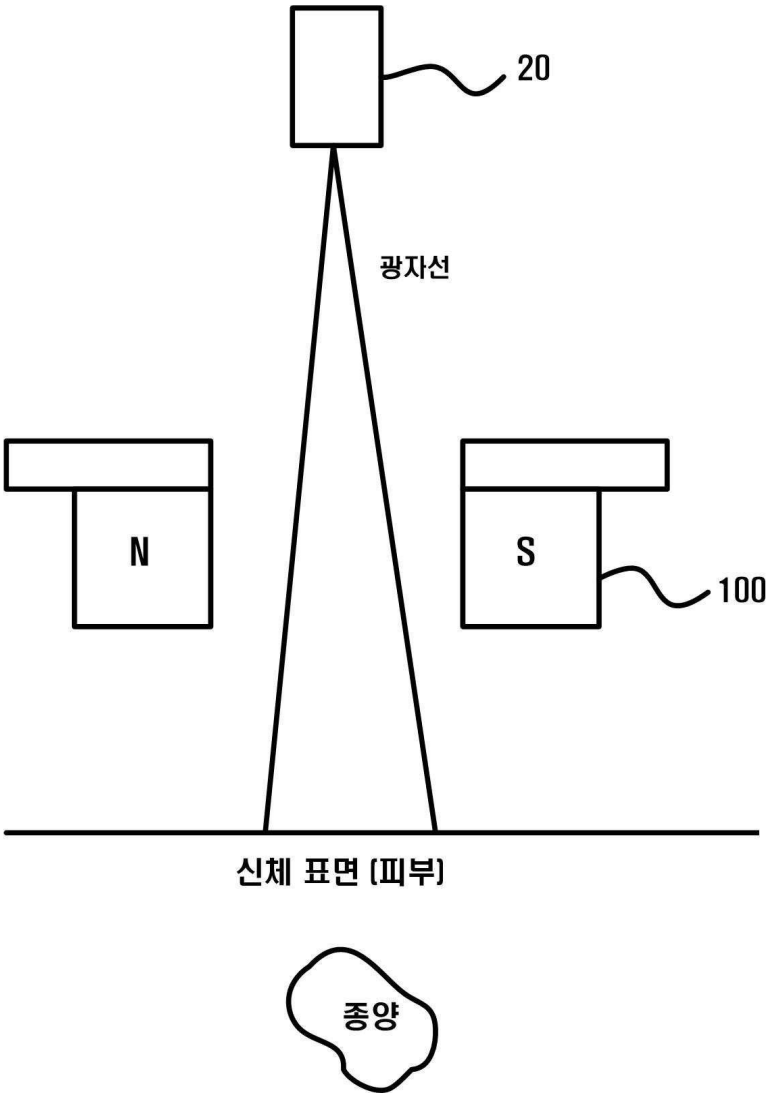
300 : 산란판

도면

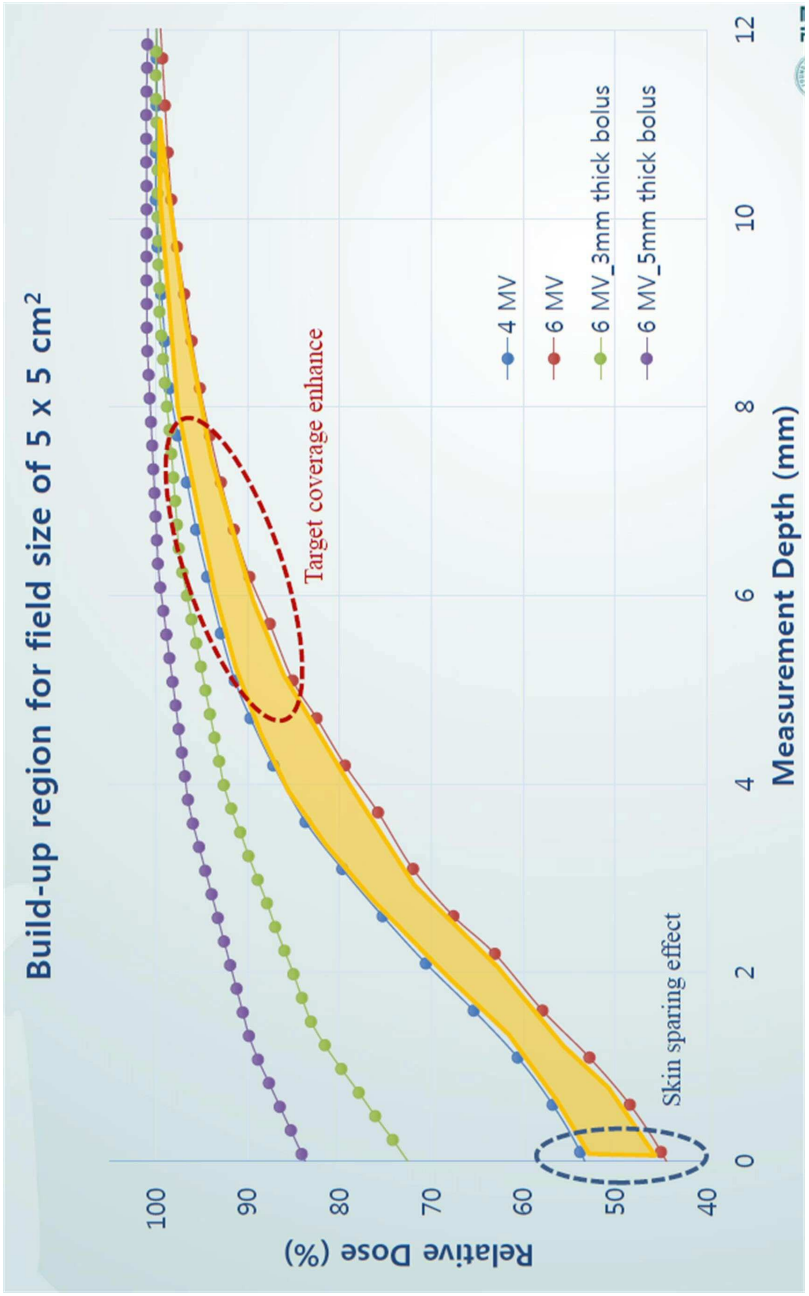
도면1


방사선치료장치
(20)
방사선
자기장제공부
(100)
자기장세기조절부
(200)
방사선치료보조장치 (10)
방사선
신체 표면 (피부)

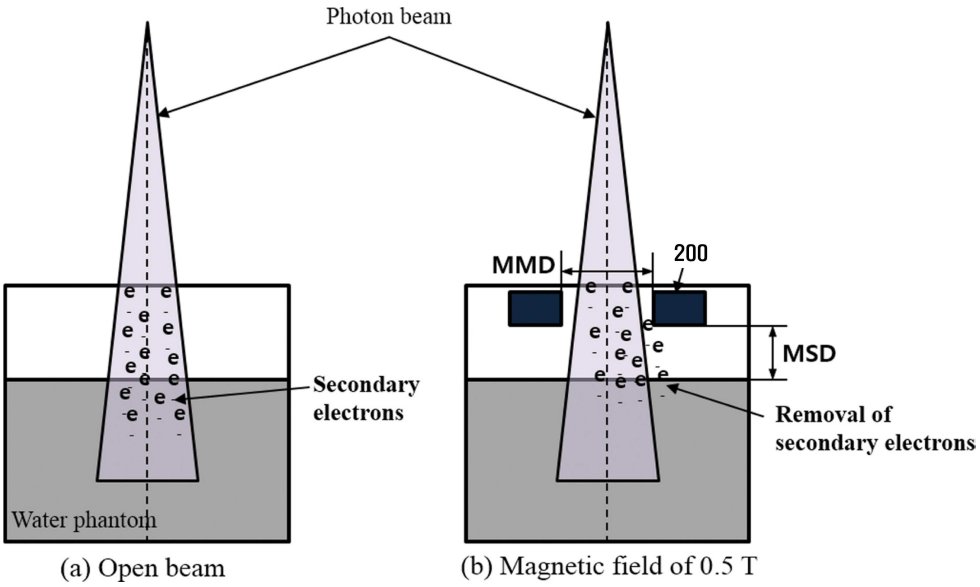
도면2



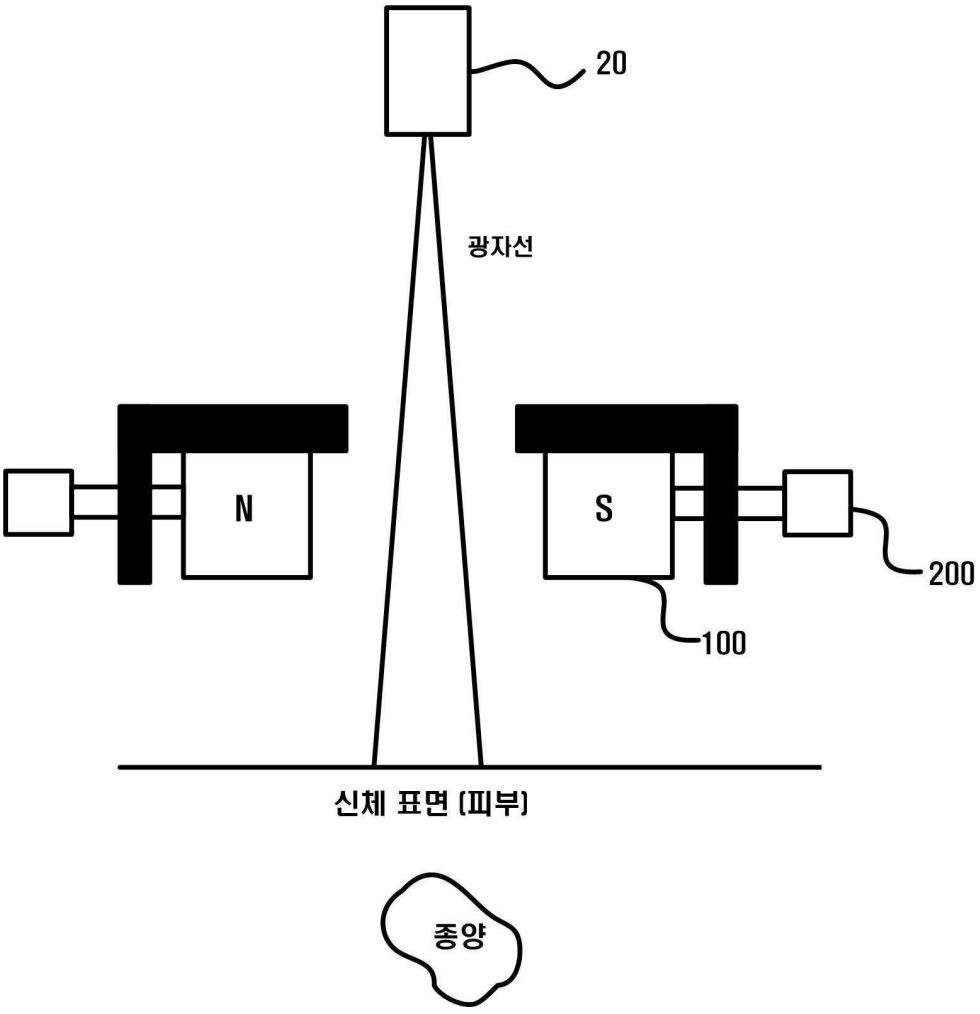
도면3


Build-up region for field size of 5 x 5 cm²
Relative Dose (%)
Measurement Depth (mm)
Target coverage enhance
Skin sparing effect
4 MV
6 MV
6 MV_3mm thick bolus
6 MV_5mm thick bolus

도면4


Photon beam
MMD
200
MSD
Secondary electrons
Removal of secondary electrons
Water phantom
(a) Open beam
(b) Magnetic field of 0.5 T

도면5


20
광자선
N
S
200
100
신체 표면 (피부)
종양

도면6

