(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년04월10일
(11) 등록번호 10-1939434
(24) 등록일자 2019년01월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 6/03 (2006.01) *A61B 6/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 6/032 (2013.01)
A61B 6/4028 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-7000011
(22) 출원일자(국제) 2012년06월05일
심사청구일자 2017년05월08일
(85) 번역문제출일자 2015년01월02일
(65) 공개번호 10-2015-0023617
(43) 공개일자 2015년03월05일
(86) 국제출원번호 PCT/US2012/040923
(87) 국제공개번호 WO 2013/184103
국제공개일자 2013년12월12일
(56) 선행기술조사문헌
JP2010060572 A*
US20050276377 A1*
US20110228899 A1
EP02047799 A2
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
라피스캔 시스템스, 인코포레이티드
미국 캘리포니아 90503 토런스 컬럼비아 스트리트 2805
(72) 발명자
톰슨 윌리엄 마이클
영국 엠31엔엔 맨체스터 미라벨 스트리트 템퍼스 타워 아파트먼트 29
라이언허트 윌리엄 로버트 브레큰
영국 에스케이 23 7 비피 하이 피크 웨일리 브릿지 스타트 레인 마르샴
몰튼 에드워드 제임스
영국 지유1 2에스엘 서레이 길드포드 밴더스 라이스 37
(74) 대리인
이훈, 이두희

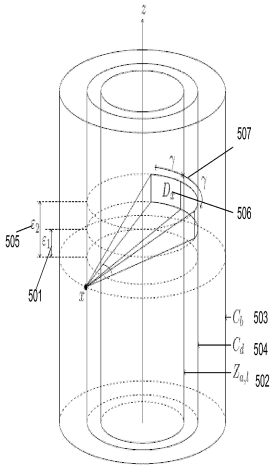
전체 청구항 수 : 총 19 항 심사관 : 도민환

(54) 발명의 명칭 **X-선 스캐닝 시스템용 소스 파이어링 패턴의 최적화를 위한 X-선 촬상장치**

(57) 요 약

본 발명은 소스 파이어링 패턴을 최적화하도록 프로그램된 비회전형 X-선 소스를 갖는 컴퓨터단층촬영시스템에 관한 것이다. 한 실시형태에서, CT 시스템은 고정형 링의 형태로 배열된 다수의 소스와 고정형 링의 형태로 배열된 검출기가 오프셋 구조로 배치된 것을 이용하는 고속 원추형 빔 CT 스캐너이다. 소스 파이어링 패턴은 X-선 소스와 검출기 구조가 오프셋된 구성에 적용되는 소스 파이어링 패턴을 결정하는 방법을 구현하는 제어기에 의하여 얻을 수 있다.

대 표 도 - 도5



(52) CPC특허분류
A61B 6/4064 (2013.01)
A61B 6/4429 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

길이를 갖는 대상물의 방사선 이미지를 얻기 위한 X-선 촬상장치에 있어서,

a. 상기 대상물의 둘레에 제1링의 형태로 배열되고 각각이 사전 정의된 개수의 X-선 소스를 포함하는 복수의 X-선 튜브와;

b. 파이어링 패턴에 따라서 상기 X-선 소스 각각이 X-선을 방출할 수 있도록 구성된 제어기를 포함하고,

상기 X-선 소스 각각은 인접한 소스로부터 등간격을 두고 배치되고 사전 정의된 방출시간 중에 X-선을 방출하며,

상기 파이어링 패턴은 상기 X-선 소스로부터의 X-선이 길이를 갖는 가상 원통체의 표면상에 균일하게 분포될 수 있도록 하고, 상기 가상 원통체는 상기 대상물의 둘레에 배치되고 상기 가상 원통체의 길이는 상기 대상물의 길이 이상인 것을 특징으로 하는 X-선 촬상장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 가상 원통체의 길이는 상기 대상물의 길이에 0 ㎜ ~ 100 ㎜ 범위의 거리를 합한 것과 동일한 것을 특징으로 하는 X-선 촬상장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 X-선 소스는 고정적인 것을 특징으로 하는 X-선 촬상장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 파이어링 패턴은 상기 X-선 소스가 비순차적인 순서로 X-선을 방출할 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 X-선 촬상장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 파이어링 패턴은 상기 X-선 소스가 비나선형 패턴으로 X-선을 방출할 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 X-선 촬상장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 파이어링 패턴은 회전불변인 것을 특징으로 하는 X-선 촬상장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 X-선 촬상장치는 복수의 복셀을 포함하는 재구성 볼륨을 정의하며, X-선이 복수의 각도에서 상기 재구성 볼륨의 각 복셀과 교차하고, 상기 복수의 각도는 0도 ~ 360도 범위에 걸쳐 균일하게 분포되어있는 것을 특징으로 하는 X-선 촬상장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

복수의 X-선 소스로부터 방출된 X-선이 상기 대상물을 통과한 후에 검출될 수 있도록 상기 대상물의 둘레에 제2링의 형태로 배열된 복수의 센서를 더 포함하고, 상기 복수의 센서는 사전 정의된 축선을 따라 상기 X-선 소스로부터 오프셋되어 있는 것을 특징으로 하는 X-선 촬상장치.

청구항 9

길이를 갖는 대상물의 방사선 이미지를 얻기 위한 X-선 촬상장치에 있어서,

a. 각각이 사전 정의된 개수의 X-선 소스를 포함하는 복수의 X-선 튜브와;

b. 파이어링 패턴에 따라서 상기 X-선 소스 각각이 X-선을 방출할 수 있도록 구성된 제어기를 포함하고,

상기 X-선 소스 각각은 사전 정의된 방출시간 중에 X-선을 방출하고, 상기 X-선 소스는 상기 대상물의 이동방향에 수직인 평면에서 원형 패턴으로 배열되고,

상기 파이어링 패턴은 상기 소스가 회전불변인 순서로 파이어링될 수 있도록 하고,

상기 파이어링 패턴은 상기 X-선 소스로부터의 X-선이 길이를 갖는 가상 원통체의 표면상에 균일하게 분포될 수 있도록 하고, 상기 가상 원통체는 상기 대상물의 둘레에 배치되고 상기 가상 원통체의 길이는 상기 대상물의 길이 이상인 것을 특징으로 하는 X-선 촬상장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

작동중에 상기 X-선 튜브는 고정적인 것을 특징으로 하는 X-선 촬상장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 대상물은 속도가 250 ㎜/s ~ 500 ㎜/s의 범위인 컨베이어 벨트를 따라 이동하는 것을 특징으로 하는 X-선 촬상장치.

청구항 12

삭제

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 가상 원통체의 길이는 상기 대상물의 길이에 0 ㎜ ~ 100 ㎜ 범위의 거리를 합한 것과 동일한 것을 특징으로 하는 X-선 촬상장치.

청구항 14

제9항에 있어서,

투사데이터를 생성하기 위한 복수의 검출기를 더 포함하고, 상기 제어기는 상기 투사데이터에 기반한 파이어링 패턴을 수정하는 것을 특징으로 하는 X-선 촬상장치.

청구항 15

제9항에 있어서,

투사데이터를 생성하기 위한 복수의 검출기를 더 포함하고, 상기 X-선 소스와 검출기는 조합하여 다중대칭성을 보이는 것을 특징으로 하는 X-선 촬상장치.

청구항 16

대상물을 스캐닝하기 위해 복수의 복셀을 포함하는 재구성 볼륨을 정의하는 X-선 촬상장치에 있어서,

a. 각각이 사전 정의된 개수의 X-선 소스를 포함하는 복수의 X-선 튜브와;

b. 복수의 검출기와;

c. 파이어링 패턴에 따라서 상기 X-선 소스 각각이 X-선을 방출할 수 있도록 구성된 제어기를 포함하고,

상기 X-선 소스 각각은 사전 정의된 방출시간 중에 X-선을 방출하고, 작동중에 상기 X-선 소스는 고정적이며, 상기 X-선 소스는 평면상에 배치되고,

상기 검출기는 상기 X-선 소스의 평면에 평행한 하나 이상의 평면상에 배치되고 상기 검출기와 상기 X-선 소스는 공통의 평면에 배치되지 않고 상기 검출기는 투사데이터를 생성하며,

상기 파이어링 패턴은 상기 X-선 소스가 복수의 각도에서 상기 재구성 볼륨의 각 복셀에 교차하는 X-선을 방출하도록 하고, 상기 복수의 각도는 0도 ~ 360도의 범위에 걸쳐 균일하게 분포되어있는 것을 특징으로 하는 X-선 촬상장치.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 파이어링 패턴은 상기 X-선 소스로부터의 X-선이 길이를 갖는 가상 원통체의 표면에 균일하게 분포될 수 있도록 하고, 상기 가상 원통체는 상기 대상물의 둘레에 배치되고 상기 가상 원통체의 길이는 상기 대상물의 길이 이상인 것을 특징으로 하는 X-선 촬상장치.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 가상 원통체의 길이는 상기 대상물의 길이에 0 ㎜ ~ 100 ㎜ 범위의 거리를 합한 것과 동일한 것을 특징으로 하는 X-선 촬상장치.

청구항 19

제16항에 있어서,

투사데이터를 사용하는 재구성 방법의 구현을 위한 데이터저장조건은 순차적 또는 나선형 파이어링 패턴으로부터 생성된 투사데이터를 사용하는 재구성 방법의 구현을 위한 데이터저장조건보다 작은 것을 특징으로 하는 X-선 촬상장치.

청구항 20

제16항에 있어서,

투사데이터를 사용하는 재구성 방법의 구현을 위한 계산처리능력조건이 순차적 또는 나선형 파이어링 패턴으로부터 생성된 투사데이터를 사용하는 재구성방법의 구현을 위한 계산처리능력조건보다 작은 것을 특징으로 하는 X-선 촬상장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 X-선 스캐닝, 특히 컴퓨터 단층촬영(CT) X-선 스캐닝 시스템에 의하여 생성된 이미지의 개선된 재구성에 관한 것이다.

[0002] 본 출원은 전체 내용이 참조로서 본 출원에 각각 포함되는, 동일한 발명의 명칭으로 2011년 2월 24일자 출원된 미국 가특허출원 61/446,098의 이익을 주장한다.

[0003] 본 출원은 또한 2010년 1월 27일자 출원된 PCT/GB2010/050125의 미국특허법 371조항에 따른 국내단계출원이고

2009년 1월 28일자 출원된 영국특허출원 0901338.4를 우선권주장한 2011년 7월 27일자 미국특허출원 13/146,645에 관련된 것이다. 상기 언급된 각 출원은 전체 내용이 참조로서 본 출원에 포함된다.

[0004] 본 출원은 또한 2009년 1월 13일자 출원된 PCT/GB2009/001760의 미국특허법 371조항에 따른 국내단계출원이고 2008년 7월 15일자 출원된 영국특허출원 0812864.7을 우선권주장한 2011년 3월 11일자 미국특허출원 13/063,467에 관련된 것이다. 상기 언급된 각 출원은 전체 내용이 참조로서 본 출원에 포함된다.

[0005] 본 출원은 또한 2009년 9월 13일자 출원된 PCT/GB09/51178의 미국특허법 371조항에 따른 국내단계출원이고 2008년 9월 13일자 출원된 영국특허출원 0816823.9를 우선권주장한 2011년 1월 13일자 미국특허출원 13/054,066에 관련된 것이다. 상기 언급된 각 출원은 전체 내용이 참조로서 본 출원에 포함된다.

[0006] 본 출원은 또한 2011년 2월 22일자 미국특허출원 13/032,593에 관련된 것이다. 상기 언급된 출원은 전체 내용이 참조로서 본 출원에 포함된다.

[0007] 본 출원은 또한 2009년 5월 26일자 출원된 미국가특허출원 61/181,068을 우선권주장한 2010년 5월 26일자 미국특허출원 12/787,930에 관련된 것이다. 상기 언급된 각 출원은 전체 내용이 참조로서 본 출원에 포함된다.

[0008] 본 출원은 또한 2009년 5월 26일자 출원된 미국가특허출원 61/181,070을 우선권주장한 2010년 5월 26일자 미국특허출원 12/787,083에 관련된 것이다. 상기 언급된 각 출원은 전체 내용이 참조로서 본 출원에 포함된다.

[0009] 본 출원은 또한 2009년 6월 16일자 출원된 미국특허 7,949,101의 계속출원인 2011년 4월 14일자 미국특허출원 13/086,708에 관련된 것이다. 상기 언급된 각 출원은 전체 내용이 참조로서 본 출원에 포함된다.

[0010] 본 출원은 또한 2009년 6월 3일자 출원된 미국가특허출원 61/183,591을 우선권주장한 2010년 6월 3일자 미국특허출원 12/792,931에 관련된 것이다. 상기 언급된 각 출원은 전체 내용이 참조로서 본 출원에 포함된다.

[0011] 본 출원은 또한 2010년 7월 13일자 출원된 미국특허출원 12/835,682의 계속출원이고 2009년 7월 14일자 출원된 미국가특허출원 61/225,257을 우선권주장한 2012년 1월 9일자 미국특허출원 13/346,705에 관련된 것이다. 상기 언급된 각 출원은 전체 내용이 참조로서 본 출원에 포함된다.

[0012] 본 출원은 또한 2009년 5월 26일자 출원된 미국가특허출원 61/181,077을 우선권주장한 2010년 6월 26일자 미국특허출원 12/787,878에 관련된 것이며, 다음의 일부계속출원이다.

[0013] 1. 2003년 4월 25일자 출원된 영국특허출원 0309387.9를 우선권주장하여 2004년 4월 23일자 출원된 PCT/GB04/01729의 미국특허법 371조항에 따른 국내단계출원으로 2005년 10월 25일자 출원되고 미국특허 7,564,939로 공고된 미국특허출원 10/554,656의 계속출원인 2009년 6월 16일자 출원된 미국특허출원 12/485,897의 일부계속출원.

[0014] 2. 2003년 4월 25일자 출원된 영국특허출원 0309383.8을 우선권주장하여 2004년 4월 23일자 출원된 PCT/GB04/01741의 미국특허법 371조항에 따른 국내단계출원으로 2005년 10월 25일자 출원된 미국특허 7,512,215의 계속출원인 2009년 2월 16일자 출원된 미국특허7,903,789의 일부계속출원.

[0015] 3. 2003년 4월 25일자 출원된 영국특허출원 0309371.3을 우선권주장하여 2004년 4월 23일자 출원된 PCT/GB04/01731의 미국특허법 371조항에 따른 국내단계출원으로 2005년 10월 25일자 출원된 미국특허 7,664,230의 일부계속출원.

[0016] 4. 2003년 4월 25일자 출원된 영국특허출원 0309374.7을 우선권주장하여 2004년 4월 23일자 출원된 PCT/GB04/01732의 미국특허법 371조항에 따른 국내단계출원으로 2005년 10월 25일자 출원되고 미국특허 7,349,525로 공고된 미국특허출원 10/554,569의 계속출원인 2008년 2월 19일자 출원되고 미국특허 7,505,563로 공고된 미국특허출원 12/033,035의 일부계속출원.

[0017] 5. 2003년 4월 25일자 출원된 영국특허출원 0309385.3을 우선권주장하여 2004년 4월 23일자 출원된 PCT/GB04/01751의 미국특허법 371조항에 따른 국내단계출원으로 2005년 10월 25일자 출원되고 미국특허 7,440,543으로 공고된 미국특허출원 10/554,655의 계속출원인 2008년 9월 16일자 출원되고 미국특허 7,724,868로 공고된 미국특허출원 12/211,219 계속출원으로 2010년 4월 12일자 출원된 미국특허 7,929,663의 일부계속출원.

[0018] 6. 2003년 4월 25일자 출원된 영국특허출원 0309379.6을 우선권주장하여 2004년 4월 23일자 출원된 PCT/GB04/01747의 미국특허법 371조항에 따른 국내단계출원으로 2005년 10월 25일자 출원되고 미국특허

7,684,538로 공고된 미국특허출원 10/554,570의 계속출원인 2010년 1월 29일자 출원된 미국특허 8,085,897의 일부계속출원.

[0019] 7. 2005년 12월 16일자 출원된 영국특허출원 0525593.0을 우선권주장하여 2006년 12월 15일자 출원된 PCT/GB2006/004684의 미국특허법 371조항에 따른 국내단계출원으로 2011년 1월 25일자 공고된 미국특허 7,876,879와 2008년 6월 19일자 출원된 미국특허출원 12/141,005의 일부계속출원.

[0020] 8. 2003년 4월 25일자 출원된 영국특허출원 0812864.7을 우선권주장하여 2004년 4월 23일자 출원된 PCT/GB04/001732의 미국특허법 371조항에 따른 국내단계출원으로, 2005년 10월 25일자 출원되어 미국특허 7,349,525로 공고된 미국특허출원 10/554,569의 계속출원인, 2008년 2월 19일자 출원되어 미국특허 7,505,563으로 공고된 미국특허출원 12/033,035의 계속출원인, 2009년 2월 2일자 출원된 미국특허출원 12/364,067의 계속출원인, 2009년 6월 4일자 출원되어 미국특허 8,094,784로 공고된 미국특허출원 12/478,757의 계속출원인, 2011년 12월 7일자 출원된 미국특허출원 13/313,854의 일부계속출원. 아울러, 미국특허출원은 2008년 7월 15일자 출원된 영국특허출원 0812864.7을 우선권주장하여 출원된 것이다.

[0021] 9. 2009년 2월 26일자 출원된 미국가특허출원 61/155,572 및 2009년 2월 25일자 출원된 영국특허출원 0903198.0을 우선권주장하여 2010년 2월 25일자 출원된 미국특허출원 12/712,476의 일부계속출원.

[0022] 상기 언급된 PCT, 외국출원 및 미국특허출원과, 이들에 관련된 출원들이 그 전체가 본원 발명에 참고문헌으로서 인용된다.

배 경 기 술

[0023] 현재에는 보안검사, 의료진단, 프로세스 이미지화, 비파괴검사 등을 포함하는 다양한 목적을 위하여, 어떠한 대상물의 내부의 3-차원 이미지가 통상적인 X-선 시스템을 이용하여 생성된다. 현재 여러 상이한 시스템 구성은 3차원 이미지를 생성하기 위하여 사용되는 이미지 스캐닝 데이터를 생성하기 위하여 존재한다.

[0024] 하나의 예시적인 시스템에서, X-선 소스는 검사 대상물을 중심으로 하여 회전된다. 소스로부터 X-선의 시준된 팬-빔(fan-beam)이 검사대상물을 통하여 소스로부터 대상물의 반대측에 배치된 1차원 어레이의 X-선 검출기로 보내진다. 전송 X-선 데이터는 2차원 사이노그램(sinogram)을 형성하도록 여러 각도에서 수집된다. 이러한 정보는 이미지재구성 알고리즘을 통하여 검사대상물의 2차원 단면이미지를 생성한다.

[0025] 다른 예시적인 시스템에서, X-선 소스는 X-선을 원추형 방사선으로 방사하고 이는 대상물을 통과하여 소스의 반대측에 배치된 2차원 어레이의 X-선 검출기로 보내진다. 소스와 검출기는 검사대상물을 중심으로 하여 회전하고 그 결과의 X-선 투사 데이터는 3차원 이미지로 재구성된다.

[0026] 다른 예시적인 시스템에서, 검사대상물이 실질적으로 직선궤도를 따라 이동하고 개선된 3차원 이미지를 얻기 위하여 소스와 검출기 조립체가 대상물 이동축선에 대하여 수직인 평면에서 회전한다. 이러한 경우에 있어서, 소스는 대상물을 중심으로 하여 나선운동을 하고, 소스 포인트(source point)의 궤적은 대상물을 중심으로 하는 원통체의 표면에 위치하게 된다. 대상물이 소스와 검출기의 평면을 통하여 이동하는 속도는 소스와 검출기 조립체가 대상물을 중심으로 하여 회전하는 속도에 비례하며 그 비율은 나선의 피치로서 설명된다.

[0027] 본원 출원인은 단일의 진공케이스내에 하나 이상의 전자총과 하나 이상의 고전압 애노드를 구비한 X-선 소스를 구현하는 새세대의 X-선 시스템을 개발하였다. 이러한 시스템에서, X-선 소스는 어떠한 선택된 순서로 여기될 수 있는 다중그리드 제어형 전자총을 이용하여 검사대상물을 중심으로 하여 X-선 빔의 비순차적 운동을 허용하고, 각 소스로부터의 전자빔은 검사대상물의 둘레에 분포된 애노드부분을 조사하도록 향하게 된다. 이는 동적이고 고효율의 대상물 이미지화의 조건에 부합하는 고속으로 소스의 궤적이 비나선형으로 만들어지도록 한다. 부가적으로, 정전제어하에 전자총의 신속한 전환은 가동부품을 사용하지 않고 X-선 튜브의 유효초점의 신속한 이동과 단층 X-선 스캔 데이터 셋트의 신속한 생성이 이루어질 수 있도록 한다.

[0028] 전자총의 파이어링 순서(firing sequence)를 적당히 구성함으로서, 통상적인 시스템 보다 매우 빠른 속도로 최적한 셋트의 X-선 투사 데이터가 수집될 수 있다. 이러한 시스템의 예가 상기 언급되고 본문에 인용된 특허출원에 기술되어 있다.

[0029] 본원 출원인은 전자총의 순차적인 파이어링 방법을 이미 언급한 바 있으나, 이미지 아티팩트(image artifacts)의 생성을 방지하기 위하여 전자총의 순서를 최적하게 파이어링하는 개선된 방법을 개발할 필요가 있다.

[0030] 특히, 본원 출원인은 X-선 소스의 통상적인 나선운동이 한정된 샘플링 때문에 결과적으로 이미지 아티팩트가 형

성되는 대상물내의 투사공간의 차선의 샘플링의 결과를 보이는 것을 인식하게 되었다. 또한 본원 출원인은 다중 이미터 X-선 소스 기술의 이용을 통하여 나선스캐닝구조를 보이지 않고 개선된 3차원 이미지를 생성할 수 있는 최적한 소스 파이어링 순서가 결정될 수 있음을 인식하게 되었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0031] 본 발명은 컴퓨터 단층촬영(CT) X-선 스캐닝 시스템에 의하여 발생된 이미지의 개선된 재구성에 관한 것으로, X-선 촬상장치를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0032] 한 실시형태에서, 본 발명은 길이를 갖는 대상물의 방사선이미지를 얻기 위한 X-선 촬상장치를 제공하는바, 이 장치가 대상물의 둘레에 제1 링의 형태로 배열된 다수의 X-선 튜브와, 파이어링 패턴에 따라서 상기 각 X-선 소스가 X-선을 방출할 수 있도록 구성된 제어기를 포함하되; 각 X-선 튜브가 사전에 정의된 수의 X-선 소스를 포함하며, 각 X-선 소스는 인접한 소스로부터 등간격을 두고 배치되고, 각 X-선 소스는 사전에 정의된 방출시간중에 X-선을 방출하며; 상기 파이어링 패턴은 X-선 소스로부터의 X-선이 길이를 갖는 가상 원통체의 표면상에 실질적으로 균일하게 분포될 수 있도록 하며, 가상 원통체는 대상물의 둘레에 배치되고 가상 원통체의 길이가 대상물의 길이 보다 길거나 같다. X-선 소스는 고정적이다.

[0033] 선택적으로, 가상 원통체의 길이는 대상물의 길이에 거리를 합한 것과 동일하며, 상기 거리는 0 ㎜ ~ 100 ㎜ 의 범위이다. 파이어링 패턴은 X-선 소스가 비순차적인 순서로 X-선을 방출할 수 있도록 한다. 파이어링 패턴은 X-선 소스가 비나선형 패턴으로 X-선을 방출할 수 있도록 한다. 파이어링 패턴은 회전불변이다.

[0034] 선택적으로, X-선 촬상장치는 다수의 복셀(voxel)을 포함하는 재구성 볼륨(reconstruction volume)을 정의하며, X-선은 다수의 각도에서 재구성 볼륨의 각 복셀과 교차하고, 상기 다수의 각도는 0도 ~ 360도 범위에 실질적으로 균일하게 분포된다. 또한 X-선 촬상장치는 다수의 X-선 소스로부터 방출된 X-선이 대상물을 통과한 후에 검출될 수 있도록 대상물의 둘레에 제2 링의 형태로 배열된 다수의 센서를 더 포함하고, 센서는 사전에 정의된 축선을 따라 X-선 소스로부터 오프셋(offset)되어 있다.

[0035] 다른 실시형태에서, 본 발명은 길이를 갖는 대상물의 방사선이미지를 얻기 위한 X-선 촬상장치를 제공하는바, 이 장치가 다수의 X-선 튜브와, 파이어링 패턴에 따라서 상기 각 X-선 소스가 X-선을 방출할 수 있도록 구성된 제어기를 포함하되; 각 X-선 튜브가 사전에 정의된 수의 X-선 소스를 포함하며 각 X-선 소스는 사전에 정의된 방출시간중에 X-선을 방출하고, 상기 X-선 소스는 대상물의 이동방향에 수직인 평면에서 원형 패턴으로 배열되며; 상기 파이어링 패턴은 상기 소스가 회전불변인 순서로 파이어링될 수 있도록 한다. 작동중에 X-선 소스는 고정적이다.

[0036] 선택적으로, 대상물은 속도가 250 ㎜/s ~ 500 ㎜/s 의 범위인 컨베이어 벨트를 따라 이동한다. 파이어링 패턴은 X-선 소스로부터의 X-선이 길이를 갖는 가상 원통체의 표면에 균일하게 분포될 수 있도록 하고, 가상 원통체는 대상물의 둘레에 배치되고 가상 원통체의 길이는 대상물의 길이보다 길거나 같다. 가상 원통체의 길이는 대상물의 길이에 거리를 합한 것과 동일하며, 상기 거리는 0 ㎜ ~ 100 ㎜ 의 범위이다.

[0037] 선택적으로, X-선 촬상장치는 투사데이터를 생성하기 위한 다수의 검출기를 더 포함하고, 제어기가 상기 투사데이터에 기반한 파이어링 패턴을 수정한다. 선택적으로, X-선 촬상장치는 투사데이터를 생성하기 위한 다수의 검출기를 더 포함하고, 소스와 검출기는 조합하여 다중대칭성을 보인다.

[0038] 다른 실시형태에서, 재구성 볼륨을 정의하는 X-선 촬상장치를 제공하는바, 이 장치가 다수의 X-선 튜브; 다수의 검출기와; 파이어링 패턴에 따라서 상기 X-선 소스가 X-선을 방출할 수 있도록 구성된 검출기를 포함하되; 각 X-선 튜브가 사전에 정의된 수의 X-선 소스를 포함하며 각 X-선 소스가 사전에 정의된 방출시간중에 X-선을 방출하고, 작동중에, X-선 소스가 고정적이며 X-선 소스가 평면상에 배치되고; 검출기는 소스의 평면에 평행한 적어도 하나의 평면상에 배치되며 이를 위하여 검출기와 소스가 공통의 평면에 배치되지 않고 검출기가 투사데이터를 생성하며; 상기 파이어링 패턴은 X-선 소스가 다수의 각도에서 재구성 볼륨의 각 복셀에 교차하는 X-선을 방출하도록 하고 상기 다수의 각도가 0도 ~ 360도의 범위에서 실질적으로 균일하게 분포된다.

[0039] 선택적으로, 파이어링 패턴은 X-선 소스로부터의 X-선이 길이를 갖는 가상 원통체의 표면에 균일하게 분포될 수 있도록 하고, 가상 원통체는 대상물의 둘레에 배치되고 가상 원통체의 길이는 대상물의 길이보다 길거나 같다.

가상 원통체의 길이는 대상물의 길이에 거리를 합한 것과 동일하며, 상기 거리는 0 ㎜ ~ 100 ㎜ 의 범위이다. 투사데이터를 이용하는 재구성방법의 구현을 위한 데이터저장조건은 순차적 또는 나선형 파이어링 패턴으로부터 생성된 투사데이터를 이용하는 재구성방법의 구현을 위한 데이터저장조건 보다 작다. 투사데이터를 이용하는 재구성방법의 구현을 위한 계산처리능력조건은 순차적 또는 나선형 파이어링 패턴으로부터 생성된 투사데이터를 이용하는 재구성방법의 구현을 위한 계산처리능력조건 보다 작다.

[0040] 본 발명의 상기 언급된 실시형태 및 다른 실시형태가 첨부도면을 참조하여 상세히 설명될 것이다.

[0041] 본 발명의 이러한 특징 및 다른 특징들 그리고 이점들이 첨부도면에 관련하여 상세히 설명함으로서 명백히 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0042] 도 1은 본 발명과 함께 사용하기에 적합한 X-선 이미터를 보인 사시도.

도 2는 도 1에서 보인 바와 같은 다수의 이미터 유닛을 포함하는 본 발명에 따른 X-선 촬상시스템의 다이아그램.

도 3은 본 발명의 제2 실시형태에 따른 X-선 촬상시스템의 개략적인 구성을 보인 다이아그램.

도 4는 본 발명의 제3 실시형태에 따른 X-선 촬상시스템의 개략적인 구성을 보인 다이아그램.

도 5는 실시간 단층촬영(RTT) 시스템의 예시적인 구조를 보인 설명도.

도 6은 원통체의 표면에 규칙적으로 배열된 격자상에 소스위치를 보인 설명도.

도 7a는 나선구조를 이용하는 샘플링 패턴의 구성을 보인 설명도.

도 7b는 본 발명의 방법에 의하여 생성된 파이어링 패턴을 이용하는 샘플린 패턴의 제2 구성을 보인 설명도.

도 8은 여러 파이어링 패턴에 대한 투영밀도의 프로파일을 보인 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0043] 본 발명은 여러 실시형태로 설명된다. 다음의 설명은 본 발명의 기술분야에 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 실시할 수 있도록 하기 위하여 제공된다.

[0044] 본문에 사용된 언어는 어느 하나의 특정 실시형태를 일반적으로 부인하는 것으로 해석하거나 이에 사용하는 용어의 의미를 넘어서는 특허청구범위를 제한하고자하는 것은 아니다. 본문에 정의된 일반적인 원리는 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 다른 실시형태 및 적용예에 적용될 수 있다. 또한, 사용된 표현 및 용어는 실시형태들을 설명하기 위한 것으로서 어떠한 제한을 두기 위한 것으로 간주되어서는 안 된다. 따라서, 본 발명은 다수의 다른 실시형태, 수정실시형태 및 설명된 원리 및 특징들과 일치하는 등가의 실시형태를 포괄하는 최광의 범위를 부여하려는 것이다. 본 발명을 불필요하게 또는 모호하게 하지 않도록 명확성을 위하여 본 발명에 관련된 기술분야에서 공지된 기술적인 자료에 관한 정보는 상세하게 설명되지 않았다.

[0045] 도 1은 애노드(32)가 한 셋트의 전자총(18)에 의하여 조사되고 전체 조립체가 진공엔빌로프(25)내에 배치된 다중이미터형 X-선 소스(10)를 보이고 있다. 각 전자소스는 일련의 제어핀(30)을 통하여 전자총 조립체에 인가되는 전위에 의하여 제어된다. 공통의 초점전위(28)가 애노드의 열부하에 대한 이미지의 공간해상도의 균형을 유지하기 위하여 각 전자총의 초점을 제어할 수 있다. 당해 기술분야의 전문가라면 다른 전자총의 구조가 애노드의 영역을 선택적으로 조사할 수 있도록 구성될 수 있고 이러한 모든 실시형태가 본 발명의 범위내에 속할 수 있음을 알 수 있을 것이다.

[0046] 다중초점 X-선 튜브(10)는 세라믹 포머(ceramic former)(12)와 이러한 포머의 측면부(14, 16) 사이에 연장된 전자총, 즉, 이미터요소(18)을 포함한다. 그리드 와이어(20)의 형태인 다수의 그리드 요소가 포머(12)상에 지지되고 이미터요소(18)에 평행한 평면에서 이러한 이미터요소에 수직인 두 측면부(14, 16) 사이의 간극으로 연장된다. 초점와이어(22)의 형태인 다수의 초점요소가 그리드 와이어의 반대측 의 다른 평면에서 이미터요소에 지지된다. 초점와이어(22)는 그리드 와이어(20)에 평행하고 그리드 와이어와 같은 간격을 주고 서로 간격을 두고 있으며, 각 초점와이어(22)는 그리드 와이어(20)의 각각에 정렬되어 있다.

[0047] 소스(10)는 이미터 유닛(25)의 하우징(24)내에 수용되어 있으며 포머(12)가 하우징(24)의 기부(24a)에 지지되어

있다. 초점와이어(22)는 이미터 요소(18)에 평행하게 연장된 두 지지레일(26a, 26b)상에 지지되고 포머(12)로부터 간격을 두고 있으며, 지지레일은 하우징의 기부(24a)에 착설되어 있다. 지지레일(26a, 26b)은 전기적으로 전도성이어서 모든 초점와이어(22)가 함께 전기적으로 연결된다. 하나의 지지레일(26a)이 초점와이어(22)의 전기적인 연결이 이루어질 수 있도록 하우징의 기부(24a)를 통하여 돌출된 코넥터(28)에 연결된다. 각 그리드 와이어(20)는 포머의 측면부(16)의 하측으로 연장되고 각 그리드 와이어(20)를 위하여 별도로 전기적인 연결이 이루어질 수 있도록 각 전기적인 코넥터(30)에 연결된다.

[0048] 애노드(32)가 하우징의 측벽(24b, 24c) 사이에 지지된다. 애노드는 이미터요소(18)에 평행하게 연장된다. 따라서, 그리드와 초점와이어(20, 22)는 이미터요소(18)와 애노드(32) 사이에 연장된다. 애노드에 대한 전기적인 코넥터(34)가 하우징의 측벽(24b)을 통하여 연장된다.

[0049] 이미터요소(18)는 포머의 단부에 지지되고 하우징의 다른 코넥터(36, 38)를 통하여 이에 공급되는 전류에 의하여 가열된다.

[0050] 한 위치로부터 전자빔을 발생하기 위하여, 한쌍의 인접한 그리드 와이어(20)가 이미터요소(18)에 대하여 양전위인 추출전위에 연결될 수 있는 한편, 나머지 그리드 와이어는 이미터요소(18)에 대하여 음전위인 차단전위에 연결된다. 와이어(20)의 쌍이 전자를 추출하기 위하여 사용되는 것을 선택함으로서, 전자빔의 위치가 선택될 수 있다. 전자가 애노드(32)에 충돌하는 지점에서 애노드로부터 X-선이 방출될 것이므로, X-선 소스의 위치는 그리드 와이어의 추출쌍을 선택함으로서 선택될 수 있다. 초점와이어(22)는 그리드 와이어(20)에 대하여 모두 양전위로 유지되므로 어떠한 쌍의 그리드 와이어 사이에서 추출된 전자가 통과하여 대응하는 초점와이어(22)에 의하여 집속된다.

[0051] 도 2는 정확한 시간이 그리드제어시스템(조사될 애노드의 영역을 결정함) 사이에 유지되는 다중이미터 X-선 튜브 기반의 X-선 촬상시스템을 위한 적당한 제어시스템과 X-선 소스 어레이로부터의 데이터 획득을 보이고 있다. 이미지재구성엔진이 작업자의 검사를 위하여 2차원 투사데이터를 3차원 데이터 셋트로 조합한다.

[0052] X-선 스캐너(50)는 통상적인 구조로 구성되고 스캐너중심축선 X을 중심으로 하는 원호에 배열되고 X-선은 스캐너축선 X을 향하여 방출되도록 배향된 이미터 유닛(25)의 어레이를 포함한다. 센서(52)의 링이 이미터의 내부에 배치되고 스캐너축선을 향하여 내측으로 향하고 있다. 센서(52)와 이미터 유닛(25)은 축선 X 를 따라 서로 어긋나게 배열되어 있어 이미터 유닛으로부터 방출된 X-선은 대상물을 통하여 이들에 가장 가까운 센서에 보내지고 이들로부터 가장 원격한 다수의 센서에 의하여 검출된다.각 소스로부터 X-선을 검출할 센서(52)의 수는 튜브(25)에서 각 소스위치로부터 방출된 X-선의 팬의 폭에 따라 달라진다. 스캐너는 도 2에서 기능블록으로 보인 다수의 기능을 수행하는 제어시스템에 의하여 제어된다.

[0053] 시스템제어블록(54)은 이미지 디스플레이 유닛(56), X-선 튜브 제어블록(58) 및 이미지재구성블록(60)을 제어하고 이들로부터의 데이터를 수신한다. X-선 튜브제어블록(58)은 각 이미터 유닛(25)에서 초점와이어(22)의 전위를 제어하는 초점제어블록(62), 각 이미터 유닛(25)에서 각 그리드 와이어(32)의 전위를 제어하는 그리드제어블록(64)과, 각 이미터 블록의 애노드(32)에 대한 전력과 이미터 요소(18)에 대한 전력을 공급하는 고전압원(68)을 제어한다. 이미지재구성블록(40)은 센서(52)를 제어하고 이로부터의 데이터를 수신하는 센서제어블록(70)를 제어하고 이로부터 데이터를 수신한다,

[0054] 작동에 있어서, 스캔되는 대상물은 축선 X 를 따라서 통과하고, X-선 빔이 X-선 튜브(25)로부터 대상물을 통하여 향한다. 각 스캐닝 사이클에서, 각 튜브(25)내에서 각 소스의 위치가 한번 사용되고, 스캐닝 사이클은 대상물이 축선 X 를 따라 이동할 때 반복된다. 각 소스위치는 대상물을 통과한 후에 다수의 센서(52)에 의하여 검출되는 X-선의 팬을 발생한다.

[0055] 종래의 출원에서 본원 출원인은 X-선 튜브의 열부하를 최소화하기 위하여 선택되는 튜브(25)에서 소스위치로부터 X-선 방출의 순서를 설명한 바 있다. 이는 각 소스위치가 전후의 위치에 인접하지 않고 이들로부터 간격을 두도록 방출의 순서를 정함으로서 달성된다. 이후 상세히 설명되는 바와 같이, 본 발명에서는 튜브(25)에서 소스위치로부터 X-선 방출의 순서를 정하는 개선된 방법을 설명한다.

[0056] X-선 촬상시스템의 여러 구성들이 본 발명의 범위에 포함된다. 예를 들어, 도 3은 영역(75)으로 정의된 대상물 재구성공간이 각각 일련의 X-선 소스 방출점(70, 71, 72, 73, 74)을 포함하는 일련의 선형 X-선 튜브 섹션(60, 61, 62, 63, 64)에 의하여 조사된다. 부호 1, 2, 3, 4, 5를 붙인 각 X-선 튜브에서 소스는 사전에 정의된 순서로 파이어링된다.

[0057] 도 4는 이미지재구성영역(86)이 소스 포인트(80)의 어레이에 의하여 둘러싸이고 검출기(82)의 링이 소스 포인트

의 평면에 인접한 평면에 배치된 시스템 구성을 보인 것이다. X-선 소스(80)는 축선 X의 둘레에 간격을 두고 배치되어 있으며, 센서(82)는 소스(80)로부터 축방향으로 어긋나게 벗어나 있다. 하나의 소스(80a)가 X-선 빔(84)을 방출할 때, 이는 수렴하여 대상물(86)을 통과하고 다수의 센서(82)에 도달한다. 각 소스위치(80)로부터 X-선을 검출하기 위하여 필요한 센서(82)가 알려져 있을 때, 소스위치는 이들이 어떠한 공통의 검출기를 필요로 하지 않는 경우 동시에 방출할 수 있도록 선택될 수 있다. 예를 들어, 소스위치(80)가 24개이고 센서(82)가 24개인 경우, 각 소스위치는 5개의 센서를 요구하고, 대상물의 둘레에 90° 로 간격을 둔 4개의 센서(80a, 80b, 80c, 80d)가 동시에 사용될 수 있다.

[0058] 본 발명에서, 비회전 X-선 소스를 갖는 컴퓨터단층촬영시스템은 소스 파이어링 패턴을 최적화하기 위하여 프로그램된다. 한 실시형태에서, CT 시스템은 고정링의 다중소스와 오프셋 구조의 고정링의 검출기를 이용하는 고속 원추형-빔 CT 시스템이다. 소스 파이어링 패턴은 프로세서와 다수의 프로그램 명령을 저장하기 위한 메모리를 갖는 콘트롤러에 의하여 효율화된다. 명령은 본문에 기술된 수스 파이어링 패턴 방법을 구형하기 위하여 프로그램된다. 프로세서가 명령을 실행할 때, 콘트롤러는 X-선 소스가 결정된 소스 파이어링 패턴에 따라서 파이어링될 수 있도록 한다. 그러나, X-선 소스와 검출기의 구조는 도 5에서 보인 바와 같이 z-방향으로 어떠한 거리 ε_1 (501) 만큼 오프셋되어 있으므로, 통상적인 회전갠트리형 CT 시스템에 사용되는 이미지재구성방법론은 이러한 구조에 적용될 수 없다. 따라서, X-선 소스와 검출기구조가 오프셋되어 있는 구조에 적용되는 소스 파이어링 패턴을 결정하기 위한 방법이 요구된다.

[0059] 도 5에서, Z_a 와 C_a 는 각각 z-축선을 따라 축선을 갖는 반경 'a'의 원통체와 그 경계를 나타낸다. 대상물을 나타내는 함수 f 는 유한길이 l 의 Za의 서브셋트(subset)인 $Z_{a,l}$ (502)에 지지되고 중심이 원점에 있는 것으로 가정된다. 가능한 소스와 검출기 위치의 셋트는 각각 C_b (503) 및 C_d (504)로 주어져 있고, 여기에서 a < d < b 이다. $\varepsilon_2 > \varepsilon_1 > 0$ 이 z 방향으로 소스-검출기의 오프셋을 나타낸다고 하면, 어떠한 소스위치 $x \in C_b$ 에 대하여, 활성 검출기영역 D_x (506)은 ε_1 (501), ε_2 (505) 및 각도범위 $-\gamma$, γ (507)에 의하여 정의되는 C_d 의 서브셋트이다.

[0060] 이러한 구조는 회전불변인 것으로 가정되어, 활성 검출기영역이 어떠한 소스위치 $x \in C_b$ 의 관점으로부터 본 것과 동일하다. 임의의 $x \in C_b$ 를 고려하면, $\Pi_{\alpha,x}$ 는 x 를 포함하는 평면이 될 것이며, x 에서 Cb에 대한 접선에서 x 를 포함하는 횡단면을 교차한다. 이 평면은 등식 $y \cdot \alpha = s$ 를 가지며, 여기에서 $s \in R$ 이고 $\alpha \in S^2$ 이며, 단위 2는 구(sphere)이다. $L_{\alpha,x}$ 가 x 와 z-축선을 교차하는 $\Pi_{\alpha,x}$ 의 라인이 되게 한다. 오프셋 ε_1, ε_2 은 $x \in C_b$ 에 대하여 $\alpha \in S^2$ 이 존재하여 f 의 서포트(support)에 교차하고 $L_{\alpha',x}$ 에 평행한 평면 $\Pi_{\alpha',x}$ 의 모든 선(ray)이 측정된다고 가정할 수 있다. 여기에서, α'는 α의 임의의 작은 인근값이다.

[0061] 따라서, 소스 포인트 x 는 거리 ε_1 만큼 검출기의 2차원 어레이의 하측변부로부터 분리되고 거리 ε_2 만큼 동일한 검출기 어레이의 상측변부로부터 분리된 평면에 배열되어 있다. 검출기 어레이의 구간은 회전축선과 스캔영역의 중심이 교차하는 평면으로부터 $\pm\gamma$ (507) 만큼 떨어져 연장된다. 소스는 원통체 C_b (503)의 표면의 포인트들을 점유하고 있는 반면에 검출기는 원통체 C_d (504)의 표면에 배치된다. 대상물은 원통체 $Z_{a,l}$ (502) 내에 수용되어 있다. 대상물은 스캔중에 축선 z 를 따라 이동한다.

[0062] 한 실시형태에서, 시스템은 대상물 내의 투사공간의 균일한 샘플링이 이루어질 수 있도록 하는 최적한 소스 파이어링 시컨스를 실행함으로서 이미지 아티팩트가 최소가 될 수 있도록 한다. 여기서, 시스템은 투사공간의 균일한 샘플링을 요구하는 제한조건을 적용한다. 이는 다음의 등식으로 요약된다.

[0063] $$\phi(i) = (k(i-1) \bmod N_s) + 1 \qquad (1)$$

[0064] 여기에서, N_s = 시스템에서 소스의 수, k = 파이어링 소스 사이의 증분, i = 투사수이다. k = 1 은 나선스캔의 경우이다.

[0065] k 의 최적한 값을 찾기 위하여, 목표는 도 6에서 보인 바와 같이 수스 포인트(600)의 균일하게 분포된 삼각형 메쉬를 갖는 원통체 C_b (503)에 맞추어져 있다. 여기에서, k 를 계산하기 위한 적당한 셋트의 등식은 다음과 같다.

$$l_1^2 = d^2 + \left(\frac{k^{-1}p_z}{N_s}\right)^2 \qquad (2)$$

$$l_2^2 = (2d)^2 + p_z^2\left(\frac{2k^{-1}}{N_s} - 1\right)^2 \qquad (3)$$

$$l_3^2 = d^2 + p_z^2\left(1 - \frac{k^{-1}}{N_s}\right)^2 \qquad (4)$$

[0066]

[0067] 여기에서, d 는 인접한 소스 사이의 거리, P_z 는 z 피치, k^{-1} 은 k 모듈로 N_s 의 역수, l_1, l_2 및 l_3 는 각 삼각형의 3개 변의 길이이다.

[0068] 가능한 한 등변의 격자삼각형을 구성하기 위하여, k^{-1} 의 값은 l_1, l_2 및 l_3 의 표준편차를 최소화하도록 선택된다. 그리고 k 의 값은 k 의 모든 값이 역모듈로 N_s 를 갖는 것은 아니므로 가능한 한 이러한 값에 가깝게 k^{-1} 를 얻을 수 있도록 선택된다.

[0069] 특히, 시스템이 $S = s_1,....s_s$ 로 나타내는 일련의 불연속 소스를 가지므로, 주기 1회전의 파이어링 순서는 어떠한 함수 ϕ: {1,....,S}-→{1,....,S} 에 의하여 결정되는 시컨스의 주기확장 .....,$\phi(1)$, ...,$\phi(S)$; ....., 으로 정의될 수 있다.

[0070] 이러한 정의는 임의의 주기 R 회전의 파이어링 순서를 포함할 수 있도록 일반화될 수 있다. 상기 언급된 바와 같이, 파이어링 순서는 RTT 시스템에서 물리적인 소스가 스위치 온 및 오프되는 시컨스를 결정한다. 특정 파이어링 순서 ϕ에 대하여, i 가 1 ~ S 일 때에, 소스 $s_{\phi(1)},....s_{\phi(S)}$ 가 순차적으로 스위칭된다.

[0071] 요구되지는 않았으나, 모든 소스를 이용할 수 있는 파이어링 패턴, 즉, 함수 ϕ 가 전단사함수(bijetive)(즉, {1. ..., S}의 순열)인 파이어링 순서를 구성하는 것이 바람직하다. 이는 물리적인 소스 $s_1,....s_s$ 로부터의 전체 셋트의 투사가 개념적으로 통상적인 CT 스캐너의 갠트리의 완전회전과 유사하나 실질적으로는 기술적으로는 상이하므로 모든 소스가 사용되고 용어 회전의 사용을 정당화할 수 있도록 한다. 이러한 제한이 주어지고 파이어링 순서가 일반성의 손실없이 1 회전주기를 갖는다고 가정할 때, 어떠한 파이어링 순서에 대하여 $\phi(1) = 1$ 인 규칙을 채택할 수 있다.

[0072] S 소스를 갖는 RTT 시스템의 경우, 함수 ϕ로 정의되는 파이어링 순서는 고정상수 k 가 다음과 같은 경우에 순서-1 회전불변이라고 할 수 있다.

[0073] $$\phi(i) \equiv (\phi(i + 1) - k) \pmod{|S|}, \forall\, i = 1,....,|S| \qquad (5)$$

[0074] 이를 기하학적으로 해석하면, 이는 어떠한 소스 s_i 의 관점으로부터 시스템이 소스 s_{i+1} 로 이동되는 경우, 소스 1 에 대하여 3차원 공간에서 모든 다른 소스의 위치가 변하지 않음를 의미한다. 달리 말하면, 시스템은 이것이 다중대칭성을 갖는 경우 회전불변이다. 예시적인 경우에 있어서, 시스템은 24중 대칭성을 보이는 검출기와 센서의 구성을 갖는다.

[0075] 순서-1 회전불변 파이어링 순서는 다음 형식의 함수 ϕ에 의하여 주어진다.

[0076] $$\phi(i) = (k(i - 1) \bmod |S|) + 1; \qquad (6)$$

[0077] 여기에서 k 는 jSj에 서로소인 정수이고 항상 1 회전주기이다.

[0078] 순서-1 회전불변 파이어링 순서의 특별한 경우는 순차적인 파이어링 순서이다. 이는 고전적인 단일 나선형 소스 궤적을 보이는 아니덴티티 맴핑 fi(i) = i 에 의하여 간단히 정의되는 주기 1 파이어링 순서이다.

[0079] 고순위의 회전불변 파이어링 순서가 필수적으로 1 회전 이상의 주기에 대하여 정의되고, 상기 순서-1의 일반화로서 보일 수 있으며, 여기에서 정수 k는 $\gcd(k;N_s) > 1$ 이 되게 선택된다. 만약 $m = \gcd(k;N_s)$ 이면 등식(5)에 의하여 생성된 시컨스는 매번 N_s/m 소스 마다 반복한다. 이를 방지하기 위하여, 제2증분 q 가 도입되는바, 이는 k 에 대하여 서로소이고 부가된 모든 N_s/m 소스를 얻는다. 만약 q = 1 인 경우, 이는 $1 \le r \le N_s/m$ 에 대하여

다음과 같이 정의되는 함수 ϕ로 표현될 수 있다.

[0080] $$\phi r(i) = [(k(i - 1) + m(r-1) + [((i-1)m/ NS)]) \bmod NS) + 1; \quad (7)$$

[0081] 여기에서 [.] 는 음의 무한대 연산자를 향한 라운드 함수이다. 이러한 파이어링 순서는 다중소스에 대하여 나선 궤적을 한정하는 것으로 보일 수 있으므로 다중나선(multi-helix)로 불리기도 한다.

[0082] 파이어링 순서의 선택은 구현되는 재구성알고리즘에 의하여 어느 정도 결정된다. 만약 소스궤적의 어떠한 선택을 가정하는 분석알고리즘이 사용되는 경우, 파이어링 패턴은 이러한 궤적이 근접하여야 한다. 전체 일반성에서 파이어링 순서를 최적화하는 문제를 고려하기 위하여, 파이어링 순서의 선택과 관계없는 방법이 요구된다.

[0083] 한 실시형태에서, 파이어링 순서는 가상 원통체의 표면에 균일하게 간격을 둔 샘플링 격자를 생성하도록 선택된다. 가상 원통체는 데이터수집장치가 대상물의 모든 포인트를 포함하도록 하는 충분한 길이를 합하여, 스캔되는 대상물의 길이를 초과하는 거리를 정의하는 것이 좋다. 한 실시형태에서, 가상 원통체는 대상물의 길이에 10, 50 또는 100 ㎜ 또는 다른 증분과 같은 부가적인 거리를 합한 것과 동일한 길이를 갖는다. 우선실시형태에서, 영점이 가상 원통체의 중심점인 좌표계를 이용하여, 원통체의 길이는 대상물의 길이 +/- 50 ㎜ 와 같다. 파이어링 패턴은 원통체 표면에 균일한 소스의 분포가 이루어질 수 있도록, 즉, 원통체 표면에서 포인트 사이의 거리가 모든 방향에서 인접한 소스 포인트 사이의 길이가 가능한 한 동일하도록 최적화된다. 균일한 소스의 분포는 가상 원통체의 전 길이에 적용되는 것이 좋다. 등식(5)의 순서-1 회전불변 파이어링 순서에서, 파이어링 순서는 원통체의 표면의 등변삼각형 샘플링격자에 근접하게 구성될 수 있다.

[0084] 파이어링 순서는 360도의 전 범위에 대상물의 길이를 따라 재구성 볼륨의 각 복셀을 교차하는 X-선의 각도의 균일한 분포를 얻을 수 있도록 선택되는 것이 좋다. 여기에서, 각도는 횡단면에 대한 X-선의 투사에서 소스에 대한 검출기의 각도응 평균하여 얻는다. 예를 들어, 768개의 소스를 갖는 시스템의 경우, 이들 특성 모두를 만족하는 파이어링 순서는 등식(4)에서 k = 35 를 대입하여 주어진다.

[0085] 원통체 Cb 의 표면에서 소스 포인트 위치의 부분이 도 7a 및 도 7b에 도시되어 있다. 도 7a는 k = 1 일 때, 즉, 통상적인 나선형 스캔 파이어링 패턴인 소스 포인트의 셋트를 보이고 있으며, 표면을 가로질러 연장된 라인을 보이고 있는바, 표면의 많은 영역이 포함되지 않았음을 보이고 있다. 대조적으로, 도 7b는 모델화된 시스템에서 소스증분의 k 값이 35를 이용한 소스 포인트의 삼각형 맵핑 어레이를 보이고 있다.

[0086] 이러한 비나선형 소스궤적의 실질적인 영향을 이해하기 위하여, 빔 내에 대상물이 없이 대상물을 통하여 하나의 라인(z-축에 수직인 투사볼륨의 중심의 라인)을 따른 투사밀도의 형태를 설명하는 도 8에서 보인 데이터를 고려한다. 그래프(805)는 표준형 나선스캔구조에 대한 투사 선밀도를 통한 형태를 보이고 있는 것으로, 이는 투사밀도가 상당히 불균일함을 보이고 있고 줄무늬의 발생과 같은 재구성된 이미지 아티팩트가 나타나도록 한다. 대조적으로, 그래프(810)는 투사데이터의 샘플링의 오류에 의한 아티팩트가 거의 없이 현저히 클리닝되어 재구성된 이미지를 생성하는 본 발명의 방법을 이용하여 얻는 매우 균일한 투사밀도를 보이고 있다.

[0087] 또한, 본 발명의 방법에 따른 최적화 파이어링 패턴은 재구성방법의 개선된 구현이 가능하도록 하고, 특히, ART, 일련의 1차방정식을 해석하는 방법, 재귀1차방정식의 해석프로그램, 또는 순차적 또는 나선형 패턴과 같은 통상적인 파이어링 패턴에 대하여 본문에 설명된 파이어링 패턴에 의하여 발생된 투사데이터에서 직접 연립방정식을 푸는 다른 재구성방법과 같은 재구성 알고리즘의 구현을 위한 데이터저장조건 및/또는 컴퓨터처리능력조건을 최소화한다.

[0088] 현재의 개시된 방법은 여러 가지 이점이 있다. 먼저, 어떠한 이미지재구성 알고리즘의 정확도는 거의 정확하게 투사밀도의 균일성에 따라 달라진다. 예를 들어, 대수재구성방법은 단순히 이에 유용한 방정식에 불과하다. 균일하게 샘플링된 투사공간은 대수재구성을 위한 최상의 방정식 셋트를 제공함으로서 빠른 스캔속도에서 고품질의 3차원 이미지를 생성할 수 있도록 한다. 예를 들어, 고정 X-선 소스를 갖는 CT 시스템이 일체형의 이동컨베이어 벨트를 갖는 가방 또는 화물 스캐너로서 구성되는 경우, 컨베이어 벨트의 속도가 예를 들어 250 ㎜/s 또는 500 ㎜/s와 같이 200 ㎜/s 이상인 경우에도 고품질의 3차원 이미지가 생성될 수 있다.

[0089] 둘째로, 소스 파이어링 순서는 측정된 투사데이터에 직접 응답하여 변경될 수 있다. 예를 들어, 폭발성 물질의 얇은 시트의 검출에 있어서, 시트의 길이를 따른 X-선 감쇄는 시트의 두께를 통한 X-선 감쇄보다 매우 크다. 따라서, 시트의 평면을 통한 투사의 희생이 필요한 경우 시트의 길이가 긴 변부에 가까운 방향에서 투사밀도는 유리하게 증가될 수 있다.

[0090] 셋째로, 스캐닝 시스템은 최초 스캔이 본문에 설명된 균일하게 분포되는 소스 파이어링 패턴을 가지고 대상물에서 수행되고 추가 스캔이 스캔 전체의 투사밀도의 균형을 유지하기 위하여 예외적인 X-선 감쇄의 영역을 위하여 이동될 수 있도록 변경된 파이어링 궤적으로 수행되는 멀티-패스 능력을 가질 수 있다. 따라서, 어느 특정 스캔의 소스 파이어링 패턴은 선행 스캔으로부터 얻은 이미지 데이터에 기초하여 다이나믹하게 변조될 수 있다.

[0091] 넷째, X-선 스캐닝 시스템은 다중의 방사상 대칭을 보이도록 선택된 일련의 소스와 검출기로 구성될 수 있다. 여기에서, 여전히 균일일한 샘플링이 이루어질 수 있으나, 이미지 재구성 방법은 각 대칭순서에 대하여 한번씩 다중시간을 재사용하는 작은 효율셋트의 이용을 통하여 단순화될 수 있다.

[0092] 다섯째, 전형적으로 순차적인 파이어링 순서 또는 나선형 패턴을 발생하는 매우 높고 매우 낮은 X-선 밀도를 갖는 스캔영역을 갖는 것을 방지할 수 있다. 공급속도가 충분히 빠른 경우, 이들 영역은 실질적으로 영공간(零空間)을 생성할 것이다. 그러나, 상기 언급된 바와 같이 최적화된 파이어링 순서의 경우, X-선 밀도의 분포는 매우 균일하고 이러한 영역에 교차하는 X-선의 각도분포도 역시 보다 균일하다. 순차적인 파이어링 순서로, 재구성 볼륨내의 영역만이 매우 좁은 각도범위로부터 조사된다. 상기 언급된 최적화 파이어링 순서에 의하여, 이러한 영역에 교차하는 X-선의 각도분포는 보다 균일하여 데이터 재구성에 있어서 제한된 각도형태의 아트팩트는 적다.

[0093] 요컨데, 스위칭형 소스와 오프셋형 검출기 구조를 이용하는 CT 스캐너의 경우, 통상적인 나선형의 소스궤적은 최적하지 않다. 우수한 결과는 원통체의 표면에서 소스 포인트의 균일한 격자샘플링을 제공하는 파이어링 순서를 이용하여 얻는다.

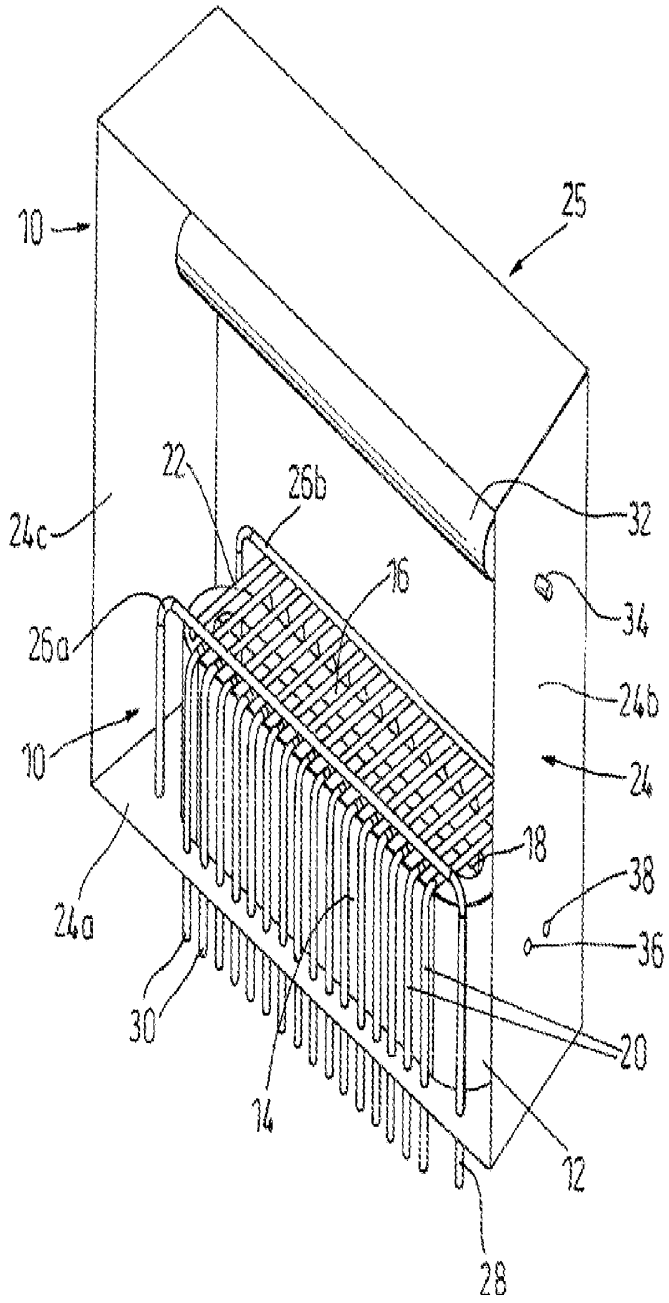
[0094] 상기 예는 단순히 본 발명의 시스템의 많은 응용예를 설명하기 위한 것이다. 예를 들어, 768개의 소스를 갖는 시스템이 k = 35 를 갖는 반면에, 384개, 450개 또는 900개의 소스를 갖는 시스템들은 상이한 k 값을 가질 수 있는바, 384개의 소스를 갖는 시스템의 경우, 샘플링의 각도분포, 즉, z 피치에 따라서 k 의 값은 25 임을 이해하여야 한다. 비록 본 발명에 있어서는 적은 수의 실시형태만이 설명되었으나, 본 발명은 본 발명의 기술사상이나 범위를 벗어나지 않고 많은 다른 특정 실시형태로 실시될 수 있음을 이해하여야 한다. 본 발명의 실시예나 실시형태는 제한적인 것이 아니라 예시적인 것으로 간주되어야 하고, 본 발명은 첨부된 청구항의 범위 내에서 변형될 수 있다.

부호의 설명

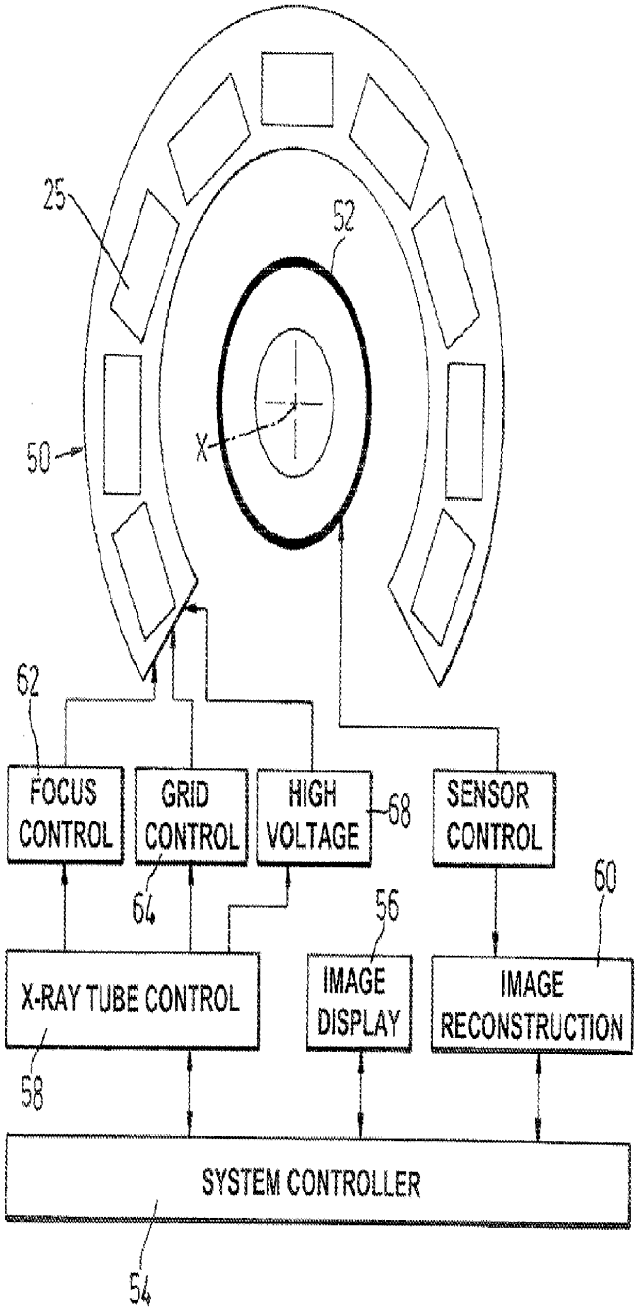
[0095] 10: 다중이미터 X-선 소스, 12: 세라믹 포머, 14, 16: 측면부, 18: 전자총, 20: 그리드 와이어, 22: 초점와이어, 24: 하우징, 25: 진공 엔빌로프, 26a, 26b: 지지레일, 28: 코넥터, 30: 제어핀, 32: 애노드, 34: 전기적인 코넥터, 36, 38: 코넥터, 50: X-선 스캐너, 52: 센서, 54: 시스템, 56: 이미지 디스플레이 유닛, 58: X-선 튜브 제어블록, 62: 초점제어블록, 64: 그리드제어블록, 70: 센서제어블록, 80: 소스 포인트, 82: 검출기, 84: X-선 빔, 86: 대상물.

도면

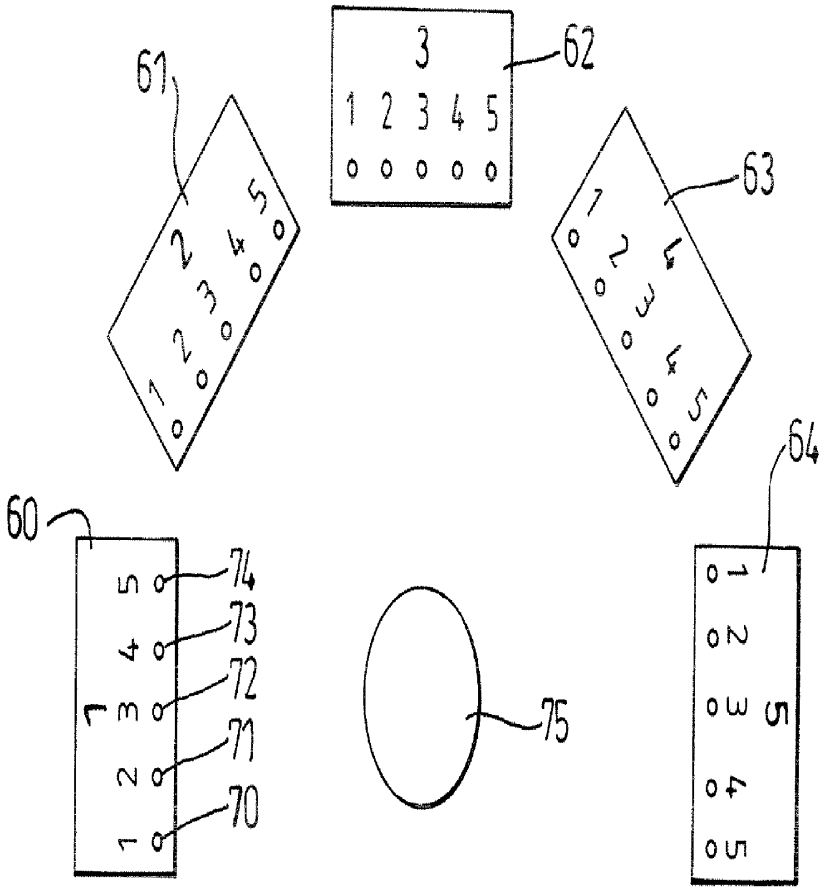
도면1



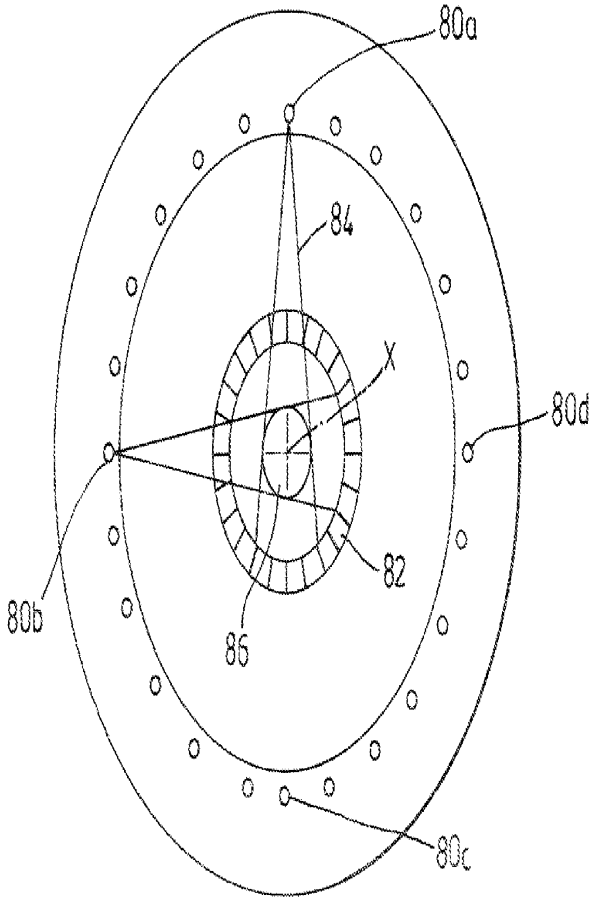
도면2


25
52
50
X
62
FOCUS CONTROL
GRID CONTROL
HIGH VOLTAGE
68
SENSOR CONTROL
64
56
60
X-RAY TUBE CONTROL
IMAGE DISPLAY
IMAGE RECONSTRUCTION
58
SYSTEM CONTROLLER
54

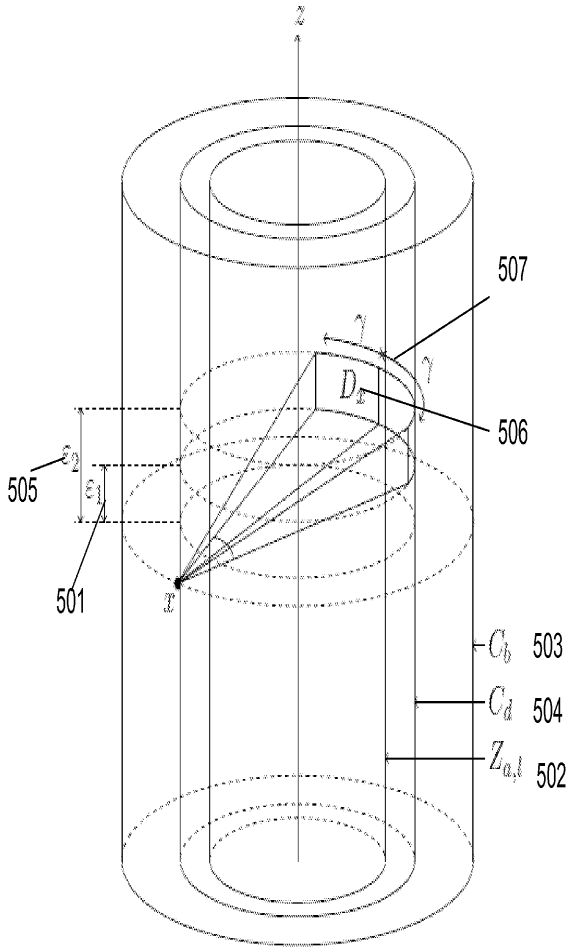
도면3



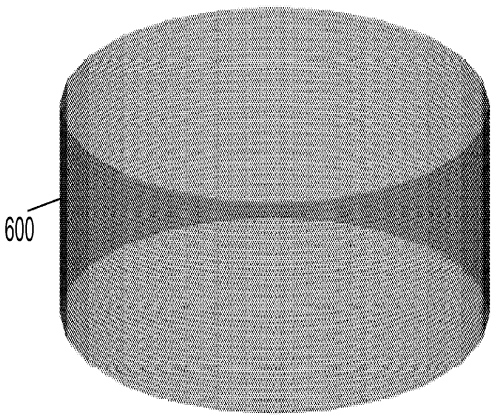
도면4



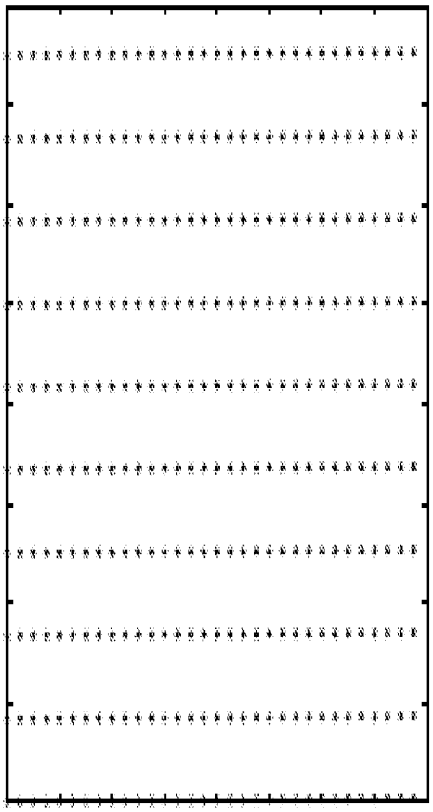
도면5



도면6

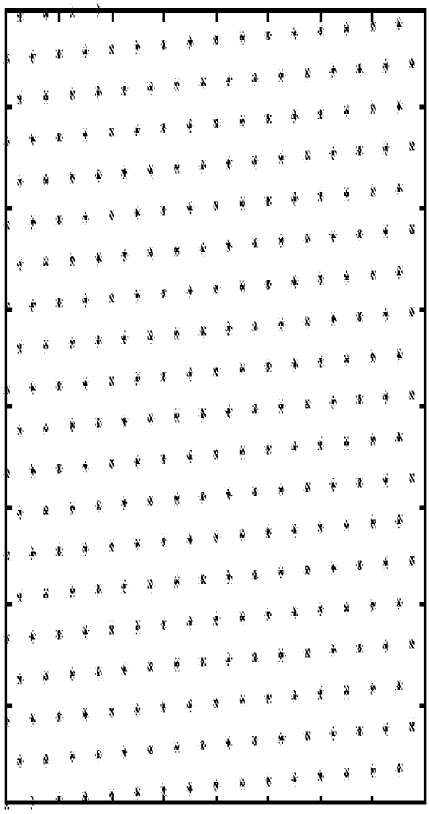


도면7a

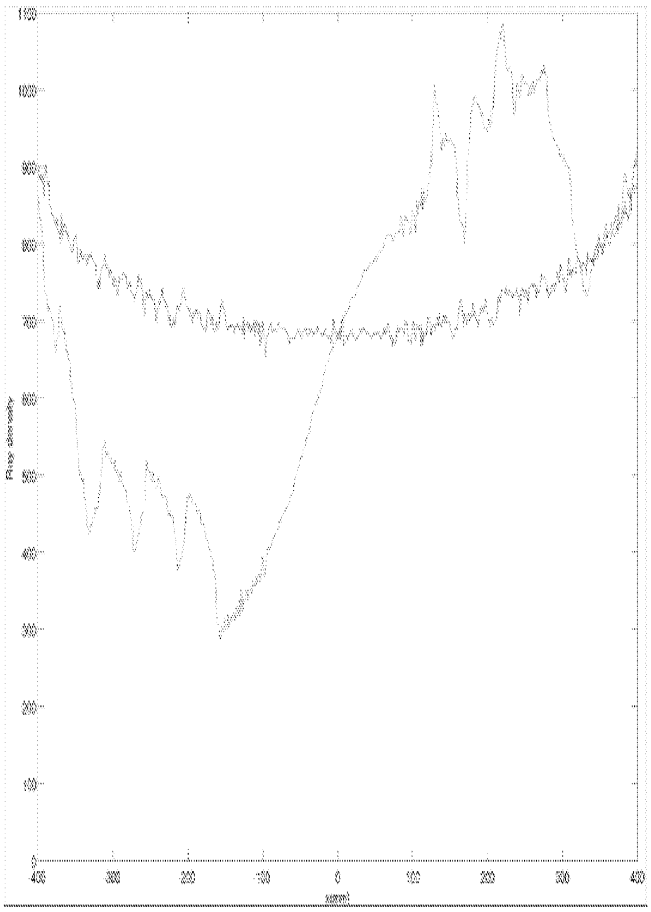


(a) Sequential

도면7b



도면8



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 발명(고안)의 설명

【보정세부항목】 발명의 명칭

【변경전】

X-선 스캐닝 시스템용 소스 파이어링 패턴의 최적화

【변경후】

X-선 스캐닝 시스템용 소스 파이어링 패턴의 최적화를 위한 X-선 촬상장치