

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁶
G01T 1/20

(11) 공개번호 특1999-0077306
(43) 공개일자 1999년10월25일

(21) 출원번호	10-1998-0705452		
(22) 출원일자	1998년07월16일		
번역문제출일자	1998년07월16일		
(86) 국제출원번호	PCT/US1997/00527	(87) 국제공개번호	WO 1997/26557
(86) 국제출원출원일자	1997년01월14일	(87) 국제공개일자	1997년07월24일
(81) 지정국	AP ARIPO특허 : 케냐 레소토 말라위 수단 스와질랜드 케냐 EA 유라시아특허 : 아르메니아 아제르바이잔 벨라루스 키르기즈 EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 독일 덴마크 스페인 핀란드 프랑스 영국 그리스 이탈리아 룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투갈 오스트리아 스위스 독일 덴마크 스페인 핀란드 영국 국내특허 : 아일랜드 알바니아 오스트레일리아 바베이도스 불가리아 브 라질 캐나다 중국 체코 에스토니아 그루지야 헝가리 이스라엘 아이 슬란드 일본 북한		
(30) 우선권주장	8/586555 1996년01월16일 미국(US)		
(71) 출원인	에이아이엘 시스템즈, 인코포레이티드 제임스 엠. 스미스 미국 11729 뉴욕 디어 파크 컴팩 로우드		
(72) 발명자	치오우 월터 미국 11703 뉴욕 노오쓰 바빌론 인터레이큰 레인 681 오지리 리차드 씨. 미국 11552 뉴욕 웨스트 햄프스티드 먼슨 애브뉴87		
(74) 대리인	황의만		

심사청구 : 없음

(54) 정방형의 비대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구 이미징시스템

요약

본 발명의 정방형의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구는 투명 및 불투명 셀들을 포함하고 제 1 위치에서 정규 마스크패턴을 나타내며, 제 1 위치로 부터 90° 회전이격된 제 2 위치로 회전될 시 상보 마스크패턴을 나타낸다. 상기 개구는 감마선 또는 x선과 같은 비 초점성 방사선의 발생원에 대한 영상을 발생시키기 위한 시스템에 사용된다. 상기 이미징시스템은 상기 발생원으로 부터 방출되는 방사선(20)을 수신하여 상기 두 위치에서 부호화된 음영들을 발생시키는 부호화 개구(22)와, 상기 두 위치사이에서 상기 부호화 개구를 회전시키기 위한 모터(30)와, 순차로 충돌되는 상기 음영들에 대한 부호화 광신호들을 발생시키는 위치감지 검출기(10)와, 상기 광신호들에 대한 부호화 전기신호들을 발생시키는 광신호 변환기(34)와, 상기 전기신호들을 해독하여 비 초점성 방사선 발생원의 영상신호를 발생시키는 신호처리기(14)를 포함한다.

대표도

도 13

명세서

기술분야

본 출원은 1993. 11. 11자에 '감마선 이미징시스템'이란 명칭으로 출원된 계류출원 제 08/154,733 호의 계속출원이다.

본 발명은 부호화 개구 이미징시스템에 관한 것으로, 특히 감마선 또는 x선 발생원과 같은 비 초점성 방사선의 발생원에 대한 영상을 나타내는 영상신호를 발생 및 표시하기 위한 부호화 개구 이미징시스템에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 부호화 개구 이미징시스템에 사용되는 균일반복 어레이 부호화 개구 및 그러한 부호화 개구를 형성시키는 방법에 관한 것이다.

배경기술

감마선 및 x선 발생원들과 같은 비 초점성 방사선발생원들은 원자력발전소, 방사선의학 실험실 및 기타의

핵물질 취급공장에서 아주 보편적으로 찾아 볼 수 있다. 핵발전소의 작동중에 방사능이 아주 많은 고방사능 잠재지역들에 대해 정기적인 감시를 행하여야 한다. 또한, 방사능 오염지역들의 환경 회복 및 폐기물 관리를 위해서도 안전레벨로의 환경회복을 보장할 수 있게 오염물을 검출하고 위치를 알아낼 필요가 있다. 또한, 원자력발전소내에서 유지보수를 행하기 위해서는 건강한 사람이 작업할 지역을 정밀검사, 즉 스캔(scan)하여 작업수행중에 작업자의 방사선노출량을 결정할 수 있게 할 필요가 있다. 작업자의 방사선노출은 인위적인 선량측정(dosimetry)에 의해 엄밀하게 측정되고, 이에 따라 정부에서 규정하고 있는 방사선노출한계에 달한 방사선작업자들이 더이상 방사선에 노출되는 것을 방지하고 그러한 방사선작업자들이 소정 기간동안 더이상 작업을 수행하지 않게 할 수 있다. 이와 같이 사람의 방사선노출을 방사선노출한계에 달하지 않게 최소화시키는 것이 아주 유익하며, 모든 원자력발전소 작업자들의 목표이다.

고방사능잠재영역을 스캔할 책임이 있는 건강한 작업자는 종종 공중방사선으로부터 보호를 받을 수 있도록 보호용 의복과 마스크를 착용한다. 고 방사선 발생원의 위치를 알아내기 위해서는 가이저-뮤엘러 카운터(Geiger-Mueller counter)로 불리우는 공지의 장치를 사용하여 예상되는 고 방사선 지역을 스캔할 필요가 있다. 가이저-뮤엘러 카운터는 비교적 소형으로 스캔공정을 수행하는 작업자가 휴대하게 되어 있다. 소정의 경우, 가이저-뮤엘러 카운터를 막대에 부착한 상태로 사용하여 작업자가 스캔시 방사선 설비로부터 안전거리를 유지할 수 있게 하고 있다. 작업자는 전 지역을 스캔하여 고 방사선지역인 '핫 스팟(hot spot)'을 찾는다.

스캔공정의 완료후 작업자는 가이저-뮤엘러 카운터를 사용한 스캔공정에 의해 확인한 방사선유해지역들에 대한 맵(map)을 작성한다. 상기한 고 방사선 발생원들의 주위에는 작업자들을 보호할 수 있게 적당한 차폐물을 설치한다. 상기와 같은 스캔공정 결과에 따라 유지 및 보수를 행하는 방사선 작업자들은 방사선 유해지역에 머무를 수 있는 시간 및 방출되는 높은 레벨의 방사선때문에 피하여야 하는 설비에 대해 통고를 받게 된다. 그러나, 이러한 스캔공정은 가이저-뮤엘러 카운터의 핸드피스(handpiece)가 방사선 발생원을 통과하는 속도인 소위 스위프(sweep)속도가 비교적 느리기 때문에 시간이 많이 소비된다. 소정의 경우, 적절한 판독결과를 얻기 위해서는 작업자가 감마선 발생원에 근접해야 하는데, 그 이유는 통상의 가이저-뮤엘러 카운터의 경우 감도가 그다지 높지 않기 때문이다.

방사선노출을 제한함에 있어 가장 중요한 두 인자는 노출시간과 방사선 발생원으로 부터의 거리로서, 이에 관련하여 가이저-뮤엘러 카운터를 사용하는 현재의 스캔기술들은 방사선노출시간을 최소화시키면서 방사선 발생원으로 부터의 거리는 최대화시키는데 효율적이지 못하다. 또한, 가이저-뮤엘러 카운터를 사용하는 상기 스캔공정은 대략적인 '핫 스팟' 위치만을 찾아줄 뿐이다.

이러한 종래의 스캔기술의 단점을 개선하기 위해 부호화 개구 이미징 기술을 이용하는 시스템설계가 시도된 바 있다. 일반적으로, 부호화 개구 이미징시스템들은 비 초점성 방사선발생원에 대한 가시표시를 발생시키는 시스템을 제공하여 사람의 유해노출을 최소화 또는 완전히 배제시키면서 상기 방사선발생원에 대한 검출 및 위치찾기를 가능하게 해준다. 특히, 이러한 이점외에도 부호화 개구 이미징 시스템은 비 초점성 방사선의 발생원에 대한 정확한 영상을 형성시킨다. 부호화 개구 이미징 방법 자체는 투명하고 불투명한 셀(ce11)들로 구성되는 개구를 사용하게 되어 있는 공지의 기술이다. 개구가 감마선 또는 x선 방사선 발생원에 노출되는 것에 응답하여 음영(shadow)이 셀들을 통해 위치감지 검출기상에 투영되게 된다. 이러한 노출공정중에 획득된 정보에 따라 상기 방사선 발생원의 영상이 재 형성된다.

그러나, 이러한 종래의 부호화 개구 이미징시스템들은 심한 제약이 있는 것으로 알려져 왔다. 일례로, 상기 부호화 개구 이미징시스템들에 사용되는 위치감지검출기들이 자주 상당한 계기소음을 받게 되는 문제점이 있다. 또한, 상기 시스템들은 종종 높은 배경방사선 환경에서 동작하게 되며, 계기시야의 외부에서 발생하는 높은 에너지의 광자들이 코드화 개구를 일단 통과하여 조절됨이 없이 직접적으로 위치감지 검출기에 의해 검출되게 되어 있다. 이에 따라 부호화 개구에 의해 조절되지 않고 검출된 광자들 및 본래 조절되지 않는 배경계기소음으로 인해 계기의 신호대잡음비가 나빠지고, 그 결과 화질이 나빠지고, 감도가 저하하게 된다.

소정의 종래 코드화 개구 이미징시스템의 경우는 조절되지 않은 광자들의 유해 효과를 최소화시키기 위해 능동 차폐기술을 이용하고 있다. 이 방법에 관련하여, 계기가 개개의 광자의 도착을 계수하기에 충분할 정도로 유입되는 고 에너지광자의 속(flux)이 낮은 경우에는 능동 차폐재 및 능동 코드화 개구를 사용하여 일치/불일치 확인수단을 제공할 수 있다. 이와 같이 하면, 영상 복구중에 조절되지 않은 광자들 개별적으로 확인하여 배제 또는 거부할 수 있다. 그러나, 많은 양의 광자가 검출기에 동시에 도달할 정도로 광자의 속이 증가하게 되면 각 광자의 정확한 도달시간이 확립되지 않고, 그 결과 조절되지 않은 광자들을 요구되는 조절된 광자들로 부터 분리시키기가 매우 어렵다.

이러한 문제점을 해소시키기 위해 정규/상보 부호화 개구방식을 이용하는 다른 부호화 개구 이미징시스템이 개발되었다. 이 방법에 있어서는 방사선발생원을 일단 정규 개구로 불리우는 부호화 개구로 조절한 후 추가로 상보 개구로 불리우는 코드화 개구에 의해 조절하게 되어 있다. 상기 상보 개구는 정규 개구상의 셀들의 위치교환에 의해 형성된다. 다시 말하자면, 정규 개구상에서 투명한 상태로 있던 셀들은 모두 상보 개구상에서는 불투명한 상태로 되고, 정규 개구상에서 불투명한 상태로 있던 셀들은 모두 상보 개구상에서는 투명한 상태로 된다. 각 개구가 동일 시간동안 방사선발생원에 노출되고 각 개구에 의해 조절된 상들사이에서 취소공정이 수행되면, 조절되지 않은 광자들의 유해 효과 및 계기 소음을 상당히 감소시킬 수 있는데, 이러한 결과는 높은 에너지의 광자 속이 존재하는 경우에도 얻어지게 된다. 이러한 방법을 이용하는 부호화 개구 이미징시스템들은 직사각형 또는 6각형의 균일반복 어레이(URA)들로 형성된 부호화개구들을 사용하여 왔다.

Fenimore 등에게 허여된 미국 특허 제 4,209,780 호 및 Gottesman 등에게 허여된 미국 특허 제 5,036,546 호에 기재된 바와 같은 직사각형의 URA 부호화 개구들은 부호화 개구 이미징을 위해 사용되어 왔다. 그러나, 이러한 형태의 개구들을 사용하기 위해서는 하나는 정규 개구로서 작용하고 다른 하나는 상보 개구로서 작용하게 되어 있는 두개의 독립된 개구들을 제공해야 하는 물리적인 조건이 필요하다. 직사각형 URA들을 이용하는 시스템들의 경우는 이미징공정중에 개구들을 절환시키기 위한 절환수단을 필수적으로 가지고 있다. 그러나, 이러한 절환공정으로 인해 시스템의 부정확성, 즉, 시스템의 영상재생성능에 나쁜 영향을 주는 정렬 부정확성이 야기된다. 또한, 개구절환이 수동으로 이루어지는 경우에는 가이저-뮤엘러

카운터에 대한 부화화 개구 이미징시스템의 주 이점중의 하나인 방사선노출로부터의 작업자의 보호의 이점이 완전히 상실된다. 또한, 수동 개구절환은 시간이 많이 소요되고 위험한 방사선발생원을 신속하게 확인하고 억제시킬 수 있게 하는 추가적인 이점을 저하시킨다.

6각형 URA는 독립된 두 개구들의 필요성을 배제시키기 위해 추후에 개발된 것으로, 이러한 6각형 URA는 M.H. Finger 와 T.A. Prince가 19차 International Cosmic Ray Conference (1985)의 회보, OG 9.2-1, 295-298쪽에서, 'Hexagonal Uniformly Redundant Arrays for Coded Aperture Imaging'이란 명칭으로 발표한 논문에서 기재되어 있다. 6각형 축이 거의 비대칭을 이루고 있는 단일 6각형 URA(HURA) 부호화 개구는 정규 개구로서 그리고 60° 회전시에는 상보 개구로서 모두 작용할 수 있다. HURA 부호화 개구는 6각형 또는 원형의 위치감지 검출기용으로 적합하다. 그러나, 데카르트(Cartesian)형태의 위치감지 검출기를 구비하는 이러한 개구를 사용하는 경우에는 심각한 단점이 존재한다. 즉, 개구의 6각형의 기하학적 형상을 검출기의 데카르트 기하학적 형상과 조화시키기 위해서는 상당한 기하학적 조정이 요구되기 때문에 이미징시스템에 의해 상당한 데이터 포매팅이 수행되어야만 한다. 현재의 검출기들은 대부분 데카르트 형태로 구성되어 있고, 이 때문에 HURA 부호화 개구의 사용이 제한된다.

따라서, 감시할 지역내의 '핫 스팟'들을 자동적으로 맵핑시킬 수 있고, 휴대가 가능하고 신뢰성이 있는 부호화 개구 이미징시스템을 개발할 필요성이 있다. 또한, 방사선 환경 맵을 제공할 지역에 영구히 장착될 수 있는 장치를 사람에게 방사선을 노출시키지 않게 하는 지역에 설치하는 것이 바람직 할 것이다. 또한, 쉽게 입수가 가능한 데카르트 형태(직사각형 또는 정방형)의 위치감지 검출기와 쉽게 인터페이스될 수 있고, 자동적으로 상보성을 갖는 균일반복 어레이 부호화 개구를 구비하는 이미징시스템을 개발할 필요가 있다.

발명의 상세한 설명

본 발명의 목적은 감마선 발생원의 영상을 나타내는 영상을 표시할 수 있는 자동 부호화 개구 이미징시스템을 제공하는 것이다.

본 발명의 다른 목적은 감마선 발생원의 영상을 나타내는 영상에 대한 표시기를 제공해야 할 지역에 영구히 장착될 수 있는 신뢰성이 있는 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 방사선에 대한 사람의 유해노출을 최소화시키면서 방사선의 '핫 스팟'을 맵핑시키기 위한 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 방사선 유해지역들에 대한 실시간 감시를 제공하기 위한 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 핵산업분야에서 잠재적인 유해방사선 발생원 및 유해방사선 물질들을 감시하고 위치를 파악할 수 있고, 핵산업분야에서 종사하는 작업자들 및 핵산업체의 주변지역에 거주하는 사람들의 안전 및 건강을 보호할 수 있는 휴대 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 핵물질의 불법 운송 및 처치를 검출하기 위한 안전 체킹용으로 사용하기 위한 부호화 개구 이미징시스템을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 입수가 가능하고, 강건하고, 신뢰성이 있고, 친숙한 부호화 개구 이미징시스템을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 감마선 및 x선 발생원 모두에 대해 안전거리에서 이미징을 행할 수 있는 이미징시스템을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 x선 단층촬영을 행할 수 있게 하는 부호화 개구 이미징시스템을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 개선된 부화화 개구 이미징을 위한 부호화 개구를 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 데카르트형태의 위치감지 검출기를 이용하는 이미징시스템에서 정규 개구 및 상보 개구 모두로서 작용할 수 있는 코드화 개구를 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 거의 50%의 수율을 갖는 부호화 개구를 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 중심셀을 제외하고 90° 회전시 비대칭을 이루는 부호화 개구를 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 개선된 부호화 개구 이미징을 위한 부호화 개구를 제조하기 위한 방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 데카르트형태의 위치감지 검출기를 이용하는 이미징시스템에서 정규 개구 및 상보 개구 모두로서 작용할 수 있는 코드화 개구를 제조하기 위한 방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 데카르트형태의 위치감지 검출기를 이용하는 이미징시스템에서 정규 개구 및 상보 개구 모두로서 작용할 수 있는 코드화 개구를 이용하는 코드화 개구 이미징 시스템을 제공하는 것이다.

본 발명의 일 형태에 따르면 감마선 발생원의 영상을 제공하는 부호화개구 이미징시스템이 제공되는데, 이 시스템은 부호화 개구, 위치감지 검출기, 전하결합소자 어레이, 그리고 신호처리기를 포함한다. 상기 위치감지 검출기는 높은 공간 해상도를 갖는 방사선 검출기로 구성될 수 있다. 다른 실시예로서, 전하결합소자 어레이 대신에 반도체 광다이오드 어레이를 사용할 수도 있다. 광 다이오드 어레이는 전하결합소자 어레이와 유사한 방식으로 작용한다. 당해기술분야에서 숙련된 자라면 다른 형태의 저소음 감지 광 이미징 어셈블리도 사용할 수 있다는 점을 인지할 수 있을 것이다.

부호화 개구는 소정의 발생원으로 부터 방출되는 감마선을 공간적으로 조절하는 데 사용된다. 이 부호화 개구는 그에 입사되는 감마선에 응답하여 부호화된 음영을 발생시킨다. 위치감지 검출기는 개구에 의해 발생하는 부호화 음영이 충돌할 수 있게 부호화 개구에 대해 적절히 위치되어 있다. 위치감지 검출기는 그에 충돌하는 부호화음영에 응답하여 부호화된 광신호를 발생시킨다. 전하결합소자 어레이는 상기 부호화 광신호에 응답하여 부호화된 전기신호를 발생시킨다. 신호처리기는 상기 부호화 전기신호에 응답하여 그 부호화 전기신호를 해독하고, 이에 따라 영상신호를 발생시킨다. 이 영상신호는 감마선 발생원의 영상을 나타내는 것이다.

상기 코드화 개구 이미징시스템은 또한 상기 영상신호에 응답하여 감마선 발생원의 대표적인 영상을 표시하기 위한 수단을 포함할 수 있다. 이 영상신호응답수단은 텔레비전 및 컴퓨터에서 사용하는 모니터와 유사하게 음극선관 또는 고상 디스플레이패널일 수 있다. 또한, 상기 부호화 개구 이미징시스템은 부호화 광신호를 위치감지 검출기로 부터 전하결합소자 어레이로 전송하기 위한 수단을 포함할 수 있는데, 이 전송수단은 광섬유 테이퍼(taper) 또는 광 릴레이 등의 어레이로 구성될 수 있다.

본 발명의 부호화 개구 이미징시스템은 또한 영상강화기를 포함할 수 있는 데, 이 영상강화기는 위치감지 검출기와 전하결합소자 어레이사이에 위치된다. 이 영상강화기는 시스템에 증가된 감도를 제공할 수 있게 부호화 광신호를 증폭 및 강화시켜준다.

상기 코드화 개구 이미징시스템의 코드화 개구는 비 축점성 방사선에 대한 투과성 및 불투과성 지역들을 포함한다. 상기 부호화 개구는 균일반복 어레이 의 형태 또는 다른 부호화 어레이 형태를 가질 수 있다. 그러나, 후술하는 바와 같이 정방향의 비 대칭성 균일반복 어레이 의 형태를 갖는 것이 바람직하다.

상기 부호화 개구 이미징 시스템의 위치감지 검출기는 유리 신실레이터(scintillator) 또는 유리섬유 신실레이터일 수 있다. 유리섬유 신실레이터는 다수의 유리섬유를 포함하고, 상기 유리섬유들은 바람직하게 섬유들사이에서의 누화를 최소화시킬 수 있도록 외측 흡수기피막을 포함한다. 다른 실시예로서, 위치감지 검출기를 플라스틱섬유 신실레이터 또는 수정 신실레이터로 형성할 수도 있다.

본 발명의 부호화 개구 이미징시스템은 감시되는 지역의 최대시야를 제공하고 양호한 공간해상도를 제공할 수 있게 최적으로 설계된다. 부호화 개구 이미징시스템내에 외측 흡수기피막이 피복된 섬유 신실레이터를 포함시키면 양호한 공간시야를 얻을 수 있을 것이다. 시야를 최대화시키기 위해 부호화 개구는 위치감지 검출기의 단면적의 대략 2배에 해당하는 단면적을 갖는다. 시야는 1도 내지 약 45도의 범위로 되는 것이 바람직하다.

상술한 바와 같은 이미징 시스템은 또한 x선 발생원의 영상을 제공하는데 사용할 수 있다. 따라서, 상기 이미징시스템은 핵의료분야에 유용할 수 있으며, 특히 x선 단층촬영 또는 핵 방사선 촬영에 유용할 수 있다.

본 발명은 또한 감마선 발생원의 대표적인 영상을 발생시키기 위한 방법을 제공한다. 본 방법은 각기 상술한 바와 같이 작용하는 부호화 개구, 위치감지 검출기, 전하결합소자 어레이, 그리고 신호처리기를 포함하는 부호화 개구 이미징시스템을 제공하는 단계와, 상기 부호화 개구 이미징시스템의 시야내에 감마선 발생원을 위치시킬 수 있게 상기 부호화 개구 이미징시스템을 적절히 위치시키는 단계와, 상기 신호처리기에 의해 발생되어 감마선 발생원의 영상을 나타내는 영상신호를 표시하는 단계를 포함한다.

상기 방법은 또한 상기 시스템의 시야내에 소정의 가시중첩영역을 형성시키고, 그 가시중첩영역에 관련하여 상기 영상신호를 표시하는 단계를 더욱 포함한다. 이러한 방식으로 화상적인 중첩영역상에 감마선 영상이 중첩되고, 이에 따라 '핫 스팟'을 쉽게 찾을 수 있다. 상기한 방법은 또한 x선 발생원을 이미징시키는데 사용할 수도 있다.

다른 실시예로서, 상기 부호화 개구 이미징시스템은 부호화 개구, 위치감지 검출기, 그리고 신호처리기를 포함한다. 상기 부호화 개구는 소정의 발생원으로 부터 방출되는 감마선을 수신하여, 부호화된 음영을 발생시킨다. 상기 위치감지 검출기는 그에 상기 부호화 음영이 충돌될 수 있게 상기 코드화 개구에 대해 적절히 위치된다. 위치감지 검출기는 충돌되는 코드화 음영에 응답하여 코드화된 전기신호를 발생시키는 반도체 감마선 검출기 어레이를 포함한다. 신호처리기는 상기 부호화 전기신호에 응답하여 그 부호화 전기신호를 해독하고, 이에 따라 감마선 발생원의 영상을 나타내는 영상신호를 발생시킨다.

본 발명의 또 다른 특징 실시예에 따르면 정방향의 비 축점성 균일반복 어레이의 형태로 된 부호화 개구가 제공된다. 정방향의 비 축점성 균일반복 어레이로 된 부호화 개구는 개구지역의 대략 1/2이 투명하게 되어 있어 비 축점성 방사선이 자유롭게 통과할 수 있게 되어, 거의 50%의 수율을 갖게 되는 유리한 특징을 갖는다. 또한, 이러한 개구는 비 대칭성, 또는 중심셀을 제외하고는 90° 회전시 상보성을 갖는다. 그리하여, 정방향의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구를 이용하는 시스템은 조절되지 않은 광자들의 효과 및 계기 소음을 최소화시켜 영상복구의 개선이 이루어지고, 또한 영상처리에 단지 하나의 부호화 개구만이 필요하게 되어 비용의 절감이 이루어진다. 또한, 현재의 검출기들이 대부분 데카르트 형태로 구성되어 있다는 점을 감안하면 정방향의 비 대칭성 균일반복 어레이를 이용하는 시스템은 이러한 검출기들을 사용할 수 있고, 개구들 및 유사하지 않은 기하학적 특성들을 갖는 검출기들을 사용하는 시스템들에서 요구될 수 있는 성가신 데이터 포맷팅을 회피할 것이다.

따라서, 본 발명은 투명셀들과 불투명셀들을 포함하고 제 1 위치에서 정방향의 정규 마스크패턴을 나타내고 제 1 위치로 부터 90° 만큼 이격된 제 2 위치로 회전했을 때 정방향의 상보 마스크패턴을 나타내는 정방향 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구를 제공한다.

본 발명은 또한 정방향의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구를 이용하는 부호화 개구 이미징시스템을 제공한다. 이러한 이미징시스템은 소정의 발생원으로 부터 방출되는 방사선을 수신하여 그로 부터 제 1 위치에서 제 1 부호화 음영을 그리고 제 2 위치에서 제 2 부호화 음영을 발생시키는 정방향의 비대칭 균일반복 어레이 부호화 개구와, 상기 상기 부호화 개구를 제 1 위치와 제 2 위치사이에서 회전시키는 회전수단과, 상기 제 1 및 제 2 부호화 음영들이 순차적으로 충돌될 수 있게 상기 부호화 개구에 대해 적절히 위치되고 그 충돌된 제 1 및 제 2 부호화 음영들에 각각 응답하여 제 1 및 제 2 부호화 광신호들을 발

생시키는 위치감지 검출기와, 상기 제 1 및 제 2 부호화 광신호들에 각각 응답하여 제 1 및 제 2 부호화 전기신호들을 발생시키는 변환수단과, 상기 제 1 및 제 2 부호화 전기신호들에 각각 응답하여 그 부호화 전기신호들을 해독함에 의해 비 축점성 방사선 발생원의 영상을 나타내는 영상신호를 발생시키는 신호처리기를 포함한다. 상기 위치감지 검출기는 상기한 변환수단을 일체로 포함할 수도 있다.

정방향의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구를 이용하는 상기 부호화 개구 이미징시스템은 또한 부호화 개구를 최소한 제 1 위치 그리고 최소한 제 2 위치에 유지시키기 위한 개구 유지 플랫폼(platform)과, 그 플랫폼의 위치에 응답하여 위치신호를 발생시키는 위치 부호기와, 상기 위치신호에 응답하여 구동 제어신호를 발생시키는 구동제어부와, 상기 구동제어신호에 응답하여 상기 플랫폼을 최소한 제 1 위치와 최소한 제 2 위치사이에서 회전시키는 스테퍼부를 포함하는 회전수단을 포함할 수 있다.

정방향의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구를 이용하는 부호화 개구 이미징시스템은 또한 이미징시스템의 시야내의 소정 영역에 대한 가시 표시부를 포함하고 그 가시표시부상에 영상신호에 응답하는 비 축점성 방사선 발생원의 대표적인 영상이 중첩되게 구성되는 표시부를 포함한다.

정방향의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구를 이용하는 부호화 개구 이미징시스템은 또한 데이터를 발생시키는 신호처리에 전기적으로 접속되어 상기 신호처리로 부터의 데이터를 저장하는 데이터저장부를 포함할 수 있다.

정방향의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구를 이용하는 부호화 개구 이미징시스템은 또한 부호화 개구와 위치감지 검출기간의 이격거리를 조정하기 위한 수단을 포함할 수 있다. 이 조정수단은 부호화 개구 또는 위치감지 검출기 또는 그 둘 모두에 연동된다. 따라서, 조정수단은 부호화 개구 또는 검출기 또는 그 둘 모두를 서로에 대해 상대 이동시켜 이격거리를 조정하게 되어 있다.

정방향의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구를 이용하는 부호화 개구 이미징시스템은 또한 신호처리 전자장치를 포함할 수 있다. 이 신호처리 전자장치는 검출된 부호화 감마선 또는 x선 방사선으로 부터 감마선 또는 x선 발생원의 영상을 발생시키도록 부호화 전기신호를 처리한다. 또한, 상기 신호처리 전자장치는 감마선 및 x선 영상의 화질을 개선시키도록 영상처리기로써 작용할 수도 있다. 또한, 상기 신호처리 전자장치는 상기 정방향의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구의 회전 및 해독을 제어할 수도 있다. 상기 신호처리 전자장치는 또한 가시 영상데이터를 저장하고, 상기 감마선 또는 x선 영상을 상기 가시영상과 중첩시키고, 그 중첩된 영상들을 모니터화면에 표시하는 수단을 제공할 수도 있다.

부호화 개구 이미징시스템의 특정 형태 및 본 발명의 다른 실시예, 다른 목적, 다른 특징들 및 이점들은 첨부도면에 관련한 예시 실시예들에 관한 하기의 상세한 설명을 참조하면 명확히 이해할 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

도1은 본 발명에 따라 구성된 부호화개구 이미징시스템의 휴대부분을 도시하는 측 사시도.

도2는 본 발명에 따라 구성된 부호화 개구 이미징시스템의 기능블록도.

도2a는 부호화 개구와 위치감지 검출기사이의 이격거리를 조정하기 위해 본 발명에 따라 구성된 일 실시예를 도시하는 개략 측면도 및 블록도.

도3은 위치감지 검출기에 관련한 부호화 개구의 구성을 도시하는 사시도.

도4는 본 발명에 따른 부호화개구, 부호화 음영 및 본 발명에 따른 신호처리 및 해독에 따라 복구된 감마선 발생원의 영상을 도시하는 개략 사시도.

도5는 본 발명의 일 실시예에 따라 구성된 17 x 19 균일반복 어레이를 갖는 부호화 개구의 도식도.

도6은 본 발명의 일 실시예에 따라 구성된 차수 19의 원시 마스크패턴의 도식도.

도7은 본 발명의 다른 실시예에 따라 구성된 차수 31의 원시 마스크패턴의 도식도.

도8a는 본 발명에 따라 구성된 정방향의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구의 원시 마스크패턴에 관련된 4분면들을 도시하는 도식도.

도8b는 본 발명에 따라 구성된 정방향의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구의 전체 마스크패턴에 관련된 4분면들을 도시하는 도식도.

도9는 본 발명의 일 실시예에 따라 구성된 차수 19의 정방향의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구의 전체 마스크패턴을 도시하는 도식도.

도10은 본 발명의 다른 실시예에 따라 구성된 차수 31의 정방향의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구의 전체 마스크패턴을 도시하는 도식도.

도11은 본 발명의 다른 실시예에 따라 구성된 차수 7의 정방향의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구의 전체 마스크패턴을 도시하는 도식도.

도12는 90° 회전한 상태에서의 도10에 도시된 정방향의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구를 도시하는 도식도.

도13은 본 발명에 따라 구성된 정방향의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구 이미징시스템의 개략 사시도 및 블록도.

실시예

본 발명에 따라 구성된 부호화 개구 이미징시스템은 특히 원자력발전소 및 핵오염지역 복구동작시 건강 및 안전성을 증대시키고 감마선 발생원에 관련된 장애 유해를 감소시키기 위한 독특한 시스템을

제공한다. 잠재적인 방사선 유해위치를 감시 및 맵핑시키기 위한 현재의 기술들은 비효율적이고, 시간이 많이 소비되고, 불필요한 방사선에 작업자가 노출되게 한다. 종래의 스캔기술들은 '핫 스팟' 또는 대량의 감마방사선을 방출하는 발생원들을 찾기 위해 소정의 지역을 수동으로 스캔하는 가이저-유엘러 카운터의 사용을 수반한다. 본 발명의 부호화 개구 이미징시스템은 유해방사선 및 감마선 발생원들의 위치를 찾기 위한 가이저-유엘러 카운터에 의해 수동 스캔을 행하는 종래의 방법에 비해 효율적인 크기순서방법을 이용한다.

상기 부호화 개구 이미징시스템은 연속 감시를 위해 영구적으로 설치되거나 필요에 따라 휴대장치에 배치될 수 있는 장치를 제공한다. 상기 부호화 개구 이미징시스템은 작업자에 의한 수동 스캔과 관련한 문제점들을 경감시키고 '핫 스팟' 또는 고 방사선지역들의 실시간 감시를 가능하게 해준다. 소정의 경우, 부호화 개구 이미징시스템은 잠재적인 방사선유해지역의 가시영상에 중첩될 수 있는 감마선 영상을 발생시키도록 원자력발전소의 오염실내에 전략적으로 설치될 수 있을 것이다. 이에 따라, 잠재적인 방사선오염 구조물들을 실시간으로 확인할 수 있고, 요구되는 교정작업을 즉시 행할 수 있다. 또한, 본 발명에 따라 구성되어 영구히 설치되는 부호화 개구 이미징시스템은 잠재적인 유해지역에서의 정기적인 검사를 수행하는 작업자가 방사선유해에 노출되는 것을 배제시켜 준다.

본 발명에 따라 구성되는 부호화 개구 이미징시스템은 원자력 및 핵 물질 제조, 처리 산업들, 핵폐기물 관리, 원자로의 제거, 원자력에 의해 구동되는 배들, 엄밀 설비들, 그리고 심지어는 핵 방사선분야와 같은 핵 의료분야에서 유용하게 사용할 수 있다. 본 발명의 이미징시스템은 또한 안전도 체크면에서 핵물질의 밀입국을 검출하는데에도 사용할 수 있다. 실제로, 본 발명의 부호화 개구 이미징시스템은 상술한 바와 같은 분야 이외에도 여러 다른 분야에 적용될 수 있다.

본 발명에 따라 구성된 부호화 개구 이미징시스템은 x선 및 감마선 모두를 포함하는 유해방사선지역들을 효과적으로 감시할 수 있고, 입수가 가능하고, 휴대가능하고, 친숙한 부호화 개구 이미징시스템을 제공한다. 이러한 시스템은 현재 입수가 불가능하다. 고 에너지를 방출하는 천체에 대한 천문학적 관측을 위한 이미징시스템이 NASA에서 성공적으로 개발되었지만, 이러한 시스템은 부피가 크고, 비용이 많이 들고, 동작의 어려움이 있으며 천체관측에만 전용으로 사용된다. 이러한 시스템은 그의 크기, 비용, 동작의 복잡성 및 중량때문에 환경 방사선 감시기로서는 적합하지 않다.

도1에는 본 발명에 따라 구성된 부호화 개구 이미징시스템이 도시되어 있는데, 이 부호화 개구 이미징시스템은 일반적으로 부호화 개구(4)가 내장되는 보호 케이스 또는 하우징(2)과, 위치감지 검출기와, 전하결합소자 어레이를 포함한다. 본 발명의 다른 실시예로서, 상기 전하결합소자 어레이 대신에 반도체 광다이오드의 어레이를 사용할 수 있다. 그러나, 전하결합소자 어레이를 사용하는 것이 바람직하다. 하우징은 장치의 휴대를 위해 핸들(6)을 포함할 수 있다. 전하결합소자 어레이에는 케이블(8)의 일단이 접속되어 있고, 그 케이블(8)의 타단은 멀리 떨어져 있는 영상처리부에 접속되어 있다.

도2에는 본 발명에 따라 구성된 부호화 개구 이미징 시스템의 기능블록도가 도시되어 있다. 이 부호화 개구 이미징시스템은 일반적으로 부호화 개구(4), 위치감지 검출기(10), 광 트레인(train)(13), 영상 강화기(11), 전하결합소자 어레이(12), 그리고 신호처리기/해독기(14)를 포함하고 있다. 상기 부호화 개구(4)는 소정의 발생원으로 부터 방출되어 상기 부호화 개구(4)에 입사되는 감마선에 대해 약 50%의 투과성을 제공한다. 상기 부호화 개구(4)는 그에 입사되는 감마선에 응답하여 부호화된 음영을 발생시킨다. 상기 위치감지 검출기(10)는 상기 부호화 개구(4)에 의해 발생된 부호화 음영이 충돌할 수 있게 상기 부호화 개구(4)에 대해 적절히 위치된다. 상기 위치감지 검출기(10)는 그에 충돌하는 부호화 음영에 응답하여 부호화된 광신호를 발생시킨다. 상기 광 트레인(13)은 상기 위치감지 검출기를 그 위치감지 검출기에 의해 발생된 부호화 광신호에 응답하는 전하결합소자 어레이(12)에 광학적으로 결합시켜, 부호화된 광신호를 발생시킨다. 이 부호화 전기신호는 신호처리기(14)에 입력되고, 신호처리기(14)는 이 부호화 전기신호를 처리, 해독하여 영상신호를 발생시킨다. 이 영상신호는 감마선 발생원의 영상을 나타내는 것으로서, 음극선관(16) 또는 그와 유사한 장치에 표시되게 된다. 도2에 도시되어 있는 실시예는 또한 전하결합소자 어레이를 제어하기 위한 제어전자장치(18)를 포함한다.

본 발명의 다른 실시예로서, 상기 위치감지 검출기(10)는 반도체 감마선 검출기들의 어레이를 포함한다. 이 감마선 검출기 어레이는 그에 충돌하는 부호화 음영을 사신하여 부호화 전기신호를 발생시키게 되어 있다. 본 발명에 따라 구성되는 감마선 검출기 어레이는 발광물질의 고유 성질을 갖는 일체성 반도체소자 및 부호화 음영을 부호화 전기신호로 변환시키기 위한 전하결합소자들의 어레이를 포함한다.

부호화 개구(4)는 균일반복 어레이 또는 다른 형태의 부호화 어레이를 기본으로 하고 있는 개구일 수 있으나, 후술하는 바와 같이 본 발명에 따라 구성되는 정방형의 비 대칭성 균일반복 어레이를 기본으로 하는 것이 바람직하다. 본 발명의 일 특정 실시예에 따르면, 상기 부호화 개구(4)는 균일반복 어레이 설계를 기본으로 하고 있다. 이러한 형태의 개구는 비교적 높은 투명성(약 50%)과 높은 신호대잡음비를 제공한다. 상기 부호화 개구(4)는 기본 부호화 어레이의 2 x 2 모자이크로 구성된다. 위치감지 검출기(10)에 대한 개구(4)의 배열은 도3에 도시되어 있다.

부호화 개구 이미징시스템의 시야는 위치감지 검출기(10)에 대한 부호화 개구(4)의 배열에 따라 결정된다. 일례로, 최대 시야는 위치감지 검출기로 부터의 이격거리가 가장 짧은 개구에 의해 달성된다. 본 발명의 특정 실시예의 경우, 상기 부호화 개구 이미징시스템은 트랙 시스템(도시 안됨)과 같이 부호화 개구와 위치감지 검출기간의 이격거리를 조정하는 수단을 포함하고, 이에 따라 부호화 개구 또는 위치감지 검출기는 트랙상에서 미끄럼 이동가능하게 되어 있다.

도2a에는 상기한 바와 같은 이격거리를 조정하기 위해 본 발명에 따라 구성된 일 실시예가 도시되어 있다. 이에 있어서는 스테퍼모터(15)와 리드 스크류(lead screw)(17)로 구성되는 선형 모터조립체(9)가 제공된다. 부호화 개구(4)는 스테퍼모터(15)에 의해 리드 스크류(17)이 회전함에 따라 위치감지 검출기(10)쪽으로 근접하는 또는 그로 부터 멀리 떨어지는 방향으로 이동할 수 있게 리드 스크류(17)에 연동가능하게 장착되고, 이에 따라 부호화 개구(4)와 위치감지 검출기(10)간의 이격거리 'd'를 조절할 수 있게 되어 있다. 다른 실시예로서, 부호화 개구(4)를 고정된 상태로 유지시키고, 대신 위치감지 검출기(10)를 리드 스크류(17)에 연동가능하게 장착시킬 수도 있다. 또한, 상술한 조정수단을 도1에 도시된 하우징

(2)의 내부에 구현시키는 것도 가능하다.

따라서, 이격거리의 조정에 따라 본 발명의 장치는 일례로 1.5배의 줌(zoom)특성을 가질 수 있다. 이러한 줌특성을 얻을 수 있도록 부호화 개구(4)와 위치감지 검출기(10)간의 이격거리는 요구되는 배율에 따라 소정량만큼 증가하게 되어 있다.

도3에 도시되어 있는 바와 같이, 부호화 개구(4)는 2사이클의 기본 부호화 어레이를 포함하고, 완전히 부호화된 시야를 최대화시킬 수 있도록 위치감지 검출기(10)의 단면적의 약 2배에 해당하는 크기를 가지고 있다. 상술한 바와 같이 상기 완전 부호화 시야는 부호화 개구(4)의 크기 및 부호화 개구(4)와 위치감지 검출기(10)간의 이격거리에 대해 함수관계를 갖는다. 시야는 몇도로 부터 약 45도까지의 범위로 되는 것이 바람직하다.

개구(4)는 고밀도 물질로 제조되고, 이에 따라 중량을 고려하여 개구의 크기 및 두께를 한정하는 것이 바람직하다. 부호화 개구의 불투명성 부분들에 요구되는 높은 불투명성때문에 두꺼운 개구를 사용해야 한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 부호화 개구 이미징시스템은 2 x 2 모자이크에 17 x 19의 기본 어레이 형태로 된 균일반복 어레이를 갖는 부호화 개구를 포함할 수 있다. 일례로, 상기 개구는 4인치 x 6인치 크기의 크기를 가지며 약 1cm 내지 1.5cm의 두께를 가질 수 있다. 상기한 개구는 1.3 Mev에서 약 0.5 내지 0.8의 개구 불투명성을 갖는다. 불투명성은 가능한 한 '1'에 근접되는 것이 바람직하다.

불투명 셀들 및 투명 셀들의 어레이로 구성되는 상기 부호화 개구는 발생원과 위치감지 검출기의 평면사이에 위치된다. 상기한 시야내에서 감마선을 방출하는 모든 물체요소들은 상기 검출평면, 즉 위치감지 검출기(10)상에 개구의 음영을 투영시킨다.

도4는 부호화 개구의 설계 및 위치감지 검출기(10)상에 형성된 부호화 음영을 도시하는 개략 사시도이다. 상기 부호화 개구는 위치감지 검출기(10)상에 다수의 영상 음영들을 형성시킨다. 위치감지 검출기(10)는 상기 다중 영상 음영들에 응답하여 광신호를 발생시키며, 이 부호화 광신호는 그 뒤에 부호화 전기신호로 변환되며, 이 부호화 전기신호가 해독되어 부호화 개구(4)에 수신된 초기 광선들을 나타내는 해독된 영상신호를 제공한다. 상술한 바와 같이 상기 개구(4)는 2사이클의 기본 부호화 어레이를 포함할 수 있고, 위치감지 검출기(10)는 개구크기의 약 1/2의 크기를 갖는다. 이러한 구성에 따라 완전히 부호화된 시야 전체에 걸쳐 균일한 감도를 제공하게 되는데, 그 이유는 완전히 부호화된 시야내의 작업영역의 투명성이 전체적으로 일정하기 때문이다.

도5에는 17 x 19의 기본 균일반복 어레이 부호화의 일례가 예시되어 있다. 도5에 도시된 개구의 어두운 부분들은 후속되는 도면에서도 마찬가지로 불투명 영역을 나타내고 밝은 부분은 투명 영역을 나타낸다. 도시된 부호화 개구는 고유적인 모호성을 회피하도록 행열이 하나씩 제거되어 있는 기본 부호화 어레이의 2 x 2 모자이크로 구성된다. 균일반복 어레이(URA)는 Fenimore 등이 개발한 것으로 본 명세서에 참고문헌으로서 인용되는 'Coded Aperture Imaging With Uniformly Redundant Arrays'란 명칭의 미국 특허 제 4,209,780 호 및 제 4,360,797 호에 기재되어 있다. 그러나, 상술한 바와 같이 Fenimore가 개발한 것외로 도5에 도시된 바와 같은 균일반복 어레이들은 이미징과정중에 정규 및 상보 개구들사이에서의 절환동작을 행하는 수단을 필수적으로 포함하고 있다. 이러한 절환동작은 정렬 부정확성을 야기시키고 또한 사람이 방사선에 노출되게 한다.

일반적으로, 균일반복 어레이는 수학적으로 순환 차분집합들에 근거하고 있다. 차수 v 의 순환 차분집합 $\Delta(v, \kappa, \lambda)$ 은 모든 유수 ρ 가 '0'이 아닌 경우(즉, $\rho \neq 0 \pmod{v}$) 다음의 상합, 즉

$$\delta_i - \delta_j = \rho \pmod{v}$$

가 순환 차분집합 Δ 에서 ' δ_i '와 ' δ_j '에 대해 λ 개의 해쌍(δ_i, δ_j)을 인정하게끔 된 κ 개의 유수와 모수 v 의 수열이다. 각 차분집합에 대해 길이 v 의 이진수(α_i)를 연상할 수 있다. 여기서, ' α_i '는 ' i '가 순환 차분집합 Δ 에 속하면 값 '1'을 취하고, 그외의 경우에는 '0'을 취하게 되어 있다. 이 집합들중 κ 개는 닫히고(즉, '0'), ' $v - \kappa$ '개는 개방된다(즉, '1'). 이러한 이진 수열의 자기상관함수는 완전히 평면적인 배경상에서의 단일 피크이다. 균일반복 어레이는 이러한 일차원 수열들을 자기상관함수가 동일 속성을 갖게 되어 있는 이차원 어레이들에 패킹(packaging)시킴으로써 발생된다. 여기서, 모든 균일반복 어레이들에 대해 '1'들의 발생들간의 이격(즉, 하나의 간격, 두개의 간격, 등등)이 일정 횟수 λ 만큼 발생하게 된다는 것을 인지해야 할 것이다.

아다마아르(Hadamard)집합은 소정의 정수 n 에 대한 변수 ' $v = 4n - 1$ ', ' $\kappa = 2n - 1$ ', ' $\lambda = n - 1$ '들에 의해 특징된다. 이 집합들의 명칭은 아다마아르 행렬들과의 관계로 부터 유도된다. 공지의 아다마아르 집합들은 차수 v 뿐만 아니라 그들의 구성방법에 따라 분류될 수 있다. 본 발명에서 사용하는 아다마아르 순환차분집합의 구성은 차수 v 의 4분 유수 B들에 근거한다. 만일 차수 v 가 숫수이면, 집합 B는 첫번째의 ' $(v - 1)/2$ '개의 정수들의 제곱의 유수(\pmod{v})에 의해 발생된다. ' i '가 4분 유수이면 원소 B_i 는 '1'이고, ' i '가 유수가 아니고 1 내지 v 와 동일하면 원소 B_i 는 '0'이 된다.

스큐(skew)-아다마아르 순환차분집합들은 비 대칭성이며 아다마아르 차분집합의 부분집합이고 소(prime) 차수 $v \equiv 3 \pmod{4}$ 의 부분집합이다. 이 집합들은 또한 상술한 바와 같이 4분 유수(\pmod{v})로 부터 발생할 수 있다.

스큐-아다마아르 균일반복 어레이들은 아다마아르 균일반복 어레이의 부분집합들이고 거의 비 대칭성이다. 모든 스큐-아다마아르 균일반복 어레이들은 순환 군 Δ 를 가지며, 이에 따라 스큐-아다마아르 순환차분집합들로 구성될 수 있다. 이러한 정의에 따르면 스큐-아다마아르 균일반복 어레이는 거의 50%의 투과성 또는 수율을 갖는다.

이와 같이, 본 발명의 특정 실시예의 경우, 부호화 개구는 정방형의 비대칭성 균일반복 어레이이고, 정방형의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구의 제조는 하기의 과정에 따라 이루어진다.

정방형의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구는 자기지지형으로 서로 연결된 투명셀들과 불투명셀들로 구성된다. 여기서, 투명셀들 및 불투명셀들의 물질조성은 투명셀의 경우 비 축점성 방사선을 투과시

킬 수 있고 불투명셀의 경우는 상기 방사선의 투과를 방지하게끔 적절히 선택된다. 본 발명의 부호화 개구는 상기 투명셀들과 불투명셀들의 위치에 따라 전체적인 마스크패턴을 나타낸다. 여기서, 전체 마스크패턴이란 '1' 또는 '0'의 특정 값들을 갖는 요소들을 갖는 것이라고 볼 수 있다. 상기 개구는 투명셀들에 대해 상기 값들중 하나를 할당하고 불투명셀들에 대해서는 나머지 값을 할당하여 구성된다.

전체 마스크패턴 자체는 후술하는 수학적인 관계에 근거한 원시 마스크패턴으로부터 발생된다. 표 1은 차수 19의 첫번째의 7개의 숫자 차수 스쿼-아다마아르 집합들과 그들의 4분 유수수열 B를 나타내고 있다. 상기한 요소 값들은 이러한 수열들로 부터 발생된다.

표 1

차 수 v	사 분 순서 B
3	001
7	1000110
11	00010010111
19	0100001100100111101
23	11001010000011110101100
31	1011100001001000110110111100010
43	011100000100011010110010010100111011111001

상기 수열들의 비 대칭 특성을 예시하기 위해서 표 1에 도시된 바와 같이 첫번째 유수가 수열의 중심에 위치될 때 까지 상기 4분 수열들에 대해 순환 자리보내기를 행한다. 다음의 관계에 따라 일차원의 스쿼-아다마아르 4분 유수 수열 B로부터 차수 v의 이차원 패턴인 원시 마스크패턴이 발생된다:

$$i = 0 \text{ 이면 } A_{ij} = 0$$

$$j = 0 \text{ 그리고 } i \neq 0 \text{ 이면 } A_{ij} = 1$$

$$B_i = B_j \text{ 이면 } A_{ij} = 1$$

$$\text{그외에는 } A_{ij} = 0$$

여기서, 'A'는 균일반복 어레이 부호화 함수를 나타낸다.

이러한 방식으로 발생된 원시 마스크패턴의 예로서, 도6은 차수 19의 원시 마스크패턴을 예시하고 있다. 이 원시마스크패턴은 부호화개구상의 흑색요소들과 백색요소들을 보여주고 있다. 여기서, 흑색요소는 부호화 개구의 불투명성을 나타내고 백색요소는 부호화 개구의 투명성을 각기 나타낸다. 도6에서 점선은 4분면의 경계들을 나타내는 것으로, 원시마스크패턴은 제 1 4분면(40), 제 2 4분면(42), 제 3 4분면(44), 그리고 제 4 4분면(46)을 갖는다. 도시된 바와 같이, 제 1 4분면(40)과 제 3 4분면(44)의 패턴들은 제 2 4분면(42)과 제 4 4분면(46)의 패턴들과 상보관계를 갖는다. 이에 따라, 원시 마스크패턴은 그의 중심요소 및 그 중심요소의 반복부분을 제외하고는 거의 비 대칭성을 갖는다. 상기 중심 요소의 반복부분은 4분면들 사이에 위치하는 요소들이다.

도7에는 원시마스크패턴의 또다른 예가 도시되어 있는데, 도7에 도시된 원시마스크패턴은 본 실시예의 경우 차수 31의 원시 마스크패턴이다. 도6에 도시한 패턴과 마찬가지로 이 패턴에서도 4분면사이에서 동일한 상보관계가 존재한다. 비록 도6과 도7이 예시의 목적으로 두개의 예를 도시하고 있으나 원시 마스크패턴의 차수는 스쿼-아다마아르 집합에 속하는 여하한 숫자가 될 수 있다는 점을 인지해야만 한다.

따라서, 일단 원시 마스크패턴이 발생된 상태에서 그러한 원시 마스크패턴을 상기의 원시 마스크패턴의 중심으로 부터 대각선방향으로 외측으로 반복되게 하여 본 발명의 전체 마스크패턴을 형성시킨다. 그 결과 얻어지는 전체 마스크패턴은 $(2v - 1) \times (2v - 1)$ 개의 요소들을 포함한다. 도8a 및 도8b는 전체 마스크패턴을 형성하기 위해 원시 마스크패턴을 반복시키는 과정을 예시하고 있다. 도8a는 상술한 바와 같이 번호가 매겨지는, 원시 마스크패턴에 관련된 4분면들을 도시하고 있다. 도8b는 반복과정에 의해 발생하는 전체 마스크패턴에 관련된 4분면들을 도시하고 있다. 도8b에 있어서 전체 마스크패턴의 중심에 위치하는 원시 마스크패턴의 윤곽은 그의 위치관계를 예시할 수 있게 진하게 표시되어 있다. 이와 같이 하여 도8b에는 반복과정에 근거한 대응 4분면들의 결과적인 위치들이 도시되어 있다. 도해를 간략하게 하기 위해, 중심요소의 4분면들간의 간격 및 그 중심요소의 반복부분들은 도8a 및 도8b에 도시하지 않았다. 도9 및 도10에는 상술한 방식으로 형성한 차수 19 및 차수 31의 전체 마스크패턴들이 각각 도시되어 있다.

이와 같이 본 발명의 정방형의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구는 전체 마스크패턴의 대응 요소들에 투명 셀들과 불투명 셀들을 할당함으로써 형성된다. 이러한 방식으로 형성되는 상기의 개구는 제 1 위치에서 제 1 마스크패턴을 갖고 상기 제 1 위치로부터 90도 회전 이격되어 있는 제 2의 위치에서 상기 제 1 마스크패턴에 대해 대체로 상보관계를 갖는 제 2 마스크패턴을 갖는 독특한 속성을 가지고 있다. 상기 제 1 및 제 2 마스크패턴들은 각기 정규 마스크패턴과 상보 마스크패턴으로 지칭된다.

본 발명에 따른 부호화 개구의 독특한 비 대칭성은 도11 및 도12에 예시되어 있다. 도11에는 정규 마스크패턴을 나타내는 제 1 위치에 있을 때의 정방형의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구가 도시되어 있고, 도12에는 도11에 도시된 개구가 90° 회전시 놀랍게도 개구가 상보 마스크패턴을 나타내고, 그결과 중심 셀을 제외한 모든 투명셀들이 모든 불투명 셀들과 위치교환을 하게 되는 것이 도시되어 있다. 상기 중심 셀은 부호화 개구가 정규 마스크패턴과 상보 마스크패턴중 어느 패턴을 나타내던지 간에 일관되게 유지된다. 차수 7의 부호화 개구는 상술한 정규의 속성을 단지 예시하기 위해 인용한 것이며, 실제로 본 발명에 따르면 모든 차수에서 상기한 바와 같은 독특한 비 대칭성을 갖는 부호화 개구가 형성될 수 있음

은 물론이다.

본 발명에 따라 형성된 정방형의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구는 약 4인치 x 6인치의 크기와 약 1cm 내지 1.5cm의 두께를 가질 수 있다. 또한, 상기 부호화 개구는 1.3 MeV에서 약 0.5 내지 0.8의 개구 불투명성을 가질 수 있다.

본 발명에 따라 형성된 정방형의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구를 부호화 개구 이미징시스템에 사용하는 경우를 살펴보면 본 발명의 이점을 보다 명확히 인지할 수 있다. 이를 위해, 특정 형태의 부호화 개구 이미징시스템을 도13에 도시하였다.

도13에는 정방형의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구(22)가 도시되어 있는데, 이 정방형의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구(22)는 회전형 개구보유 플랫폼(24)상에 장착된다. 상기 플랫폼(24)은 원주형의 외면을 갖는 원판형태로 되어 있다. 상기 회전형 개구유지 플랫폼(24)에 아주 근접한 위치에는 위치 부호기(26)이 위치되는데, 이 위치 부호기(26)는 플랫폼(24)의 각(angular) 위치를 부호화하여 위치 신호를 발생시킨다. 일 실시예의 경우, 상기 부호기(26)는 플랫폼의 원주상에 형성된 표시(도시 안됨)들을 광학적으로 판독하여 그 판독결과에 의해 플랫폼의 각 위치를 부호화시킨다. 다른 실시예의 경우, 상기 부호기(26)는 플랫폼에 기계적으로 결합되어 플랫폼의 각 위치를 부호화하는 사인/코사인 전위차계(도시 안됨)를 포함한다. 본 발명의 특정 실시예의 경우, 상기 위치 부호기(26)는 상기 회전형 개구유지 플랫폼(24)의 위치를 감지하여 대응하는 위치신호를 발생시키는 전자기계적인(일례로 자기적인) 스위치로 구성된다. 또한, 상기 위치신호를 발생시키는 데에는 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공지되어 있는 여하한 부호화 수단을 사용할 수 있다는 점을 인지해야 할 것이다.

상기 위치 부호기(26)에는 구동제어부(28)이 전기접속되어 있으며, 이 구동 제어부(28)은 또한 신호처리기(14)에도 전기접속되어 있다. 상기 구동제어부(28)는 상기 위치신호에 응답하여 동작하여 구동제어신호를 발생하게 되어 있다. 구동제어부(28)에는 스테퍼모터(30)이 전기접속되어 구동제어신호에 응답하게 되어 있다. 상기 스테퍼모터(30)는 플랫폼(24)을 회전시키기 위해 커플링수단(32)을 통해 회전구동력을 제공한다. 상기 커플링수단(32)은 스테퍼모터(30)와 플랫폼(24)사이에 배치되어 있다. 일 실시예의 경우, 상기 커플링수단(32)은 플랫폼의 원주상에 형성된 기어톱니에 맞물리는 스퍼기어를 포함한다. 다른 실시예의 경우, 커플링수단(32)은 플랫폼의 원주면과 접촉하는 원주면을 갖는 마찰휠을 포함한다. 본 발명의 특정 실시예의 경우, 상기 커플링수단(32)은 벨트(도시 안됨)와 풀리로 된 장치를 포함하고, 이에 따라 풀리의 회전이 플랫폼의 회전운동으로 변환되게 되어 있다. 스테퍼모터의 회전 구동력을 플랫폼에 전달하는 데에는 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공지되어 있는 여하한 커플링 수단을 사용할 수 있다는 점을 인지해야 할 것이다. 또한, 스테퍼 모터(30)와 커플링수단(32)의 기능들을 모두 스테퍼 장치에 의해 일체로 제공케 할 수도 있다. 상술한 본 발명의 특정 실시예의 경우, 회전수단은 플랫폼(24)을 회전시키고, 이에 따라 정방형의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구(22)를 제 1 위치로 부터 제 2 위치, 즉, 제 1 위치로 부터 90° 만큼 회전 이격된 위치로 이동시킨다. 상기 두 위치사이에서 개구를 회전시킬 때의 타이밍제어는 구동제어부(28) 또는 신호처리기(14)에 의해 이루어질 수 있다는 점을 인지해야 할 것이다.

또한, 도13에는 바람직하게 데카르트 형태의 위치감지 검출기(10)가 도시되어 있는데, 이 위치감지 검출기(10)는 부호화 개구(22)에 의해 감마선 또는 x선 발생원으로 부터 방출되는 비 축점성 방사선이 조절될 수 있게 상기 부호화 개구(22)에 대해 적절히 위치된다. 본 발명에 따르면 상기 부호화 개구(22)는 제 1 위치에 있고, 이에 따라 정규 마스크패턴을 나타낸다. 상기 비 축점성 방사선(20)은 소정의 특정 기간동안 상기 부호화 개구를 투과하게 된다. 이에 따라, 부호화 개구(22)는 제 1 부호화 음영을 발생시키고, 이 제 1 부호화 음영은 검출기(10)에 충돌하게 된다. 그 뒤에, 부호화 개구(22)는 회전수단에 의해 제 2 위치로 회전하고, 이에 따라 부호화 개구(22)는 상보 마스크패턴을 나타내게 된다. 그리하여 상기 비 축점성 방사선(20)은 다시 동일한 기간동안 부호화 개구(22)를 투과하게 된다. 이에 따라, 부호화 개구(22)는 제 2 부호화 음영을 발생시키고, 이 제 2 부호화 음영은 검출기(10)에 충돌하게 된다. 상기 검출기(10)는 제 1 및 제 2 부호화 음영에 응답하여 각각 제 1 및 제 2 부호화 광신호들을 발생시킨다.

위치감지 검출기(10)에는 광신호를 전기신호로 변환시키는 수단(34)이 전기접속되어 있는데, 이 변환수단(34)은 본 명세서에서 설명되고 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공지되어 있는 여하한 수단을 사용할 수 있을 것이다. 일 실시예의 경우, 상기 변환수단은 전하결합소자들의 어레이로 되어 있다. 이 변환수단(34)은 검출기(10)에 응답하여 동작한다. 즉, 변환수단(34)은 제 1 및 제 2 부호화 광신호들에 각기 응답하여 제 1 및 제 2 부호화 전기신호들을 발생시킨다. 신호처리기(14)는 변환수단(34)과 구동제어부(28)에 모두 전기접속되어 있다. 신호처리기(14)는 제 1 및 제 2 부호화 전기신호들과 구동제어부(28)을 거쳐 위치 부호기(26)으로 부터 인가되는 위치신호에 응답한다. 상기 신호처리기(14)는 상기 신호들을 처리하여 비 축점성 방사선의 상을 나타내는 영상신호를 발생시킨다. 신호처리기(14)에 의해 처리되는 이러한 영상 및 광자 속 레벨, 노출시간 및 측정조건들과 같은 기타 정보들은 표시부(16)상에 표시될 수 있을 것이다. 이와 같은 영상신호 및 기타 정보들은 신호처리기(14) 및/또는 표시부(16)에 전기접속된 데이터저장부(36)에 저장될 수 있을 것이다.

도13에 도시된 부호화 개구 이미징시스템은 또한 도2a에 도시된 조정수단과 유사하게 부호화 개구(22)와 위치감지 검출기(10)간의 이격거리를 조정하기 위한 수단을 포함할 수 있다는 것을 인지해야 할 것이다.

정방형의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구를 사용하는 상기 부호화 개구 이미징시스템에 의해 수행되는 이미징과정은 다음과 같이 이루어진다. 변환수단(34)에 의해 발생하는 제 1 및 제 2 부호화 전기신호들은 비 축점성 방사선 발생원의 분포와 정방형의 비 축점성 균일반복 어레이 부호화 개구에 관련된 부호화 함수의 상관관계로 표현된다. 그리하여, 부호화 개구가 제 1 위치에 있을 때(그리하여 정규 마스크패턴을 나타내게 될 때) 발생하는 제 1 부호화 전기신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다:

$$O_n = S * A_n + b_n$$

여기서, '*'는 상관 연산기, 's'는 분포 발생원 함수, 'b_n'은 부호화 개구의 정규 마스크패턴에 의해 조절됨이 없이 검출기에 모두 가해지는 배경소음, 'A_n'은 부호화 개구의 정규 마스크패턴과 관련된 정규 부호

화 함수를 나타낸다. 후속적으로 부호화 개구가 제 1 위치로 부터 제 2 위치로 90° 만큼 회전할 때(그리하여 상보 마스크패턴을 나타내게 될 때) 발생하는 제 2 부호화 전기신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다:

$$O_c = S * A_c + b_c$$

여기서, 'b_c'는 부호화 개구의 상보 마스크패턴에 의해 조절됨이 없이 검출기에 모두 가해지는 배경소음, 'A_c'는 부호화 개구의 상보 마스크패턴과 관련된 상보 부호화 함수를 나타낸다. 상기 신호들을 제산연산하면 다음과 같은 결과신호가 발생된다:

$$O_i = S * (A_n - A_c) + (b_n - b_c)$$

본 발명의 부호화 개구의 경우, 정규 부호화 함수인 'A_n'의 절대값은 상보 부호화 함수인 'A_c'와 거의 동일하게 되는데, 그 이유는 상기 두 함수가 중심 셀을 제외하고는 거의 비 대칭을 이루기 때문이다. 또한, 광자 속이 크면 'b_n'이 'b_c'과 대등하게 될 가능성이 아주 크다. 따라서, 결과적인 평균신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다:

$$\langle O_i \rangle = \langle S \rangle * (A_n - A_c) + \langle b_n - b_c \rangle$$

여기서, '⟨⟩'는 전체 평균을 나타낸다. 따라서, 제산된 배경소음의 평균은 대체로 '0'으로 되게 된다.

상기의 식을 참조하면 정방형의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구를 사용하는 부호화 개구 이미징 시스템의 이점을 명확히 알 수 있다. 이러한 이미징시스템은 본발명의 부호화 개구가 정방형의 기하학적 형상을 나타냄에도 불구하고 조절되지 않은 광자들과 계기 배경소음들의 유해효과를 효과적으로 제거시킨다는 점에서 기존의 모든 이미징시스템에 비해 이점을 제공한다.

또한, 본 발명의 부호화 개구의 비 대칭성에 의해 차분부호화 함수 'A_n - A_c'가 거의 유니모듈러(unimodular)적이 되고 다음의 법칙에 따라 표현된다:

$$i = j = 0 \quad \text{이면} \quad (A_n - A_c)_i = 0$$

$$(A_n)_{ij} = 1, \text{ 그리고 } i / j \neq 0 \text{ 이면 } (A_n - A_c)_i = 1$$

$$(A_n)_{ij} = 0, \text{ 그리고 } i / j \neq 0 \text{ 이면 } (A_n - A_c)_i = -1$$

비 초점성 방사선 발생원의 재구축 분포의 추정치는 다음과 같은 방식으로 표현된다:

^

$$\langle S \rangle = \langle O_i \rangle * G = \{ \langle S \rangle * (A_n - A_c) + \langle b_n - b_c \rangle \} * G$$

여기서, '^'는 그 아래 변수의 추정치를 나타내고, 'G'는 해독함수 및 'A_{ij}'의 유니모듈러적인 상관 역으로 다음과 같이 정의된다:

$$i = j = 0 \quad \text{이면} \quad G_{ij} = 1$$

$$A_{ij} = 1, \text{ 그리고 } i / j \neq 0 \text{ 이면 } G_{ij} = 1$$

$$A_{ij} = 0, \text{ 그리고 } i / j \neq 0 \text{ 이면 } G_{ij} = -1$$

해독함수 'G'는 해독된 발생원의 추정치가 무시할 정도의 인공물(artifact)을 포함하는 발생원과 동일하게 되게 선택된다. 이에 따라 부호화 함수 'A'와 해독함수 'G'간의 관계는 다음과 같이 나타낼 수 있다:

$$A * G = (v^2/2 - 1) \delta_k$$

여기서, 'δ_k'는 크로네커(Kronecker) 델타 함수이다.

따라서, 상기 시스템이 상술한 바와 같이 정규/상보 제산을 수행에 의한 배경억제방법을 사용하는 경우 이미징시스템의 평균배경소음레벨은 크게 감소하게 된다. 그러나, 바람직하게 정방형의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구가 구비된 부호화 개구 이미징시스템의 소음대잡음비는 정규 마스크패턴과 상보 마스크패턴간의 전체 노출시간이 동일하다는 전제하에서는 상기의 정규/상보 배경억제방법이 적용되는지의 여부에 관계없이 거의 변화하지 않게 된다.

이미 상술한 바와 같이, 정규/상보 개구 방법을 통해 배경소음과 조절되지 않은 광자들의 효과를 제거시키려한 종래의 이미징시스템들의 경우는 정규/상보 처리의 이점을 실현시키기 위해 개구들의 물리적인 절환을 필요로 하고 있었다. 이때문에 발생하는 시스템 휴지시간, 정렬 부정확성, 사람의 잠재적인 방사선 노출과 같은 단점들에 의해 시스템의 효과가 제한되게 되었다. 또한, 단일의 6각형 부호화 개구를 사용하여 정규/상보 처리를 가능하게 한 종래의 시스템의 경우에도 6각형 또는 원형의 기하학적형상을 갖는 위치감지 검출기들이 구비될 경우에만 효율적이라는 점에서 심한 제한이 있었다. 현재의 위치감지 검출기들이 대부분 데카르트 형태로 구성되어 있다는 점에서 본 발명의 부호화 개구는 대부분의 부호화 개구 이미징시스템들에 폭 넓게 사용할 수 있는 정규/상보 처리를 제공하는 단일 부호화 개구의 필요성을 실제로 만족시켜 주고 있다. 또한, 본발명의 부호화 개구의 정규/상보 특성 및 관련 이미징시스템에 의해 제공되는 정밀 회전능력에 따라 시스템 휴지시간, 정렬 부정확성 및 사람에 대한 위험성들을 배제시킬 수 있다. 그리하여, 본 발명의 정방형의 비 대칭성 균일반복 어레이 부호화 개구 및 그러한 신규의 개구를 이용하는 부호화 이미징시스템은 상술한 바와 같은 종래의 시스템들의 제한사항들을 모두 해소시키고 있다.

이하, 상기 부호화 개구 이미징시스템의 기타 요소들에 대해 설명한다. 본 발명의 위치감지 검출기(10)는 수정 신실레이터, 플라스틱섬유 신실레이터, 유리 신실레이터, 또는 유리섬유 신실레이터로 형성할 수 있을 것이다. 본 발명의 특정 실시예의 경우, 위치감지 검출기는 유리섬유 신실레이터로 구성된다. 본 발명의 이미징시스템에 사용할 수 있는 적당한 고밀도 유리섬유 신실레이터로는 본 명세서에 인용되고 Buchanan 등에게 허여된 'Terbium Activated Silicate Luminescent Classes For Use In Converting X-Ray Radiation Into Visible Radiation'이란 명칭의 미국 특허 제 5,122,671 호에 기재되어 있는 것을 들 수 있다.

상기 고밀도 유리섬유 신실레이터는 534 nm의 녹색 스펙트럼영역에서 광을 방출한다. 이 유리 신실레이터는 유리 섬광물질의 고체 덩어리형태 또는 다수의 유리섬유의 형태로 구성될 수 있다. 본 발명의 특정 실시예의 경우, 상기 유리 신실레이터는 다수의 섬유들로 구성되고, 그 유리섬유들은 섬유들간의 누화를 최소화시킬 수 있게 외측 흡수기피막을 포함한다. 섬광 유리섬유의 다발은 본 발명의 부호화 개구 이미징시스템의 위치감지 검출기를 형성한다.

상기 유리섬유 신실레이터는 종래에 사용된 공지의 수정 신실레이터들에 비해 가격이 저렴하고 훨씬 강건하다. 12 mm의 두께를 갖는 유리 신실레이터의 경우 광출력은 1.3 Mev 광자에 대해 초당 약 0.2 foot-Lambert/Roentgen이 된다. 본 발명의 특정 실시예의 경우, 각 섬광 유리섬유는 약 15 μm 의 섬유직경을 가지며, 유리섬유조립체는 약 2인치 내지 3인치의 직경을 갖는다. 유리섬유 신실레이터의 적당한 두께범위는 약 1.5 mm 내지 약 12 mm이다.

상기 유리섬유 신실레이터를 부호화 이미징시스템의 위치감지 검출기로서 사용하는 경우의 이점으로는 개선된 신호잡음비와, 개선된 공간 해상도 및 개선된 동적 범위를 들 수 있다. 특히, 신호대잡음비의 개선은 고에너지에서 유리 신실레이터가 가돌리늄 옥시설파이드 포스포(gadoliniumoxysulfide phosphor) 화면과 비교할 때 2의 인수에 근접하는 신호대잡음비를 나타내는 정도까지 이루어진다. 또한, 유리 신실레이터들은 x선 광자들의 이용을 보다 확대시킬 수 있게 x선 감쇄의 개선을 이루게 하였다. 공간해상도와 관련하여 상기의 유리섬유 신실레이터는 25 라인쌍/mm (lp/mm)의 공간해상도 또는 저 x선 에너지에서 보다 양호한 공간해상도를 나타낸다. 이와는 대조적으로 고 해상도 인(phosphor) 화면의 경우에는 유사한 환경에서 12 내지 14 lp/mm의 해상도를 나타낸다. 위치감지 검출기에 대한 폭 넓은 동적 범위능력을 달성케 하는 두 요인으로는 유리섬유 신실레이터로 형성된 위치감지 검출기의 신호 가능출력 증가 및 광분산 감소를 들 수 있다. 고 성능 전하결합소자를 사용하여 시스템을 테스트한 결과 3000 또는 그 이상의 동적 범위를 나타내었다. 이에 따라, x선 정밀검사에 적용할시 우수한 콘트라스트 감도가 얻어지게 된다.

도2에 도시된 특정 실시예의 경우, 부호화 개구 이미징시스템은 부호화 광신호를 전하결합소자 어레이로 전송하는 광 트레인(13) 또는 전송수단을 포함한다. 도2에 도시된 바와 같이, 상기 특정 실시예는 위치감지 검출기(10)와 전하결합소자 어레이(12)사이에 위치되는 영상 강화기(11)를 포함한다. 특히, 상기 위치감지 검출기(10)는 부호화 개구의 반대측에서 상기 부호화 광신호 전송수단(13)에 접속된 측부를 갖는다. 상기 전송수단의 반대쪽 단부는 부호화 광신호를 증폭 및 강화시키는 영상 강화기(11)에 접속되어 있다. 증폭된 부호화 광신호는 전하결합소자 어레이(12)에 입력되고, 이 전하결합소자 어레이(12)는 부호화 광신호에 응답하여 부호화 전기신호를 발생시킨다.

부호화 광신호의 광 트레인(13) 또는 전송수단은 광섬유 테이퍼 또는 광 릴레이의 어레이로 구성될 수 있을 것이다. 광섬유 테이퍼들은 종종 위치감지 검출기(10)와 영상강화기(11) 또는 전하결합소자 어레이(12)와 같이 다른 크기를 갖는 두개의 광 개구들을 인터페이스 또는 매칭시키는데 사용된다. 광섬유 테이퍼는 일단이 타단보다 큰 단면적을 갖게 테이퍼진 광 섬유이다. 다른 실시예로서 부호화 개구 이미징 시스템은 유리섬유 신실레이터의 출력면의 영상을 영상강화기 또는 전하결합소자 어레이(12)로 전송하기 위해 광 릴레이를 사용하고 있다. 광 섬유 테이퍼와 광 릴레이는 모두 특수 주문에 의해 입수할 수 있는 제품들이다. 일례로 적당한 광 섬유 테이퍼로는 Schott Fiber Optics, Inc.에서 제조한 특수 주문형 광 섬유를 들 수 있다.

상술한 바와 같이, 영상 강화기(11)는 부호화 광 신호를 증폭 및 강화시킨다. 전하결합소자 어레이(12)는 증폭된 부호화 광신호에 응답하여 부호화된 아날로그 전기신호를 발생시킨다. 상기 영상 강화기(11)는 Hamamatsu Photonics K.K.에서 모델번호 V33347U로 제조한 영상 강화기 튜브와 같이 다양한 시판 제품으로 구성할 수 있다. 다른 실시예로서, Hamamatsu Photonics K.K.에서 모델번호 S2461로 제조한 것과 같은 반도체 광다이오드 어레이를 사용하여 영상 강화기 기능을 얻을 수도 있다.

상기 부호화 개구 이미징시스템에 있어서, 전하결합소자 어레이(12)는 증폭된 부호화 광신호를 부호화된 다중 아날로그 전기신호로 변환시킨다. 이 부호화 아날로그 전기신호는 신호처리기/해독기에 의해 내부적으로 처리되거나 도1에 도시된 바와 같이 원격된 위치에서 처리될 수 있다. 따라서, 최소한 부호화 개구(4), 위치감지 검출기(10), 그리고 전하결합소자 어레이(12)를 포함하는 휴대 장치를 휴대가 가능한 보호케이스(2)에 내장시킬 수 있을 것이다. 전하결합소자 어레이(12)에 케이블(8)의 일단을 접속시키고, 그 케이블(8)의 타단을 원격된 영상처리기에 접속시키면 상기한 부호화 개구 이미징 시스템이 완성된다. 부호화 아날로그 전기신호는 케이블(8)을 통해 신호처리기로 전송되는데, 이 신호처리기는 부호화 아날로그 전기신호를 디지털 신호로 변환시키고, 포맷팅시키며, 해독하여 감마선 발생원의 영상을 나타내는 영상신호를 발생시킨다.

이미 상술한 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예의 경우는 상기 부호화 전기신호에 응답하는 반도체 광다이오드의 어레이를 포함하고 있다. 이 반도체 광다이오드 어레이는 부호화 광신호에 응답하여 부호화된 전기신호를 발생시킨다. 또한, 상기 광다이오드 어레이는 광신호를 전기신호로 변환시키기에 앞서 상기 광신호를 증폭시키는 영상 강화기의 기능을 수행한다. 따라서, 상기 이미징시스템은 전술한 시스템과 유사한 방식으로 동작한다.

상기 부호화 개구 이미징시스템의 최소 검출가능 조사량 또는 감도는 유리섬유 신실레이터, 영상 강화기, 전하결합소자 어레이 및 개구 설계에 대해 함수관계를 갖는다. 유리섬유 신실레이터의 개구 치수는 광섬유 테이퍼를 포함하는, 보편적으로 사용되는 광섬유들에 비해 작기 때문에, 상기 신실레이터에 의해 방출되는 광은 반사없이 광 섬유 테이퍼에 결합되게 된다. 만일 1.5 인치 직경의 영상 강화기 튜브를 사용

한 경우에는 약 2x의 배율을 갖는 광 섬유 테이퍼를 사용하여 유리섬유 신실레이터를 영상 강화기 튜브에 매칭시킬 수 있다. 80%의 광 전송율을 가정하면 2x 배율의 광섬유 테이퍼를 통한 전송율은 광섬유 테이퍼의 고도한 배율 및 전파손실에 의해 약 50%까지 감소하게 될 것이다. 따라서, 입력 인(phosphor)에 대해 0.04 A/W의 전형적인 전류 응답도, 10,000의 이득, 그리고 영상 강화기 튜브에 대한 P20의 출력 인(phosphor)을 가정하면 3인치 유리 섬유 신실레이터, 2x 광섬유 테이퍼, 그리고 1.5인치 영상 강화기 튜브를 포함하는 부호화 개구 이미징시스템의 응답도는 약 $1 \times 10^{-3} \text{ w-sec/cm}^2\text{-roentgen}$ 이 된다.

전하결합소자 어레이를 사용하는 본 발명의 특정 실시예의 경우, 그 전하결합소자 어레이를 2단 열전 냉각기를 사용하여 냉각시키면 그 전하결합소자 어레이의 소음등가 방사도를 감소시킬 수 있을 것이다. 전형적으로, 초당 16프레임의 속도로 동작하는 전하결합소자 어레이들의 경우는 약 $2.5 \times 10^{-9} \text{ w-cm}^{-2}$ 의 소음등가 방사도를 갖는다. 전하결합소자 어레이를 냉각시키면 소음등가 방사도가 $6.5 \times 10^{-12} \text{ w-cm}^{-2}$ 까지 감소된다. 영상 강화기 튜브와 전하결합소자 어레이간의 결합효율이 80%까지 얻어지는 경우에는 1.3 Mev 광자에 대한 부호화 개구 이미징시스템의 감도는 초당 16 프레임의 속도에서 약 $3 \mu\text{roentgen/sec}$ 또는 10 mr/hr 이 된다. 전하결합소자 어레이는 다양한 시판제품으로부터 구성할 수 있다. 본 발명에서 사용하기에 적합한 전하결합소자 어레이로는 Eastman Kodak Company에서 모델번호 KAI-0370으로 제조한 제품들을 들 수 있다.

또한, 다단 영상 강화기 튜브 또는 고 이득 실리콘 애벌런치(avalanche) 광 다이오드 어레이, 또는 감도를 1 내지 2배만큼 개선시킬 수 있는 다양한 광섬유 테이퍼 및 영상 강화기 튜브들을 사용한 멀티플렉싱을 이용하는 다양한 수단에 의해 부호화 개구 이미징시스템의 감도를 더욱 개선시킬 수도 있다. 주사 선형 애벌런치 광다이오드 어레이를 사용하면 프레임 및 적분시간을 증가시키면서 보다 양호한 감도를 얻을 수 있다.

부호화 전기신호를 해독하고 영상신호를 발생시키는데 사용되는 신호처리기(14)로는 디지털 신호처리기를 사용하는 것이 바람직하다. 이러한 신호처리기는 전하결합소자 어레이에 의해 발생되는 부호화된 다중 아날로그 전기신호를 디지털화시키며, 포맷팅시키며, 해독하여, 영상신호를 발생시킨다. 상기 신호처리기에 의해 수행되는 해독 알고리즘은 개구형상에 따라 결정된다. 본 발명의 특정 실시예의 경우, 상기 신호처리기는 방사선강화 디지털신호 처리모듈의 일부를 구성하는데, 이 방사선강화 디지털신호 처리모듈은 버스 모듈 유로파(Versa module Europa)크기(6U)를 갖고 양면에 리드가 형성된 칩 캐리어모듈상에 장착되는 완전한 디지털 신호처리기를 포함한다. 상기 방사선강화 디지털신호 처리모듈은 시스템 제어기로서 작용하면서 고속의 부동 및 고정점 계산논제들을 수행한다. 적당한 방사선강화 디지털 신호처리기로는 코어 디지털 신호처리기로서 Texax Instruments의 강화형 아다 신호처리기(Hardened Ada Signal Processor)(HASP) 칩을 사용한 것을 들 수 있다.

상기 방사선강화 디지털 신호처리기는 부트업(boot-up) 루틴용으로 4K가 비축되는 32K x 32의 재프로그램 가능한 EEPROM 메모리를 제공한다. 이 처리기는 또한 두개의 색선으로 분할되는 전체 384K x 32의 램(RAM)을 포함한다. 이 경우, 128K x 32의 제 1 색선은 '0'의 대기상태에 해당하며, 나머지 256K x 32의 색선은 '1'의 대기상태를 요구한다. 메모리들은 32-비트 일차버스를 거쳐 액세스가 가능하다. 처리기 모듈들의 각각에 제공된 확장버스상의 32-비트 와이드 듀얼 포트 메모리(wide dual port memory) '메일박스(mailbox)'를 통해 상기 처리기모듈들간의 통신수단이 제공된다. 마스터/슬레이브 프로토콜을 사용하여, 마스터는 메일박스의 완전 제어기능을 갖는다. 상기 마스터는 메시지를 하나의 슬레이브에 또는 모든 슬레이브에 동시에 전송할 수 있다. 슬레이브들은 그들의 메일박스들과만 판독, 기록 동작을 행하며, 언제 메일이 픽업되어야할 지를 마스터에 표시해 준다. 자기검사(self-test) 목적을 위해서는 바람직하게 광각(wraparound)능력이 부여되는데, 이 광각능력은 마스터가 송출 메시지를 감시하기 위해 사용한다. 모든 모듈 입/출력 신호들은 각 모듈이 여하한 악영향을 발생시킴이 없이 동작정지될 수 있게 버퍼링되게 된다.

상술한 바와 같이, 본 발명에 따라 구성된 부호화 개구 이미징시스템은 시스템 요건에 따라 다양한 시판 장치들을 사용하여 구성할 수 있다. 상기 부호화 개구 이미징시스템은 넓은 범위의 방사선장을 커버할 수 있는 요구되는 특정 목적을 위해 최적화될 수 있다. 일례로, 상기 범위는 환경과 같이 소량의 방사선을 이미징시키고 잔유물을 제거시키기 위한 범위이거나 작동범위의 최대값보다 훨씬 크게 될 다음의 사고 사태에 대한 동작범위일 수 있다. 또한, 본 발명의 부호화 개구 이미징시스템은 다음과 같은 이점을 제공한다. 즉, (1) 휴대성; (2) 넓은 시야; (3) 해상도의 손실없이 상세한 맵핑을 위한 중능력; (4) 고 감도 및 폭 넓은 동작 범위; (5) 실시간 동작; (6) 원격위치에서의 동작 및 영상 및 결과의 표시의 이점을 제공한다.

지금까지 본 발명의 실시예에 관해 설명하였으나, 본 발명은 이에 국한되지 않고 발명의 범위내에서 다양한 변경이 가능함은 물론이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

투명 셀들과 불투명 셀들을 포함하고, 제 1 값과 제 2 값을 포함하는 값들을 갖는 요소들을 가지고 있는 전체 마스크패턴을 나타내고, 상기 투명 셀들과 불투명 셀들은 상기 제 1 값과 제 2 값을 갖는 상기 요소들에 대응하는 위치들에 각기 할당되며, 상기 전체 마스크패턴은 중심을 가지고 있고 다음의 관계에 의해 정의되는 차수 v 의 원시 마스크패턴으로부터 발생되고,

$$i = 0 \text{ 이면} \quad A_{ij} = 0$$

$$j = 0 \text{ 그리고 } i \neq 0 \text{ 이면} \quad A_{ij} = 1$$

$$B_i = B_j \text{ 이면} \quad A_{ij} = 1$$

그외에는 $A_{ij} = 0$

여기서, 'A'는 균일반속 어레이 부호화 함수, 'B'는 스쿼-아다마아르 4분 유수수열,

그리고 상기 전체 마스크패턴은 원시 마스크패턴의 중심으로 부터 대각선방향을 따라 외측으로 상기 원시 마스크패턴을 반복시켜 전체적으로 $(2v - 1) \times (2v - 1)$ 개의 요소들을 포함케 구성되는 것을 특징으로 하는 비 촛점성 방사선 발생원을 이미징시키기 위한 정방형의 비 대칭성 균일반속 어레이 부호화 개구.

청구항 2

투명셀들과 불투명셀들을 포함하고, 제 1 위치 및 그 제 1 위치로부터 90°만큼 회전 이격된 제 2 위치에 위치가능하고, 상기 제 1 위치에서 정방형의 정규 마스크패턴을 나타내고 제 2 위치에서 정방형의 상보 마스크패턴을 나타내어, 거의 모든 불투명 셀들이 거의 모든 투명 셀들과 위치교환을 이루는 것을 특징으로 하는 비 촛점성 방사선 발생원을 이미징시키기 위한 정방형의 비 대칭성 균일반속 어레이 부호화 개구.

청구항 3

투명셀들과 불투명셀들을 포함하여 비 촛점성 방사선 발생원을 이미징시키기 위한 정방형의 비 대칭성 균일반속 어레이 부호화 개구를 제작하는 방법에 있어서,

중심을 가지고 있고 다음의 관계에 의해 정의되는 차수 v 의 원시 마스크패턴을 발생시키고,

$i = 0$ 이면 $A_{ij} = 0$

$j = 0$ 그리고 $i \neq 0$ 이면 $A_{ij} = 1$

$B_i = B_j$ 이면 $A_{ij} = 1$

그외에는 $A_{ij} = 0$

여기서, 'A'는 균일반복 어레이 부호화 함수, 'B'는 스쿼-아다마아르 4분 유수수열,

제 1 값과 제 2 값을 포함하는 값들을 갖는 요소들을 가지고 있고 상기 원시 마스크패턴의 중심으로 부터 대각선방향을 따라 외측으로 상기 원시 마스크패턴을 반복시켜 전체적으로 $(2v - 1) \times (2v - 1)$ 개의 요소들을 포함케 구성되는 전체 마스크패턴을 발생시키고,

상기 투명 셀들과 불투명 셀들을 상기 제 1 값과 제 2 값을 갖는 상기 요소들에 대응하는 위치들에 각기 할당시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 정방형의 비 대칭성 균일반속 어레이 부호화 개구의 제작 방법.

청구항 4

투명셀들과 불투명셀들을 포함하고, 제 1 위치 및 그 제 1 위치로부터 90°만큼 회전 이격된 제 2 위치에 위치가능하고, 상기 제 1 위치에서 정방형의 정규 마스크패턴을 나타내고 제 2 위치에서 정방형의 상보 마스크패턴을 나타내어, 거의 모든 불투명 셀들이 거의 모든 투명 셀들과 위치교환을 이루게 되어 있는 부호화 개구와,

상기 상기 부호화 개구를 제 1 위치와 제 2 위치사이에서 회전시켜, 상기 부호화 개구가 상기 제 1 및 제 2 위치에서 모두 비촛점성 방사선 발생원으로 부터 방출되는 비 촛점성 방사선을 수신케 하여 제 1 위치에서는 수신된 방사선에 응답하여 제 1 부호화 음영을 발생시키게 하고 제 2 위치에서는 수신된 방사선에 응답하여 제 2 부호화 음영을 발생케 하는 부호화 개구 회전수단과,

상기 제 1 및 제 2 부호화 음영들이 순차적으로 총돌릴 수 있게 상기 부호화 개구에 대해 적절히 위치되고 그 총돌된 제 1 및 제 2 부호화 음영들에 각각 응답하여 제 1 및 제 2 부호화 광신호들을 발생시키는 위치감지 검출기와,

광신호를 전기신호로 변환시키도록 작용하고, 상기 제 1 및 제 2 부호화 광신호들에 각각 응답하여 제 1 및 제 2 부호화 전기신호들을 발생시키는 변환수단과,

상기 제 1 및 제 2 부호화 전기신호들에 각각 응답하여 그 부호화 전기신호들을 해독하고, 그에 의해 비 촛점성 방사선 발생원의 영상을 나타내는 영상신호를 발생시키는 신호처리기를 포함하는 것을 특징으로 하는 비촛점성 방사선 발생원을 이미징시키기 위한 부호화 개구 이미징시스템.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 회전수단은

최소한 제 1 위치 그리고 최소한 제 2 위치에 위치가능하고 상부에 상기 부호화 개구가 장착되어 있는 개구 유지 플랫폼과,

상기 플랫폼에 연동하고, 상기 플랫폼의 회전 위치에 응답하여 상기 플랫폼이 상기 최소한 제 1 위치 또는 상기 최소한 제 2 위치에 있는지의 여부를 나타내는 위치신호를 발생시키는 위치 부호기와,

상기 위치 부호기에 전기접속되어 있고, 상기 위치신호에 응답하여 구동제어신호를 발생시키는 구동제어부와,

상기 구동제어부에 전기접속되어 있고 상기 플랫폼에 기계적으로 결합되어 있으며, 상기 구동제어신호에 응답하여 상기 플랫폼을 상기 최소한 제 1 위치와 상기 최소한 제 2 위치사이에서 회전시키는 스테퍼부를

포함하는 스테퍼부를 포함하는 것을 특징으로 하는 비촉점성 방사선 발생원을 이미징시키기 위한 부호화 개구 이미징시스템.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 위치 부호기는 상기 신호처리기에 전기접속되어 있고, 상기 신호처리기는 상기 위치 부호기의 위치신호에 응답하고, 그 위치신호, 상기 제 1 부호화 전기신호 및 제 2 부호화 전기신호를 처리하여 영상신호를 발생시키는 것을 특징으로 하는 비촉점성 방사선 발생원을 이미징시키기 위한 부호화 개구 이미징시스템.

청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 신호처리기에 전기접속되어 있고, 상기 이미징시스템의 시야내의 소정 영역에 대한 가시 표시부를 포함하고 그 가시표시부상에 영상신호에 응답하는 상기 비 촉점성 방사선 발생원의 대표적인 영상이 중첩되게 구성되는 표시부를 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 비촉점성 방사선 발생원을 이미징시키기 위한 부호화 개구 이미징시스템.

청구항 8

제 4 항에 있어서,

상기 신호처리기에 전기적으로 접속되어 상기 신호처리기로 부터 발생하는 데이터 신호를 저장하는 데이터저장부를 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 비촉점성 방사선 발생원을 이미징시키기 위한 부호화 개구 이미징시스템.

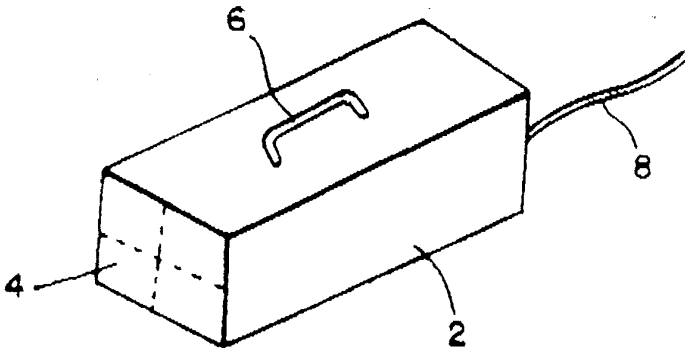
청구항 9

제 4 항에 있어서,

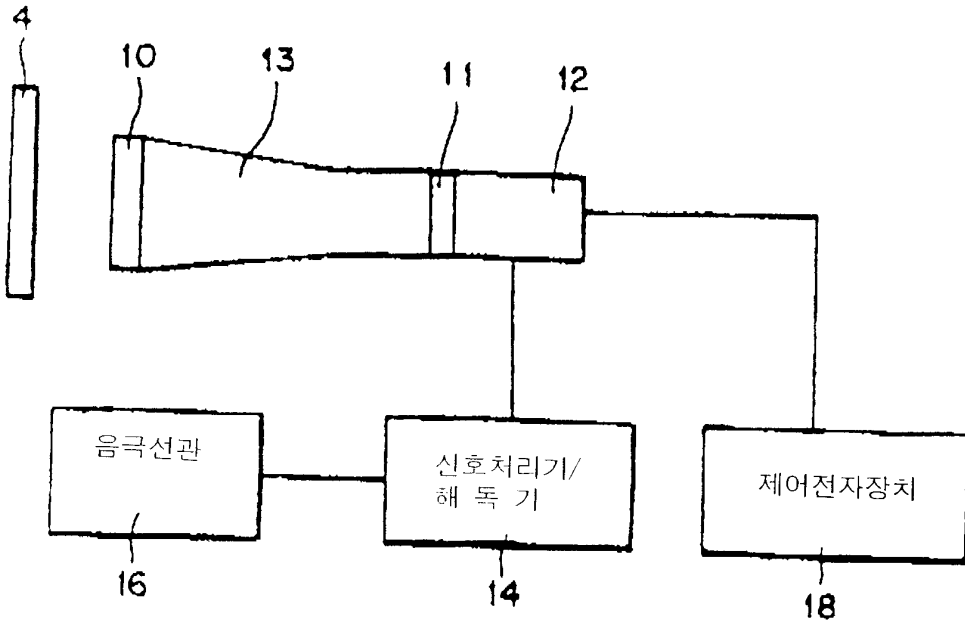
상기 부호화 개구와 상기 위치감지 검출기들중 최소한 하나에 연동하여 그 부호화개구와 위치감지 검출기들중 최소한 하나를 다른 하나에 대해 상대이동시켜 그 부호화 개구와 위치감지 검출기간의 이격거리를 조정하게 되어 있는 조정수단을 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 비촉점성 방사선 발생원을 이미징시키기 위한 부호화 개구 이미징시스템.

도면

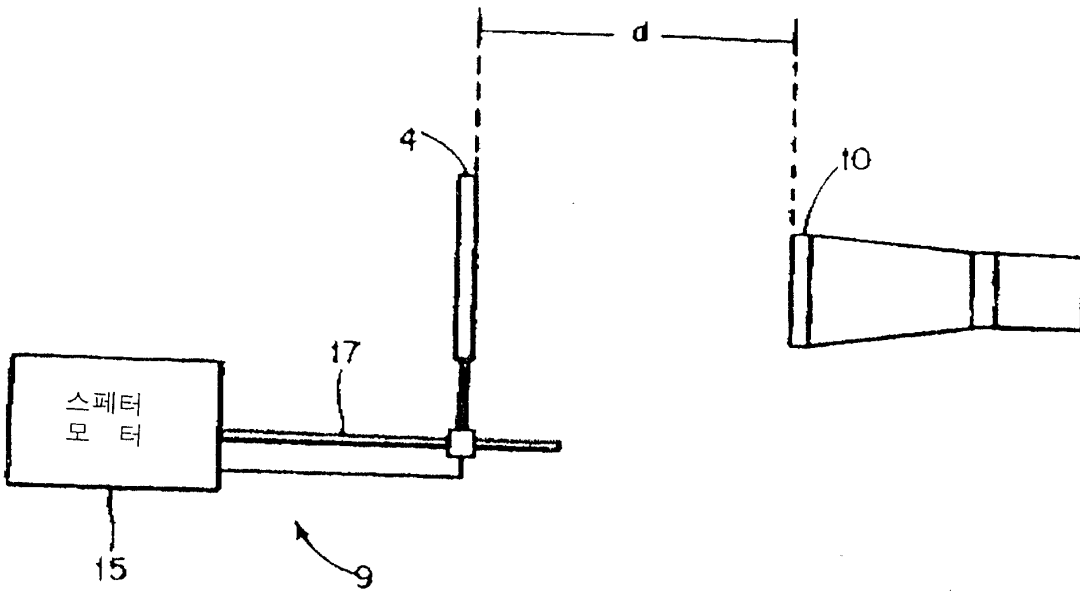
도면1



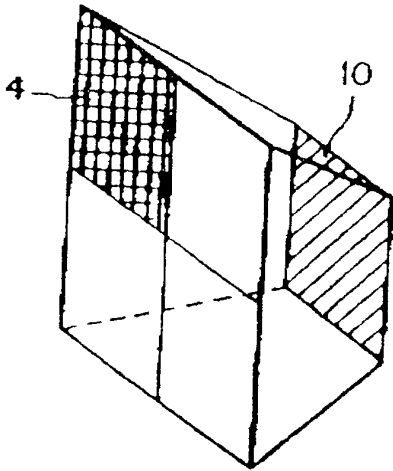
도면2



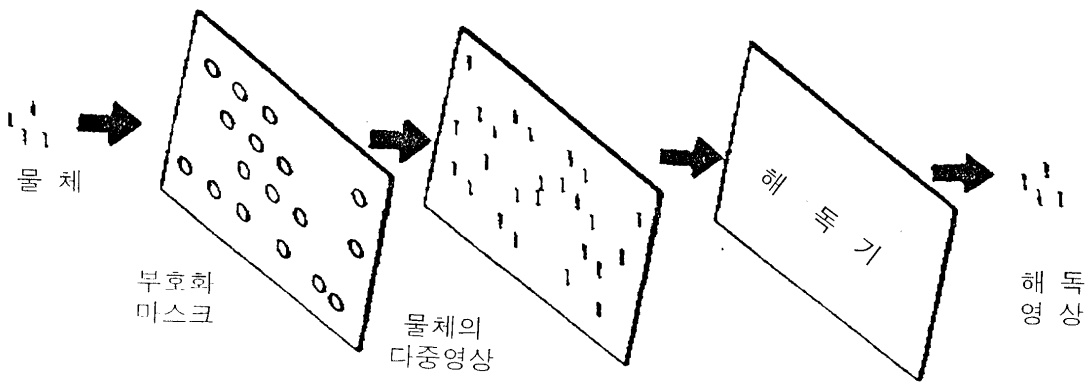
도면2A



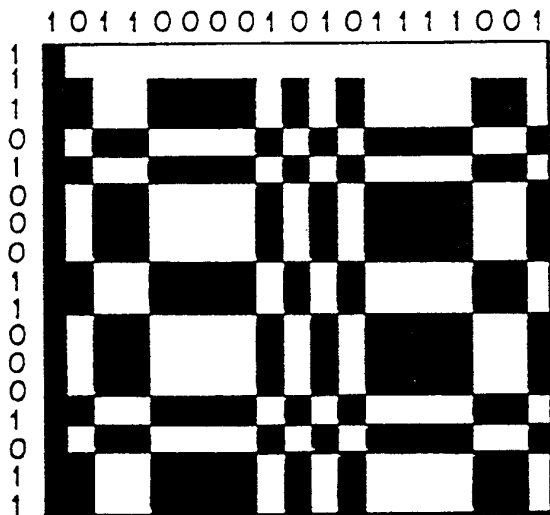
도면3



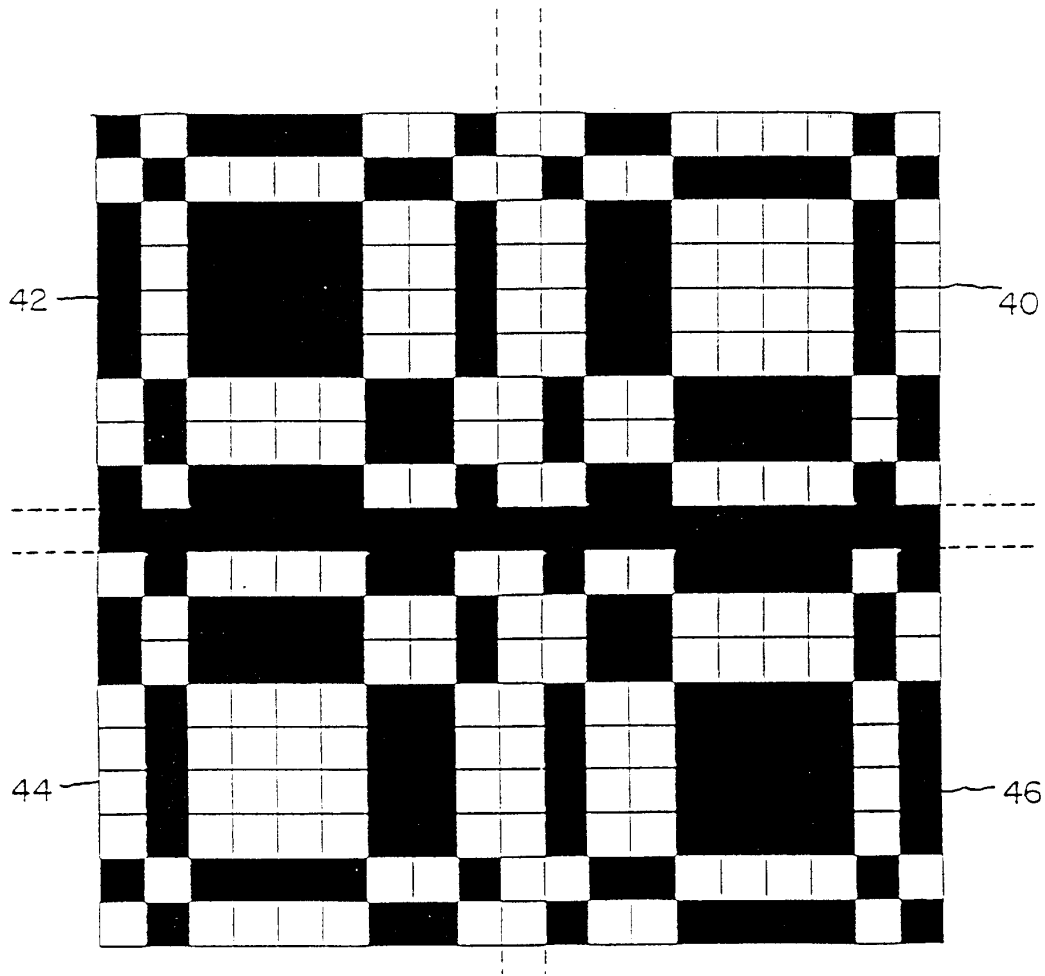
도면4



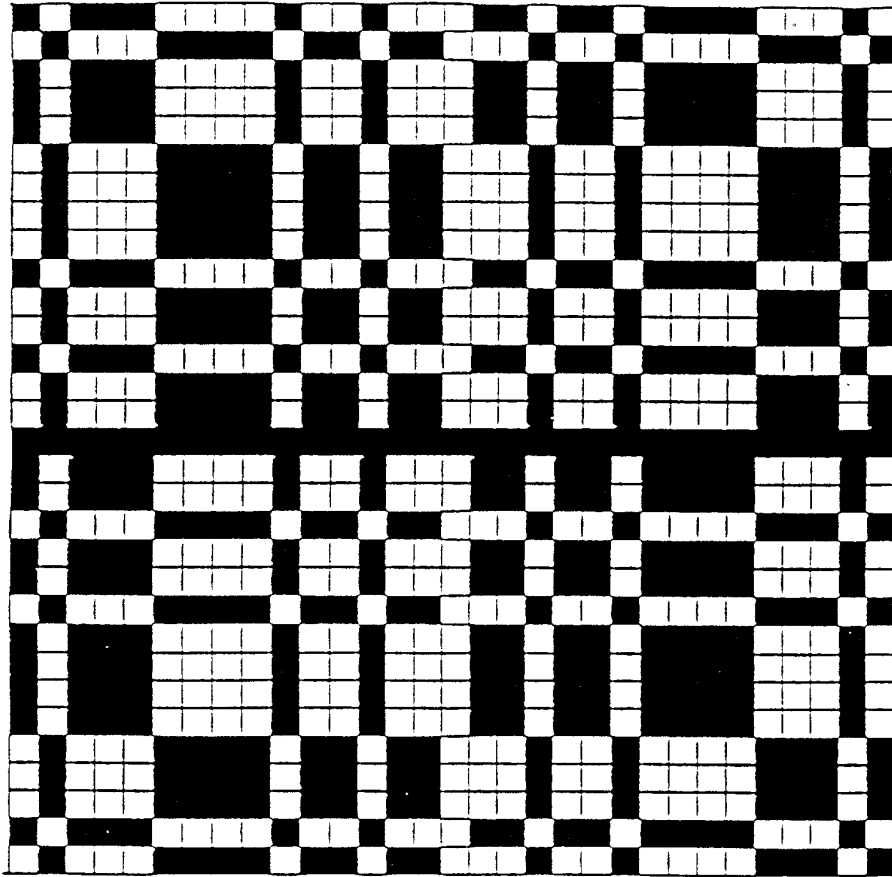
도면5



도면6



도면7



도면8

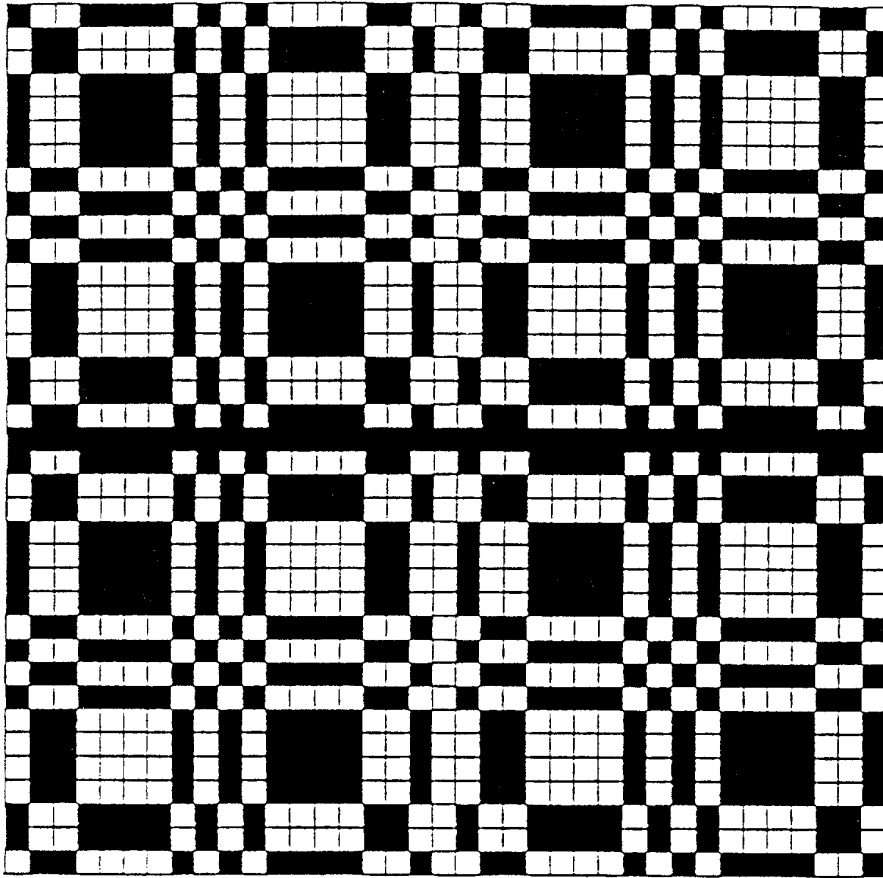
A

2	1
3	4

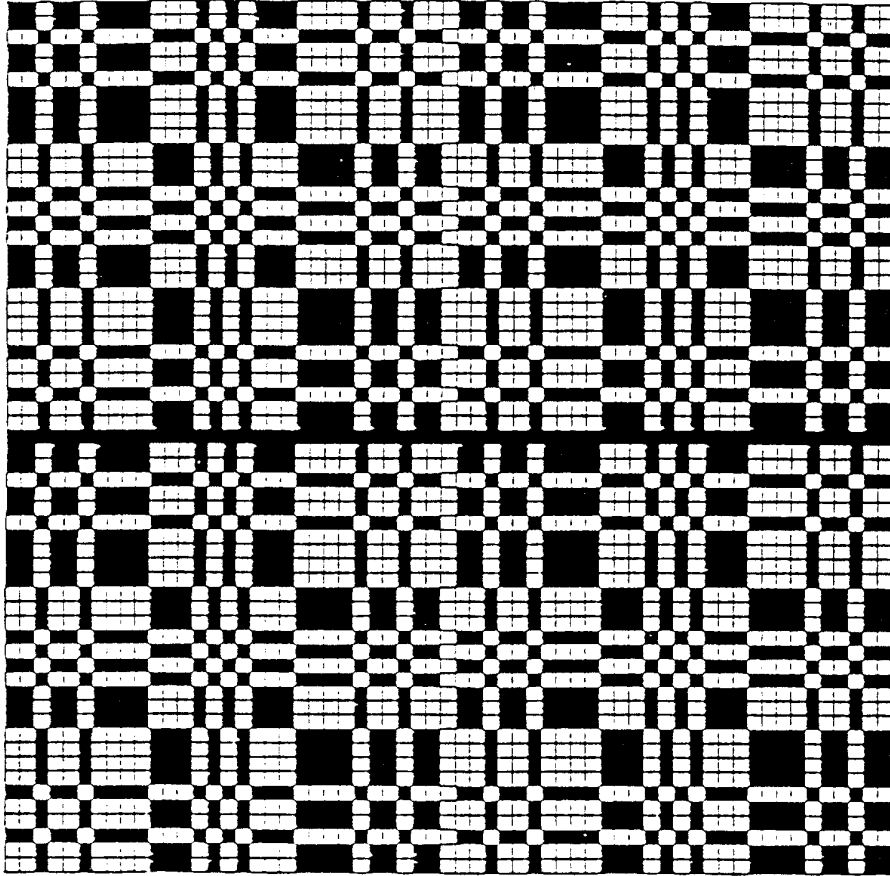
B

4	3	4	3
1	2	1	2
4	3	4	3
1	2	1	2

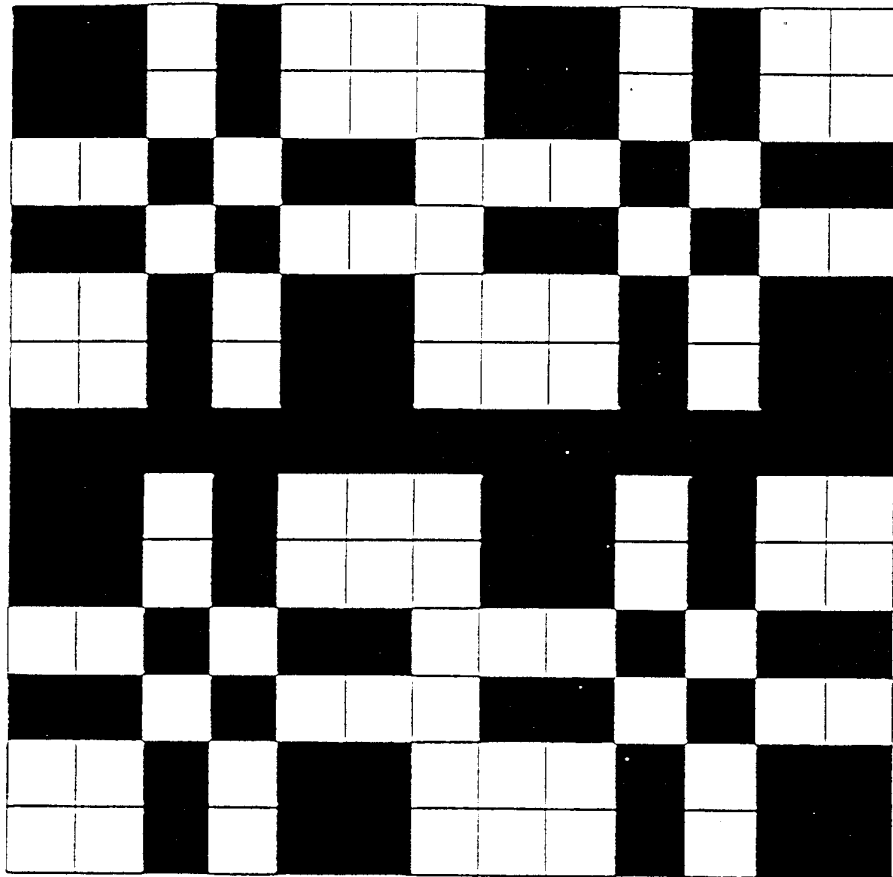
도면9



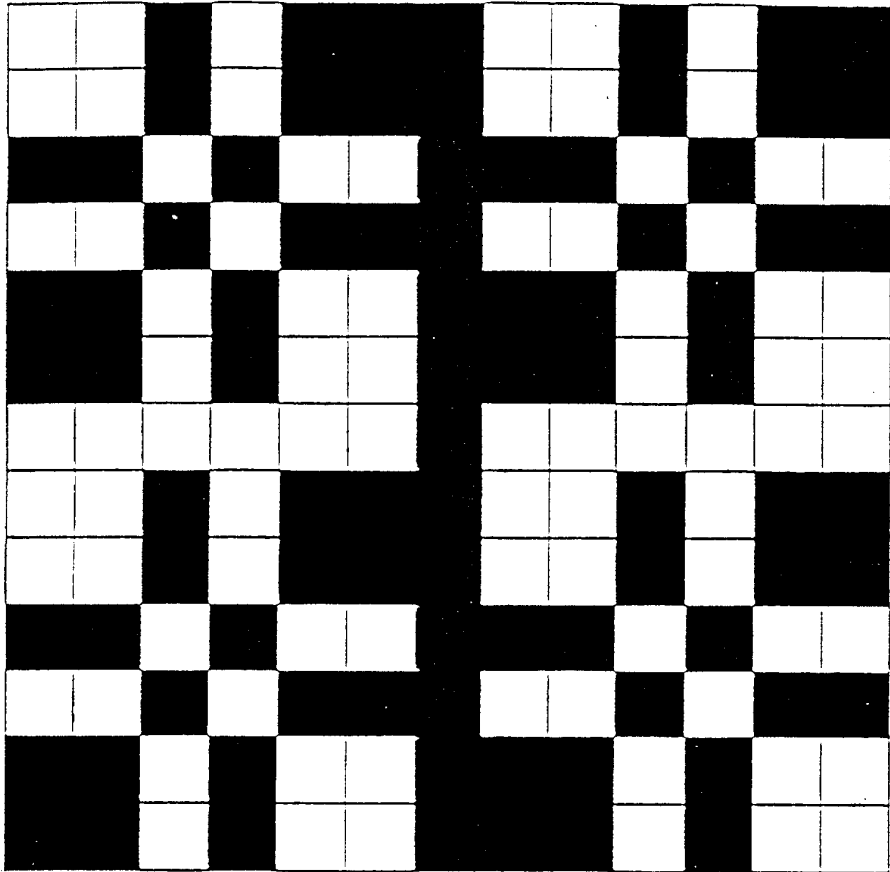
도면 10



도면11



도면 12



도면 13

