

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2020-0090502
(43) 공개일자 2020년07월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 6/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61B 6/4208 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0007605

(22) 출원일자 2019년01월21일

심사청구일자 2019년01월21일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

정지웅

서울특별시 영등포구 국제금융로7길 27, 1동 204호 (여의도동, 삼부아파트)

최용

서울특별시 송파구 올림픽로 135, 245동 1701호 (잠실동, 리센즈)

박건태

경기도 군포시 산본로 299, 209동 714호 (금정동, 주공2단지)

(74) 대리인

특허법인엠에이피에스

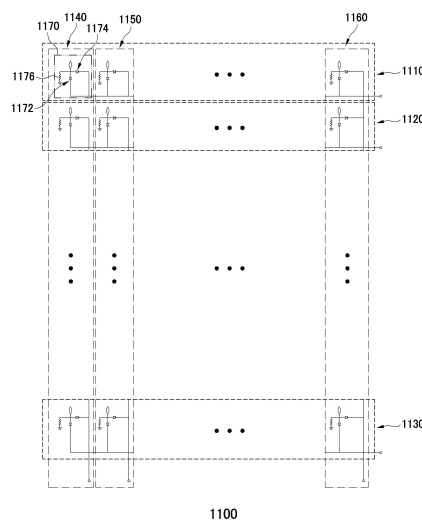
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 반도체 수동소자 기반의 멀티플렉싱 신호 처리 장치

(57) 요약

본 발명은 수동 소자 기반의 멀티플렉싱 신호 처리 장치에 대한 것으로, 복수의 입력 신호를 각각 처리하는 복수의 신호 변환부가 N개(N은 자연수)의 행 및 M개(M은 자연수)의 열로 이루어진 행렬 배열에 따라 배치되어, N개의 행단위 출력단자에 각각 접속되는 N 개의 신호 변환부 블록 및 M개의 열단위 출력단자에 각각 접속되는 M개의 신호 변환부 블록을 포함한다. 신호 변환부는 입력 신호를 수신하는 입력 신호 노드에 입력단자가 접속된 제 1 다이오드; 상기 입력 신호 노드에 입력단자가 접속된 제 2 다이오드; 및 상기 입력 신호 노드에 접속된 접지 저항;을 각각 포함하는 것이고, 동일 행에 배치된 각 신호 변환부의 제 1 다이오드의 출력단자는 각각 상기 행단위 출력단자에 접속되고, 동일 열에 배치된 각 신호 변환부의 제 2 다이오드의 출력단자는 각각 상기 열단위 출력단자에 접속된 것이다.

대표도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345286119

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 이공학학술연구기반구축(R&D)

연구과제명 저가·고성능 핵의학영상기기를 위한 양극성 신호를 이용한 신개념 아날로그프론트 엔드회로(AFE) 및 FPGA 기반 TDC 개발

기 여 율 4/10

주관기관 서강대학교

연구기간 2018.09.01 ~ 2019.06.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711070056

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)

연구과제명 무기섬광결정 기반 감마선 영상 센서의 기능 향상을 위한 핵심기술 개발

기 여 율 3/10

주관기관 서강대학교

연구기간 2018.03.01 ~ 2019.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415159880

부처명 중소벤처기업부

연구관리전문기관 중소기업기술정보진흥원

연구사업명 산업전문인력역량강화(R&D)

연구과제명 융복합 바이오헬스케어 고급인력양성 컨소시엄

기 여 율 3/10

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2018.03.01 ~ 2019.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

수동 소자 기반의 멀티플렉싱 신호 처리 장치에 있어서,

복수의 입력 신호를 각각 처리하는 복수의 신호 변환부가 N 개(N 은 자연수)의 행 및 M 개(M 은 자연수)의 열로 이루어진 행렬 배열에 따라 배치되어, N 개의 행단위 출력단자에 각각 접속되는 N 개의 신호 변환부 블록 및 M 개의 열단위 출력단자에 각각 접속되는 M 개의 신호 변환부 블록을 포함하는 것으로,

상기 신호 변환부는

입력 신호를 수신하는 입력 신호 노드에 입력단자가 접속된 제 1 다이오드;

상기 입력 신호 노드에 입력단자가 접속된 제 2 다이오드; 및

상기 입력 신호 노드에 접속된 접지 저항; 을 각각 포함하는 것이고,

동일 행에 배치된 각 신호 변환부의 제 1 다이오드의 출력단자는 각각 상기 행단위 출력단자에 접속되고,

동일 열에 배치된 각 신호 변환부의 제 2 다이오드의 출력단자는 각각 상기 열단위 출력단자에 접속된 것인 멀티플렉싱 신호 처리 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

방사선을 섬광신호로 변환하는 섬광체 유닛에서 출력된 섬광신호를 전기신호로 변환하는 복수의 광센서를 더 포함하고,

상기 각 신호 변환부의 입력 신호 노드는 상기 광센서의 출력단과 각각 접속되어, 광센서의 출력신호를 상기 입력 신호로 수신하는 것인 멀티플렉싱 신호 처리 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 신호 변환부가 출력한 각각의 출력 신호에 기초하여, 각 출력 신호가 출력된 광센서의 위치 정보를 식별하는 신호 처리부를 더 포함하는 멀티플렉싱 신호 처리 장치.

청구항 4

방사선 신호 처리 장치에 있어서,

방사선을 섬광신호로 변환하는 섬광체 유닛에서 출력된 섬광신호를 전기신호로 변환하는 복수의 광 센서 및

상기 광 센서의 출력 신호를 각각 처리하는 복수의 신호 변환부를 포함하되,

상기 복수의 신호 변환부는 N 개(N 은 자연수)의 행 및 M 개(M 은 자연수)의 열로 이루어진 행렬 배열에 따라 배치되어, N 개의 행단위 출력단자에 각각 접속되는 N 개의 신호 변환부 블록 및 M 개의 열단위 출력단자에 각각 접속되는 M 개의 신호 변환부 블록을 포함하는 것으로,

상기 신호 변환부는

상기 광 센서의 출력 신호를 수신하는 입력 신호 노드에 입력단자가 접속된 제 1 다이오드;

상기 입력 신호 노드에 입력단자가 접속된 제 2 다이오드; 및

상기 입력 신호 노드에 접속된 접지 저항; 을 각각 포함하는 것이고,

동일 행에 배치된 각 신호 변환부의 제 1 다이오드의 출력단자는 각각 상기 행단위 출력단자에 접속되고,

동일 열에 배치된 각 신호 변환부의 제 2 다이오드의 출력단자는 각각 상기 열단위 출력단자에 접속된 것인 방사선 신호 처리 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 신호 변환부가 출력한 각각의 출력 신호에 기초하여, 각 출력 신호가 출력된 광센서의 위치 정보를 식별하는 신호 처리부를 더 포함하는 방사선 신호 처리 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 방사선 영상 처리 장치등에 활용될 수 있는 반도체 수동소자 기반의 멀티플렉싱 신호 처리 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근들어 널리 활용되고 있는, 방사선 의료영상기기의 경우 방사선을 광신호로 변환하고, 광신호를 검출하여 대상체에 대한 영상신호를 획득한다. 이때, 정확한 해부학적/생리학적인 영상 정보를 제공하기 위해 다채널로 구성된 픽셀형 검출기를 사용한다. 예를 들어, 양전자방출단층촬영 장치(Positron Emission Tomography: 이하, ‘PET’ 라 함)나 감마카메라(Gamma camera)와 같은 방사선 영상기기들은 민감도 향상을 위하여 단위면적당 채널 수가 많은 픽셀형 광센서를 이용하고 있다. 이러한 채널의 증가로 인하여, 데이터를 획득하고 처리함에 있어 신호처리 부담이 가중되고 있는 상태이다.

[0003] 예를 들어, 양전자방출단층촬영 장치(Positron Emission Tomography: 이하, ‘PET’ 라 함)는 생물학적 신진 대사 과정을 촬영하여 대사의 이상 유무를 진단하는 장치이다. PET는 γ -선을 검출하도록 링이나 다각형으로 배치된 여러 개의 섬광 체(scintillator), 광 검출기 및 신호처리부를 포함하여 구성된다.

[0004] 특히, 광 검출기는 사각 기둥 형상의 섬광체를 1단 또는 다단으로 적층한 구조로 이루어진 것을 많이 사용하고 있으며, 섬광체의 하단에는 검출된 신호를 처리하는 광전소자 및 기타 신호처리기를 포함하여 이루어진다.

[0005] 이러한 PET 장치의 광검출기의 신호처리기에 대하여 종래에는 저항분배회로(resistive change division multiplexing)를 이용하거나, 커패시터 전하분배회로 (Capacitive change division multiplexing)를 이용하여 멀티플렉싱 신호 처리를 수행하였다.

[0006] 현재 많이 사용되는 멀티플렉싱 회로는 입력된 신호 위치에 따라 분할된 전류의 비율에 수식을 사용하여 검출한 위치를 판별하는 방식인 이산 위치 회로(discretized positioning circuit, DPC)와 입력된 신호에 따라 행과 열의 출력 신호 크기 차이를 비교하여 검출 위치를 판별하는 방식인 대칭 전하 분할 회로(symetric charge division circuit, SCD)가 주로 사용되며, 저항 또는 커패시터 등과 같은 수동소자를 사용한다.

[0007] 수동 소자의 배열로 구성되는 DPC와 SCD는 회로의 크기가 작고 회로가 간단하여 가격이 저렴한 장점이 있으나 전류의 이동경로에 따른 누설 전류가 발생하고 수동소자를 통과할 때 전류가 감소하여 출력 신호의 선형성이 감소되는 단점을 가지고 있다. 저항 또는 커패시터를 다이오드로 대체한 SCD 방식의 멀티플렉싱 회로가 최근 개발되어 소자를 통과할 때 감소되는 전류량을 줄여 출력 신호의 선형성 저하를 개선할 수 있는 회로방법이 개발되었으나 누설 전류 발생, 에너지분해능 저하의 단점이 여전히 존재하고 있다.

[0008] 도 1은 통상적으로 사용되는 멀티플렉싱 신호처리 회로를 도시한 것이다.

[0009] (a) 에 도시된 저항분배회로에 기반한 멀티플렉싱 처리 장치(DPC)는 복수의 저항 소자가 행렬형으로 연결된 상태이다. 저항분배회로에 기반한 DPC는 $N \times N$ 의 입력 수를 4개의 출력 수로 줄여 채널 감소 비율이 높은 큰 장점을 가진다. 그러나 이러한 DPC회로는 채널이 많아질수록 신호대잡음비가 감소하고 영상 유효시야 가장자리 부분에서 선형성이 떨어지는 단점이 있다.

[0010] (b)에 도시된 커패시터 전하분배회로에 기반한 멀티플렉싱 처리 장치(SCD)는 각 광센서에 결합된 복수의 커패시터를 포함한다. SCD는 $N \times N$ 의 입력 수를 $2N$ 개의 출력 수로 감소시켜 채널 감소 비율이 높지는 않으나, DPC에 비해 선형성이 높은 장점이 있다. 그러나 행과 열로 나뉘는 채널 간의 누설 전류가 생겨 신호대잡음비가 감소하

는 단점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) 대한민국등록특허 제 10-1815290호(발명의 명칭: 양극성 펄스를 이용한 멀티플렉싱 신호 처리 방법)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본원은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 누설 전류를 최소화할 수 있는 멀티플렉싱 신호 처리 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0013] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상기한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본원의 일측면에 따른 수동 소자 기반의 멀티플렉싱 신호 처리 장치는 복수의 입력 신호를 각각 처리하는 복수의 신호 변환부가 N 개(N 은 자연수)의 행 및 M 개(M 은 자연수)의 열로 이루어진 행렬 배열에 따라 배치되어, N 개의 행단위 출력단자에 각각 접속되는 N 개의 신호 변환부 블록 및 M 개의 열단위 출력단자에 각각 접속되는 M 개의 신호 변환부 블록을 포함하는 것이다. 이때, 신호 변환부는 입력 신호를 수신하는 입력 신호 노드에 입력단이 접속된 제 1 다이오드; 상기 입력 신호 노드에 입력단이 접속된 제 2 다이오드; 및 상기 입력 신호 노드에 접속된 접지 저항; 을 각각 포함하는 것이고, 동일 행에 배치된 각 신호 변환부의 제 1 다이오드의 출력단은 각각 상기 행단위 출력단에 접속되고, 동일 열에 배치된 각 신호 변환부의 제 2 다이오드의 출력단은 각각 상기 열단위 출력단에 접속된 것이다.
- [0015] 본원 다른 측면에 따른 방사선 신호 처리 장치는 방사선을 섬광신호로 변환하는 섬광체 유닛에서 출력된 섬광신호를 전기신호로 변환하는 복수의 광 센서 및 상기 광 센서의 출력 신호를 각각 처리하는 복수의 신호 변환부를 포함한다. 이때, 신호 변환부는 N 개(N 은 자연수)의 행 및 M 개(M 은 자연수)의 열로 이루어진 행렬 배열에 따라 배치되어, N 개의 행단위 출력단자에 각각 접속되는 N 개의 신호 변환부 블록 및 M 개의 열단위 출력단자에 각각 접속되는 M 개의 신호 변환부 블록을 포함하고, 신호 변환부는 상기 광 센서의 출력 신호를 수신하는 입력 신호 노드에 입력단이 접속된 제 1 다이오드; 상기 입력 신호 노드에 입력단이 접속된 제 2 다이오드; 및 상기 입력 신호 노드에 접속된 접지 저항; 을 각각 포함하며, 동일 행에 배치된 각 신호 변환부의 제 1 다이오드의 출력단은 각각 상기 행단위 출력단에 접속되고, 동일 열에 배치된 각 신호 변환부의 제 2 다이오드의 출력단은 각각 상기 열단위 출력단에 접속된 것이다.

발명의 효과

- [0016] 전술한 본원의 과제 해결 수단에 의하면, 방사선 영상을 처리하는 장치에서 처리되는 다수의 광 신호를 비교적 단순한 구조의 멀티플렉싱 신호처리 장치를 통해 효율적으로 처리할 수 있다. 특히, 반도체 수동소자인 다이오드 기반의 멀티플렉싱 회로에 접지 저항을 연결하여 다이오드를 사용했을 때의 장점인 선형적인 출력 신호 특성을 유지하면서도, 접지 저항으로 누설 전류를 감소시켜 향상된 에너지분해능, 시간분해능, 에너지 선형성 및 신호대 잡음비를 기대할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 통상적으로 사용되는 멀티플렉싱 신호처리 회로를 도시한 것이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 멀티플렉싱 신호 처리 장치를 도시한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 멀티플렉싱 신호 처리 장치를 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 신호 변환부의 구성을 도시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 멀티 플렉싱 신호 처리 장치의 성능을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0019] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.
- [0020] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [0021] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "~(하는) 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.
- [0022] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 멀티플렉싱 신호 처리 장치를 도시한 도면이다.
- [0023] 멀티플렉싱 신호 처리 장치(100)는 광센서(1000), 신호 변환부(1100)를 포함한다. 또한, 추가적으로 증폭기(1200) 및 신호 처리기(1300)를 더 포함할 수 있다.
- [0024] 멀티플렉싱 신호 처리 장치(100)는 PET나 감마카메라와 같은 방사선 영상 처리 장치에 활용되는 것으로서, 해당 장치에 포함하여 일 구성요소로서 기능할 수 있다.
- [0025] 광 검출기(1000)는 방사선을 섬광신호로 변환하는 섬광체(scintillator)에서 출력된 섬광신호를 전기신호로 변환하는 복수의 광센서를 포함한다. 이때, 광센서로는 포토다이오드 또는 반도체 광센서, 광증배관 등 이 사용될 수 있다.
- [0026] 신호 변환부(1100)는 광 검출기(1000)의 광센서에 각각 결합되며, 각 광센서의 출력 신호를 변환하는 복수의 신호 변환부(1100)를 포함한다. 이를 통해 방사선 영상 신호를 멀티플렉싱 하도록 한다.
- [0027] 증폭기(1200)는 광 검출기에서 신호 변환부를 통해 출력된 펄스 신호를 증폭하여 신호처리기(1300)로 전달한다. 증폭기(1200)로는 일반적으로 사용되는 다양한 종류의 증폭기 회로가 사용될 수 있다.
- [0028] 신호처리기(1300)는 증폭기(1200)를 통해 증폭된 각 펄스의 특징에 기반하여 각 펄스 신호가 출력된 광센서의 위치 정보를 해석한다.
- [0029] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 멀티플렉싱 신호 처리 장치를 도시한 도면이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 신호 변환부의 구성을 도시한 도면이다.
- [0030] 도 3에 도시된 바와 같이, 섬광체의 하단에 광센서를 포함하는 광 검출기(1000)가 배치되고, 복수의 광센서를 포함하는 복수의 채널이 배치되며, 각 채널을 통과한 신호는 증폭기(1200, 1210)를 거쳐 신호처리기(1300)로 전달된다.
- [0031] 또한, 도 4에 도시된 바와 같이 복수의 신호 변환부(1100)는 N개(N은 자연수)의 행 및 M개(M은 자연수)의 열로 이루어진 행렬 배열에 따라 배치되어, N개의 행단위 출력단자에 각각 접속되는 N개의 신호 변환부 블록(1110, 1120, 1130) 및 M개(M은 자연수)의 열단위 출력단자에 각각 접속되는 M개의 신호 변환부 블록(1140, 1150, 1160)을 포함한다.
- [0032] 예를 들면, 8*8 행렬 배열에 따라 배치될 수 있으나, 이는 예시적인 것으로 다양한 형태로 배치될 수 있다.
- [0033] 이때, 각각의 신호 변환부(1170)는 입력 신호를 수신하는 입력 신호 노드에 입력단자가 접속된 제 1 다이오드(1172), 입력 신호 노드에 입력단자가 접속된 제 2 다이오드(1174); 및 입력 신호 노드에 접속된 접지 저항

(1176)을 각각 포함한다.

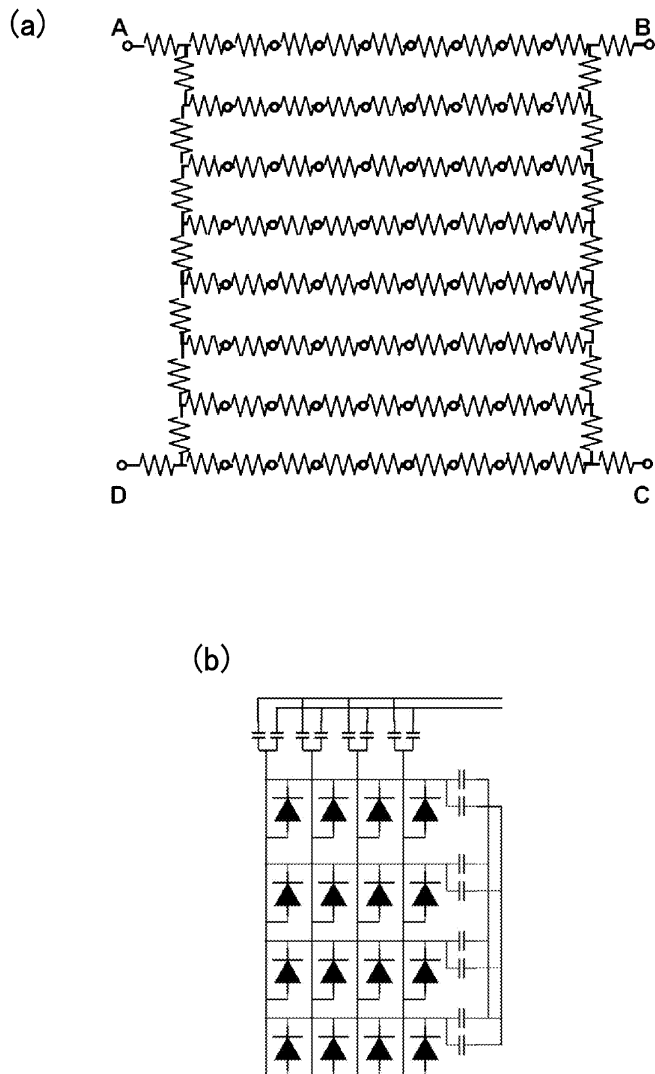
- [0034] 동일 행에 배치된 각 신호 변환부 블록(1110, 1120, 1130)의 제 1 다이오드(1172)의 출력단자는 각각 행단위 출력단자에 접속된다. 마찬가지로, 동일 열에 배치된 각 신호 변환부 블록(1140, 1150, 1160)의 제 2 다이오드(1174)의 출력단자는 각각 열단위 출력단자에 접속된다.
- [0035] 각 채널의 입력 신호 노드에 신호가 입력되면 x 축, y축의 라인으로 신호가 출력되고 다이오드의 역방향 전압 이상을 넘기는 적은 양의 누설 전류만 통과 할 수 있다. 역방향 전압 이상을 넘기는 신호가 입력될 때 주변 신호에 누설 전류가 생기게 되는데, 이때 접지 저항은 역 방향 전압을 넘는 누설 전류가 인접한 다른 신호 변환부의 x, y축으로 이동하지 않도록 접지 경로를 제공하기 때문에 누설 전류의 양을 효과적으로 감소시킨다.
- [0036] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 멀티 플렉싱 신호 처리 장치의 성능을 설명하기 위한 도면이다.
- [0037] 도시된 바와 같이, 입력 신호 노드의 행과 열에 저항이 각각 접속되는 경우, 입력 신호 노드의 행과 열에 저항이 각각 접속되고, 접지 저항이 추가로 접속되는 경우, 입력 신호 노드의 행과 열에 다이오드가 각각 접속되는 경우, 입력 신호 노드의 행과 열에 다이오드가 각각 접속되고, 접지 저항이 추가로 접속되는 경우의 실험 결과를 각각 비교하여 도시하였다.
- [0038] 타 구성 대비 본 발명에 따른 멀티플렉싱 회로의 누설 전압(crosstalk voltage)이 가장 작음을 확인할 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 멀티플렉싱 회로에서 각 신호의 상승시간(rise time)과 하강시간(fall time)이 가장 빠름을 확인할 수 있다.
- [0039] 또한, 본 발명에 멀티플렉싱 회로에서가 타 기술 대비 에너지 분해능(energy resolution), 에너지 선형성(energy linearity) 및 시간 분해능(coincidence resolving time)이 매우 우수함을 확인할 수 있다.
- [0040] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0041] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

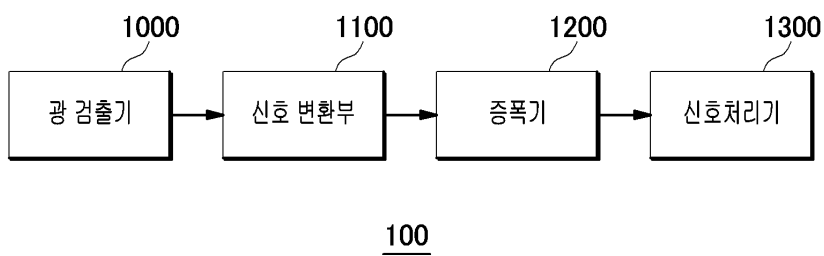
- [0042] 100 : 멀티플렉싱 신호 처리 장치
- 1000 : 광 검출기
- 1100: 신호 변환부
- 1200 : 증폭기
- 1300: 신호 처리기

도면

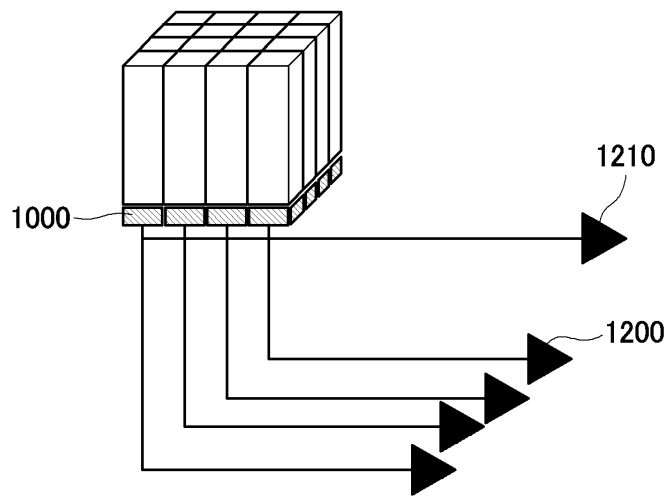
도면1



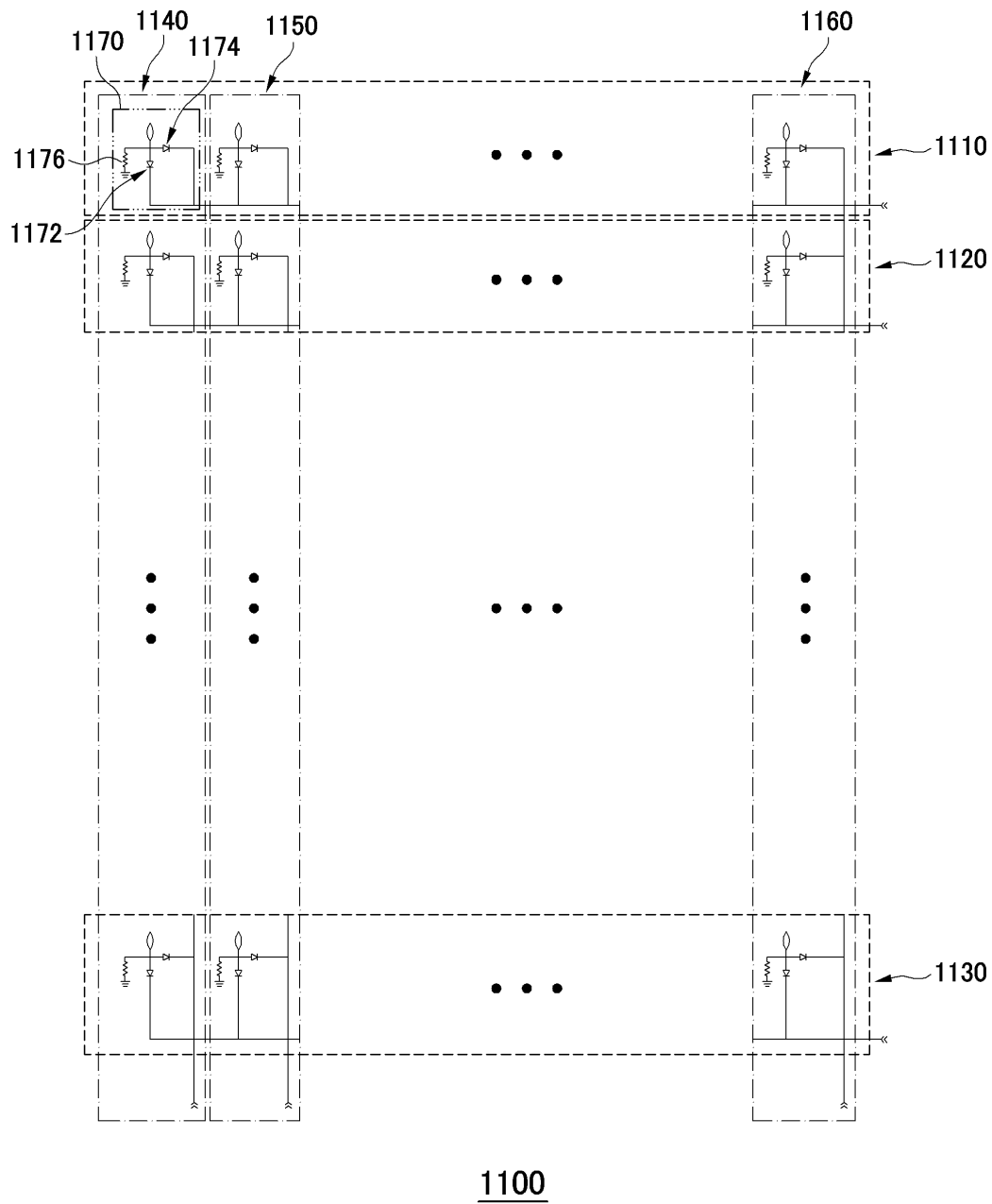
도면2



도면3



도면4



도면5

	Resistor-Resistor	Resistor-Resistor-Resistor	Diode-Diode	Diode-Diode-Resistor
Crosstalk voltage (mV)	27	23.9	20.4	15.6
Crosstalk voltage STD (mV)	3.5	3.3	5.1	3.2
Crosstalk ratio (Amplitude mean/noise mean)	0.22	0.29	0.046	0.037
Rise time (ns)	64	45	39	25
Fall time (ns)	744	339	260	160

	Resistor-Resistor	Resistor-Resistor-Resistor	Diode-Diode	Diode-Diode-Resistor
Energy resolution (%)	10.1	10.2	16.3	15.3
Energy linearity (511 keV / 1275 keV)	0.65	0.68	0.78	0.87
Coincidence resolving time (ns)	2.9	2.5	2.1	1.8