



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0120558
(43) 공개일자 2017년10월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G21H 1/06 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G21H 1/06 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-7016357

(22) 출원일자(국제) 2015년11월13일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2017년06월14일

(86) 국제출원번호 PCT/AU2015/050712

(87) 국제공개번호 WO 2016/074044

국제공개일자 2016년05월19일

(30) 우선권주장

2014904588 2014년11월14일 오스트레일리아(AU)

(71) 출원인

키네틱 에너지 오스트레일리아 피티와이 엘티디
오스트레일리아 퀸즈랜드 4069 픽트리 포켓 니드
햄 스트리트 32

(72) 발명자

화이트헤드, 스티븐

오스트레일리아 퀸즈랜드 4069 픽트리 포켓 니드
햄 스트리트 32

(74) 대리인

특허법인 광장리앤고

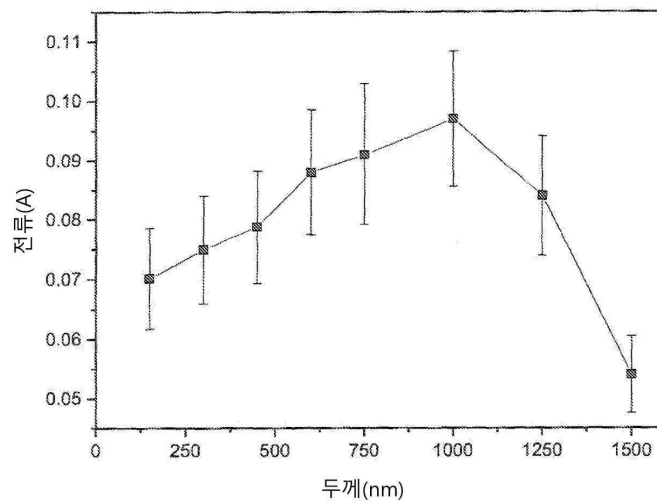
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 전기 발전기 시스템

(57) 요약

방사성 물질로부터의 에너지를 사용하는 전력 전지. 장치는 ZnO를 반도체로 사용하며 금속-반도체 접합에서 에너지가 발생된다. ZnO는 박층으로 배열된다. 이는 우수한 내구성과 비교적 높은 전력 생산을 허용한다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

방사성 핵종 물질;

n형 반도체 물질의 박층;

적어도 하나는 상기 반도체 물질과 직접 접촉하고 그 사이에 금속-반도체 접합을 형성하는 금속 전극--상기 방사성 핵종 물질로부터 리시브된(received) 방사능 방출이 상기 금속-반도체 접합에서 전기 에너지로 변환됨--; 및

상기 전극에 연결되며 부하에 연결될 때 상기 전기 에너지의 흐름을 용이하게 하는 전기 접점을 포함하는 발전기 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 n형 반도체 물질은 산화아연인 발전기 시스템.

청구항 3

방사성 핵종 물질;

산화아연 박층;

적어도 하나는 상기 산화아연과 직접 접촉하고 그 사이에 금속-반도체 접합을 형성하는 금속 전극--상기 방사성 핵종 물질로부터 리시브된 방사능 방출이 상기 금속-반도체 접합에서 전기 에너지로 변환됨--; 및

상기 전극에 연결되며 부하에 연결될 때 상기 전기 에너지의 흐름을 용이하게 하는 전기 접점을 포함하는 발전기 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 산화아연 층은 기판 물질 상에 형성되는 발전기 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 기판 물질은 유리, 사파이어 또는 석영으로부터 선택되는 발전기 시스템.

청구항 6

제4항 또는 제5항에 있어서, 도핑된 금속 산화물 층이 상기 산화아연 층과 상기 기판 사이에 배치되는 발전기 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 금속 전극 중 하나는 상기 도핑된 금속 산화물과 직접 접촉하도록 배치되는 발전기 시스템.

청구항 8

제2항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 산화아연 박층은 RF 마그네트론 스퍼터 공정에 의해 형성되는 발전기 시스템.

청구항 9

제2항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 금속 전극은 금, 은 또는 알루미늄으로 형성되는 발전기 시스템.

청구항 10

제2항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 금속 전극은 스퍼터링 공정 또는 전기화학 증착에 의해 상기 산화아연 상에 증착되는 발전기 시스템.

청구항 11

제2항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 방사성 핵종 물질은 밀봉 물질로 싸여 있는 발전기 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 밀봉 물질은 알루미늄, 금속 합금, 플라스틱 또는 마일러(Mylar)로부터 선택되는 발전기 시스템.

청구항 13

제2항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 방사성 핵종 물질은 Sr-90, Pm-147, Ni-63 또는 H-3로부터 선택되는 발전기 시스템.

청구항 14

제2항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 산화아연 박층은 150-1500nm 사이의 두께를 가지는 발전기 시스템.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 산화아연 층의 두께는 1250nm 이하인 발전기 시스템.

청구항 16

제1항 내지 제15항 중 어느 한 항의 발전기 시스템을 동봉하는 하우징을 포함하는 전원 장치.

청구항 17

제16항에 있어서, 산화아연 다중층이 있으며, 각 층은 대응하는 금속 전극 및 전기 접점을 가지고, 인접하는 층은 절연 기판 물질에 의해 분리되는 전원 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 발전 분야에 관한 것으로, 특히 방사능 방출의 에너지로부터 변환된 전기 에너지에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전력 셀은 외부 부하를 구동하기 위한 자체 전기 에너지를 제공한다. 전력 셀의 일반적인 예는 전기화학 전지이다. 전기화학 전지는 상대적으로 저렴한 비용으로 일정 시간 전력 수요를 제공하는 데 효과적이지만, 제한 요소는 물질 유형에 의해 한정되는 사용 가능한 에너지 및 중량이다. 제한된 에너지 저장용량 및, 질량에 대한 전기화학 전지의 에너지 밀도로 인해, 대체 전력 셀을 생산하기 위한 다양한 시도가 있어 왔으며, 예컨대 더 높은 이론적 에너지 밀도의 한계로 인하여 방사성 동위원소에 의해 구동되는 전지와 같은 것이다.

[0003] 방사성 동위원소-구동 전지에는 여러 상이한 유형이 있다. 그러한 유형 중 하나는 전기 에너지를 생산하기 위해 방사성 물질의 붕괴 동안 생성되는 열을 사용하는 방사성 열 발생기(RTG: radio thermal generator)이다. 이들 장치는 열 에너지가 전기 에너지로 변환되는 효율이 낮다. 따라서 RTG는 전원을 제조하기 위하여 일반적으로 매우 높은 에너지의 방사성 동위원소와 함께 사용되며 일반적으로 실질적인 차폐가 필요하다. 또한 전력 출력이 낮다.

[0004] 다른 유형의 방사성 동위원소-구동 전지는 방사성 동위원소, 발광 물질 및 광전지를 사용하는 간접 변환 장치이다. 방사성 동위원소에 의해 방출된 붕괴 입자는 발광 물질을 여기시킨다. 발광 물질에 의해 방출된 광은 광전지에 의해 흡수되어 전기를 발생시킨다. 이 유형의 전지는 2단계 변환으로 인해 효율이 낮고 발광 물질이 방출

로 인해 손상되기 때문에 상대적으로 수명이 짧다.

- [0005] 방사성 동위원소 구동 전지의 다른 예는 방사성 동위원소 및 반도체 물질을 사용하는 직접 변환 장치이다. 종래의 반도체는 방사성 동위원소 붕괴 생성물로부터 부수적인 방사선 손상을 겪기 때문에 이 응용에서는 사용이 제한적이다. 특히, 입사되는 고 에너지 베타 입자가 생성된 전하 캐리어를 산란시키고 끌어들이는(trap) 결함을 반도체 내에 발생시킨다. 손상은 축적되며 따라서 시간이 지남에 따라 전지 성능이 저하된다.
- [0006] 미국 특허 제5,260,621호는 열 발생을 수반하는 상대적으로 고 에너지의 방사선원 및, 방사성 동위원소에 반응하는 결함 생성을 특징으로 하는 AlGaAs와 같은 벌크 결정성 반도체를 포함하는 고체 상태 핵 전지를 개시한다. 물질은 방사선 손상이 전지의 높은 작동 온도에서 어닐링에 의해 보수되도록 선택된다. 이 장치는 낮은 효율로 인하여 고 에너지 방사선원의 사용이 필요하며 또한 기능하기 위해 높은 작동 온도가 필요하다.
- [0007] 미국 특허 제5859484호는 GaInAsP와 같은 결정성 반도체 물질 기판을 포함하는 고체 상태 방사성 동위원소-구동 반도체 전지를 교시한다. 이 전지는 바람직하게는 수명을 최대화하기 위해 반도체 물질의 열화를 최소화하고자 저 에너지 입자만을 방출하는 방사성 동위원소를 사용한다. 저 에너지 방사선원을 사용하는 것의 결과는 더 낮은 최대 전력 출력이다.
- [0008] 이러한 다른 장치는 미국 특허 제6479919호에 개시되어 있으며, 20면체 붕화물, 예를 들면 $B_{12}P_2$ 또는 $B_{12}As_2$, 베타 방사선원 및 전기 에너지를 외부 부하로 전달하기 위한 수단을 포함하는 베타 셀을 기술하고 있다. 비화 붕소 및 인화 붕소의 제조에는 비용이 많이 들며, 이는 이들 유형의 장치를 생산하는 비용을 증가시킨다. 또한, 이러한 장치의 생산은 비화물 및 인화물 취급과 연관된 건강, 안전 및 환경 위험을 증가시켰다.
- [0009] 요약하면, 현재 이용 가능한 방사성 동위원소 구동 셀의 문제점은 방출된 에너지를 전기 에너지로 변환하는 비효율, 장치 물질에 영향을 주는 방사선 손상, 고 에너지 핵원 및 열화될 수 있는 반도체 물질에 대한 차폐 요건을 포함한다.
- [0010] 본 발명의 목적은 내구성과 전력 출력 사이의 개선된 균형을 나타내는 방사성 동위원소 구동 셀을 제공하는 것이다.

발명의 내용

- [0011] 본 발명에 따르면 방사성 핵종 물질; 산화아연 박층; 산화아연과 접촉하고 그 사이에 금속-반도체 접합을 형성하는 금속 전극--방사성 핵종 물질로부터 리시브된(received) 방사능 방출이 금속-반도체 접합에서 전기 에너지로 변환됨--; 및 전극에 연결되며, 부하에 연결될 때 상기 전기 에너지의 흐름을 용이하게 하는 전기 접점을 포함하는 발전기 시스템이 제공된다.
- [0012] 산화아연의 사용이 놀라운 결과를 갖는 것이 발명자에 의해 발견되었다. 산화아연이 고유한 n형 반도체이지만, 안정적으로 도핑된 p형 ZnO 물질이 없기 때문에 반도체 물질로서는 상업적인 응용이 없거나 제한되었다. 결과적으로, 방사성 동위원소 구동 셀을 구성하는 일차적인 방향인 p-n 접합을 형성하기 위한 반도체 물질로는 부적절한 선택으로 간주되었다.
- [0013] 전통적으로 받아들여지는 반도체 물질의 선택, 예컨대 GaAs, GaInAs; 또는 Si, Si-C; 또는 CdTe 등은 고 준위의 방사선에 노출될 때 구조적으로 열화되는 것으로 밝혀졌다.
- [0014] 발명자는 산화아연이 적절한 두께로 사용될 때 고 방사선 준위를 견딜 수 있으며, 금속-반도체 접합의 일부로 사용될 때 (p-n 접합과 반대로) 양호한 전기 발생 출력을 나타내는 것을 발견하였다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 본 발명의 실시예가 이제 첨부 도면을 참조하여 설명된다.
- 도 1은 3V의 인가전압을 갖는 시험에서 산화아연 두께의 변화에 따른 발생 전류의 변화를 나타낸 그래프이다.
- 도 2는 3V의 인가전압을 갖는 시험에서 상이한 전극 물질 및 구성에 대해 산화아연 두께의 변화에 따른 발생 전류의 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 3은 산화아연 층으로부터 방사성 핵종 물질의 거리를 변화시키면서 인가된 전압에 대한 발생 전류의 변화를 나타내는 그래프이다.

도 4는 전원 장치의 제1 실시예의 개략도이다.

도 5는 전원 장치의 다른 실시예의 개략도이다.

도 6은 전원 장치의 또 다른 실시예의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 본 발명이 특정한 예시적인 실시예를 참조하여 주로 설명될 것이다. 본 발명의 원리는 도시되고 설명된 특정 구현에 대한 특징의 변형을 사용하여 구현될 수 있음을 이해할 것이다. 실시예는 여기에서 개시된 넓은 발명적 개념을 예시하는 것으로 간주되며 제한하는 것으로 간주되어서는 안 된다.
- [0017] 본 발명의 일 구현은 반도체 물질과 접촉하는 금속 전극을 갖는 n형 반도체 물질을 사용하며, 장치를 방사성 핵종 물질로부터의 방사선에 노출시키는 발전 시스템이다. 방사능 방출은 전극과 반도체 물질 사이에 형성된 금속-반도체 접합에서 전기 에너지로 변환된다. 발생한 전기 에너지의 흐름에 있어서, 전극 사이에 전위차가 존재하는 것이 중요하다. 따라서, 하나의 전극에서 다른 전극과 비교하여 더 큰 전하 발생이 생성되도록 하기 위해 전극들 사이의 금속과 반도체 접촉 영역에 상당한 차이가 존재하여야 한다. 더 큰 전하 축적을 갖는 전극은 효과적으로 음의 단자가 되고 다른 전극은 양의 단자가 된다.
- [0018] 방사성 동위원소 전력 셀에서의 전기 발생을 최대화하기 위하여, 비교적 높은 에너지 준위의 방사선원 및 높은 활성 밀도를 사용하는 것이 바람직하다. 그러나, 대부분의 반도체 물질은 이러한 높은 에너지 준위를 견딜 수 없고 노출로 인해 구조적으로 열화된다.
- [0019] 산화아연은 n형 반도체이지만, 매우 불량한 반도체 물질로 해당 분야에서는 무시된다. 그러나, 본 발명자는 산화아연이 비교적 높은 에너지 준위의 방사선 및 높은 활성 밀도를 견딜 수 있는 성능을 발휘한다는 것을 발견하였다.
- [0020] 제안된 발전 시스템에서 산화아연을 사용하는 초기 시험은 안타깝게도 ZnO가 불량한 반도체 물질이라는 현장에서 인정된 의견에 의해 예상되는 실망스러운 결과를 나타내었다. 높은 준위의 방사능을 견딜 수 있는 능력에도 불구하고, 발생한 전기 출력은 무시할만한 수준이었다.
- [0021] 그러나, 제안된 발전 시스템에서 사용되는 산화아연의 두께를 변화시키면서 시험을 수행하였을 때, 산화아연이 충분히 얇은 층 또는 막의 형태로 제공될 때 놀랍게도 바람직한 결과가 발견되었다. 본 명세서 및 청구범위에서, '얇은'은 약 15 μm 미만, 바람직하게는 10 μm 미만을 의미한다.
- [0022] 도 1은 3V의 인가전압을 갖는 시험에서 산화아연 두께의 변화에 따른 발생 전류의 변화를 나타낸 그래프이다. 이 시험에서, 최적의 전류는 1000nm에서였다.
- [0023] 실제적인 실험에서, rf 마그네트론 스퍼터링(rf magnetron sputter) 또는 전기 화학 증착에 의해, 5cm x 5cm 표면을 갖는 기판 상에 산화아연의 박막이 형성되었다. 기판은 유리의 제1층으로 구성된다. 이와 관련하여, 사파이어와 석영 또한 이 제1층에 적합한 것으로 간주된다. 기판은 도핑된 금속 산화물의 층으로 더 구성되며, 이는 산화아연이 증착되는 표면을 형성한다.
- [0024] 이 도핑된 금속 산화물 층은 그 위에 더 작은 양극이 형성될 수 있도록 하여, 양극을 산화아연으로부터 분리시키면서 도핑된 금속 산화물의 반도체 특성으로 인해 전류 경로를 제공한다. 적합한 도핑된 금속 산화물은 불소 도핑된 산화주석 및 주석-도핑된 산화인듐을 포함하지만, 이에 한정되지 않는다.
- [0025] 다수의 금속 물질, 즉, 금, 구리, 알루미늄 및 은이 전극으로서의 적합성을 위해 시험되었다. 또한, 상이한 전극 구조가 조사되었으며, 첫번째는 전극이 산화아연 층의 전체 표면을 덮는 것이고 두번째로는 산화아연 표면 상에 빗살 모양 또는 손가락 모양의 격자 형성이 사용되었다. 금속 전극 물질의 일반적인 두께는 100-1000nm의 범위이며, 바람직하게는 150nm였다.
- [0026] 금 및 구리는 스퍼터링 기술을 사용하여 증착되었고, 알루미늄 및 은은 열 증착 기술을 사용하여 증착되었다.
- [0027] 상이한 샘플을 Sr-90에 노출시켰다. 금, 알루미늄 및 은이 금속-반도체 접합에서 선형이며 대칭인 전류-전압 곡선을 생성하여 이들 금속과 산화아연 사이의 바람직한 정도의 저항성 접촉을 제시하였다.
- [0028] 구리는 쇼트키 배리어(Schottky barrier)를 나타내는 비선형 및 비대칭 결과를 생성하였으며, 이는 본 목적에 부적합함을 시사한다.

- [0029] 상이한 구성에 관해서는, 결과에서 무시할 만한 정도의 차이가 나타났다. 이는 더 적은 금속을 사용하는 빗살 모양의 그리드 구성이 실행 가능한 옵션임을 시사한다. 본 발명의 범위 내에서 다른 기하학 및 구성이 고려될 수 있음을 이해할 것이다.
- [0030] 유사하게, 본 발명은 금속-반도체 접합에서 합금을 포함하여 다른 금속을 사용하여 구현될 수 있음을 이해할 것이다.
- [0031] 150nm와 1500nm 사이의 산화아연 층의 상이한 두께로 시험을 수행하였다.
- [0032] 두께가 150nm로부터 증가함에 따라 생성되는 전기 출력도 최적 두께가 될 때까지 증가하고, 그 후 두께를 증가시키면 생성되는 전기 출력이 감소되는 놀라운 결과가 나타났다. 약 1500nm를 넘으면, 출력은 실용적인 목적을 위해서는 지나치게 낮아졌다. 결과적으로, 시험은 산화아연의 이상적인 두께 범위가 150nm와 1500nm 사이임을 제시했다. 최적 두께는 물질의 선택에 따라 변화였다.
- [0033] 최적 두께는 물질의 선택에 따라 달라졌다. 도 2는 일정한 전압 및 방사선원에서, 상이한 물질 및 물질의 두께로, 두께에 따른 전류의 변화를 도시한다. 물질은 손가락 모양 전극 구성의 은, 전체 전극 구성의 은, 손가락 모양 전극 구성의 알루미늄, 전체 전극 구성의 알루미늄 및 전체 전극 구성의 금을 포함하였다.
- [0034] 특정한 시험에서는 최적 두께가 1000nm이지만, 다른 시험에서는 최적 두께가 1250nm였다(도 1 및 2 참조). 그렇지만, 두께의 전반적인 유용한 범위는 일정하게 유지되었다. 최적 두께는 방사성 핵종 물질의 선택에 따라, 범위 내에서, 또한 변할 수 있을 것으로 예상된다.
- [0035] 본 발명의 구현에 사용될 수 있는 다른 베타 방출 물질은 Pm-147, Ni-63 및 삼중 수소, 또는 임의의 다른 적합한 베타 방출 물질을 포함한다. 본 발명은 원칙적으로 다른 종류의 방사성 물질, 예를 들면 X선원, 감마선원 또는 임의의 다른 적합한 물질을 사용할 수 있다. 방사성 핵종은 임의의 적합한 화학적 형태일 수 있으며, 물질은 원칙적으로 상이한 방사성 핵종이나 다른 물질의 혼합물일 수 있다.
- [0036] 도 3에 도시된 바와 같이, 산화아연 층에 대한 Sr-90 물질의 거리 및 입사각을 2mm와 350mm 사이에서 변화시켜 또한 시험을 수행하였다. 도 3은 산화아연 층으로부터 방사성 핵종의 다양한 거리에 대하여, 인가된 전압에 대한 발생 전류의 변화를 나타내는 그래프이다.
- [0037] 예상대로, 최상의 출력은 가장 작은 거리에서 발생하였으며 거리가 증가함에 따라 출력이 감소하였다. 그럼에도 불구하고 시험된 범위 전체에 걸쳐, 특히 최대 약 300mm 및 <45°의 각도에서 여전히 상당한 출력이 있었다. 발전기의 두께 치수를 감안할 때, 이는 넓은 공간이며, 동일한 방사성 핵종 물질을 사용하여 여러 개의 발전기 장치가 계층화된 구조로 배열될 수 있으므로, 단일 방사성 핵종원의 전기 출력 용량을 증가시킬 수 있음을 제시한다.
- [0038] 발전기 시스템을 사용하는 전원 장치의 실시예가 이제 설명된다.
- [0039] 도 4에, 기본 '단일층' 장치(10)가 나타나 있다. 도시된 바와 같이, 장치(10)는 중심에 밀봉된 방사성 핵종(14), 예를 들면 Sr-90, Pm-147, Ni-63 또는 H-3의 층을 갖는 하우징(12)을 포함한다. 하우징(12)은 알루미늄, 강철 등과 같은 다양한 적절한 물질로 형성될 수 있으며, 공기 분위기(28)를 둘러싸고 있다. 밀봉재(16)는 알루미늄, 플라스틱, 마일러(Mylar), 다른 적절한 금속 합금 또는 유사한 저 Z-물질(Z는 원자량임)일 수 있다. 방사성 핵종(14)의 각 측면에는 주석 도핑된 산화인듐 층(20) 및 그 위에 형성된 산화아연 박층(22)을 갖는 기판(18)(예를 들면, 유리 기판)이 있다. 주석 도핑된 산화인듐의 대안으로 인듐 주석 플루오라이드를 사용할 수 있다. 주 음극(24)은 산화아연(22)의 다른 면에 형성되고 더 작은 양극(26)은 주석 도핑된 산화인듐(20)의 면에 형성된다. 도전성 리드(30)가 양 전극(24, 26)에 연결되며 부하에 연결하기 위하여 하우징(12)의 외부로 안내한다.
- [0040] 도 5에는 '이중층' 장치(110)가 나타나 있다. 중앙 방사성 핵종(114)의 각 면은 대응하는 전극(124, 126), 도핑된 금속 산화물 층(120)을 가지며 절연 기판(132)에 의해 분리된 2개의 산화아연 층(122)의 배열을 갖는다.
- [0041] 도 6에는 기판 및 ZnO 층이 샌드위치 배열로 배열된 '삼중층' 장치(210)가 나타나 있다. 다른 실시예와 유사하게, 중앙 밀봉된 방사성 핵종(214)은 각 면에 ZnO 층(222), 도핑된 금속 산화물 층(220) 및 전극(224, 226)을 갖는 기판(232)의 3층 배열을 갖는다.
- [0042] 이해할 수 있는 바와 같이, 층의 수를 계속 증가시키고, 결과적으로 발생하는 전기 출력을 증가시키는 것이 가능하다. 얼마나 많은 층이 사용될 수 있는지에 대한 한계는 가장 먼 층이 방사성 핵종 물질과 얼마나 멀리 떨어

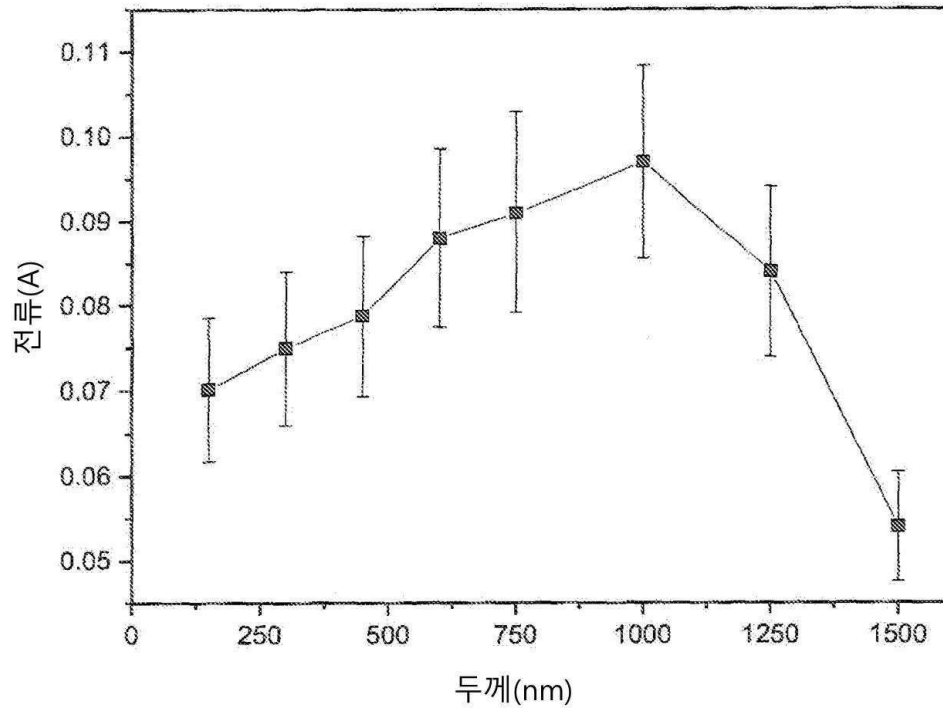
저 있는지에 달려 있다.

[0043]

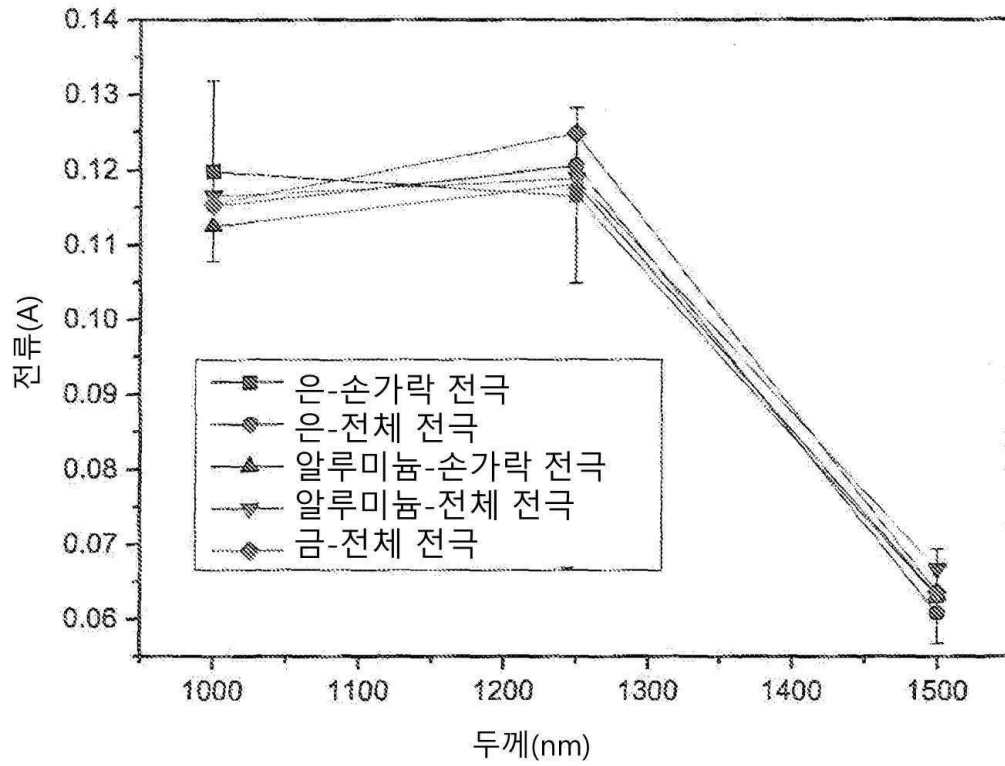
원하는 전력 수준을 제공하기 위하여 하나보다 많은 방사성 핵종 층을 갖는 구조가 추가된 다수의 샌드위치 구조와 함께 사용될 수 있음을 이해할 것이다. 기술된 구조는 일반적으로 정사각형이지만, 적절한 간격이 유지될 수 있다고 가정하면, 구조는 임의의 바람직한 형상일 수 있고, 적절한 구현에서 만족될 수 있음을 또한 이해할 것이다.

도면

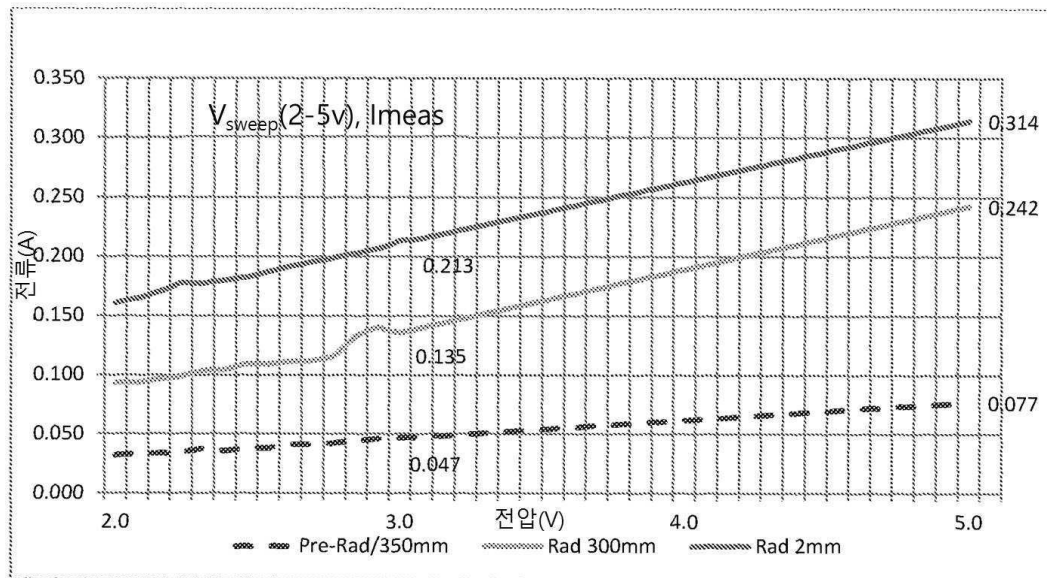
도면1



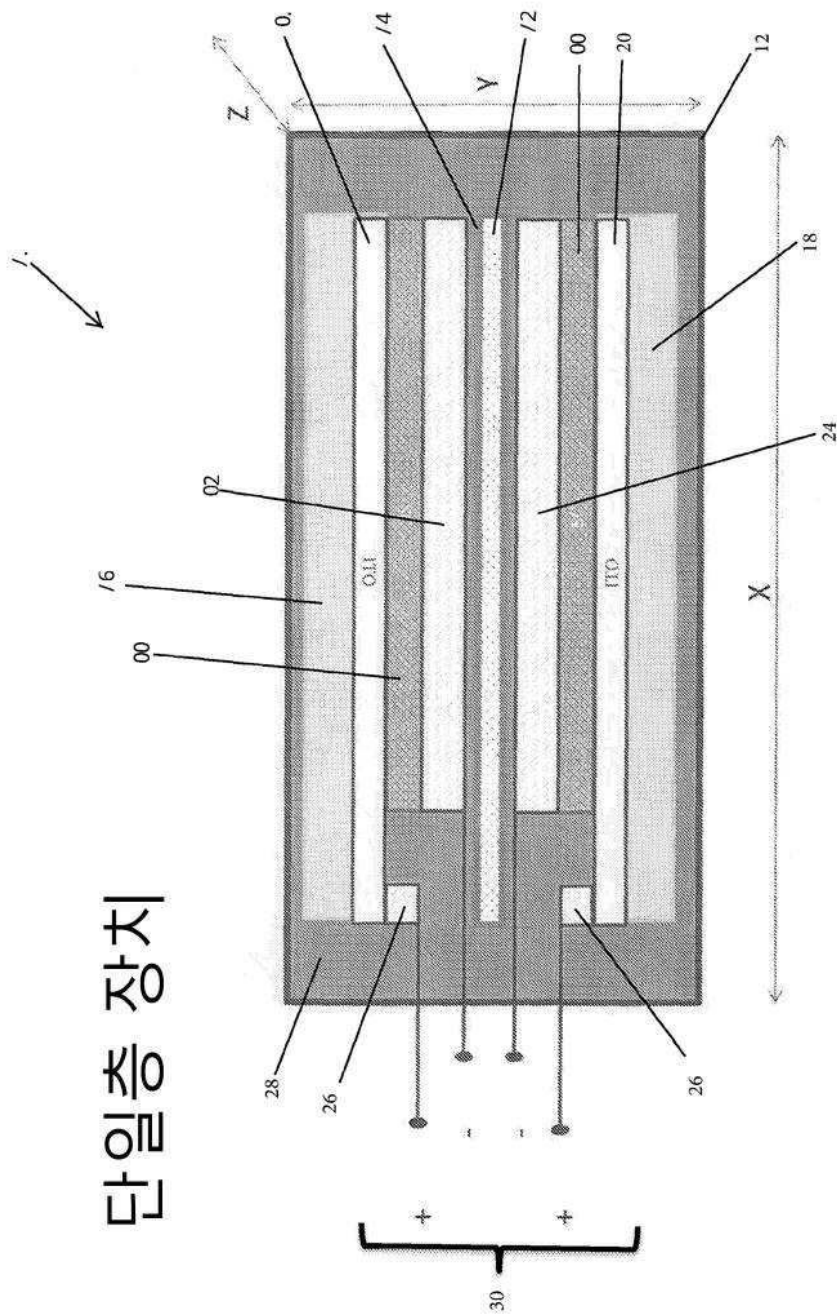
도면2



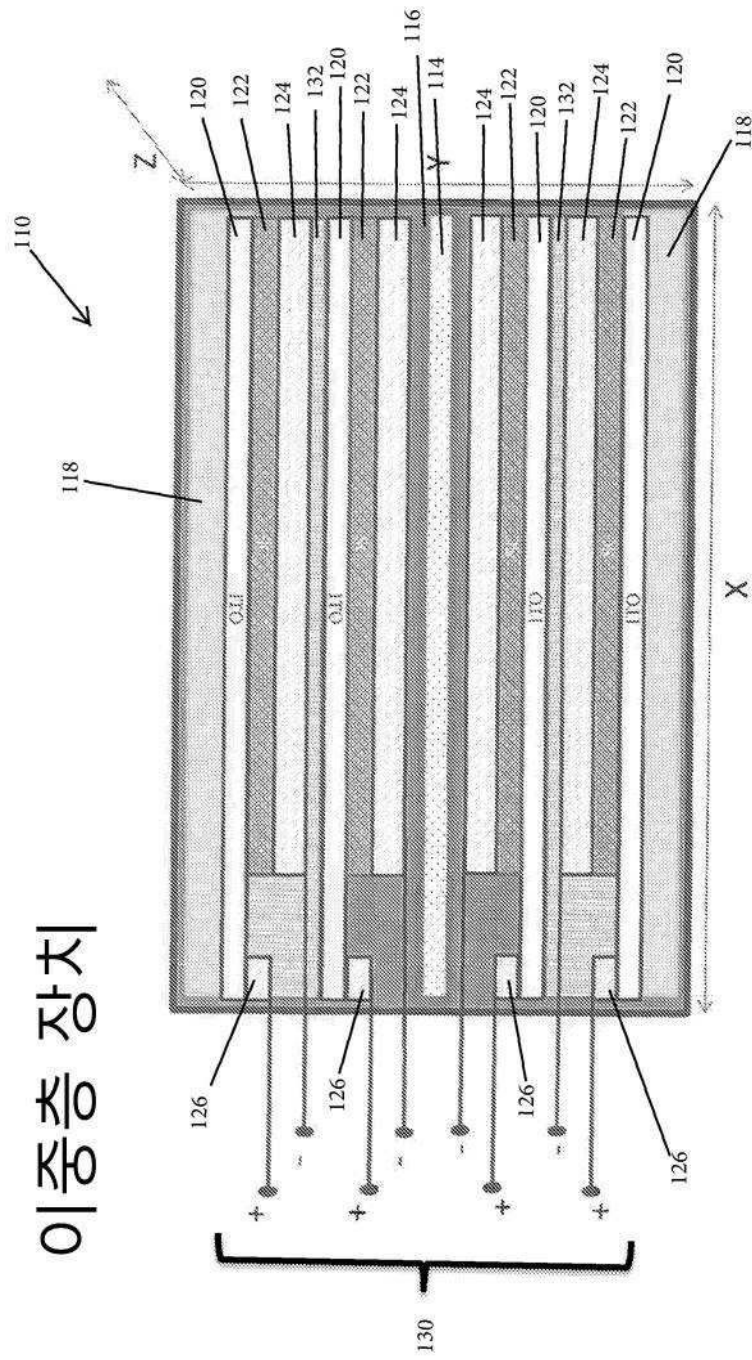
도면3



도면4



도면5



도면6

