

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2013년 8월 1일 (01.08.2013)

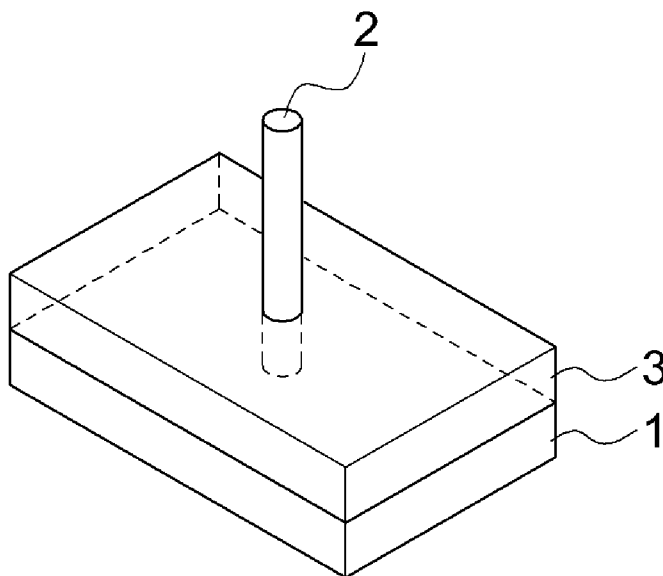


(10) 국제공개번호
WO 2013/111985 A1

- (51) 국제특허분류:
A61N 1/04 (2006.01) A61N 1/36 (2006.01)
A61N 1/05 (2006.01) A61B 5/04 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2013/000598
- (22) 국제출원일: 2013년 1월 25일 (25.01.2013)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2012-0008306 2012년 1월 27일 (27.01.2012) KR
- (71) 출원인: 연세대학교 산학협력단 (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, YONSEI UNIVERSITY) [KR/KR]; 120-743 서울시 서대문구 신촌동 연세로 50, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 박승환 (PARK, Seung Han); 158-755 서울시 양천구 목5동 목동아파트 529-304, Seoul (KR). 홍종일 (HONG, Jong Il); 135-905 서울시 강남구 압구정동 465 현대아파트 62동 1001호, Seoul (KR). 최재영 (CHOI, Jae Young); 135-905 서울시 강남구 압구정동 구현대아파트 61-204, Seoul (KR). 최현진 (CHOI, Heon Jin); 136-060 서울시 성북구 돈암동 609-1 한진아파트 206동 2105호, Seoul (KR). 변재철 (PYUN, Jae Chul); 137-040 서울시 서초구 반포동 반포리체아파트 107-2303, Seoul (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 다나 (DANA PATENT LAW FIRM); 135-080 서울시 강남구 역삼동 648-1, BYC 빌딩 5층, Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 공개:
— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) Title: NEURAL ELEMENT COMPRISING NANOWIRES AND SUPPORT LAYER

(54) 발명의 명칭 : 나노 와이어와 지지층을 포함하는 신경소자



(57) Abstract: The present invention relates to a neural element comprising nanowires and a support layer. Provided is a neural element comprising: a substrate; one or more nanowires, each of which has one distal end fixed at the substrate and extended in a vertical direction, the nanowires being inserted into a nerve to acquire an electrical signal from nerve fibers or apply an electrical signal to nerve fibers; and a support layer arranged on the substrate to partially cover the nanowires and support the nanowires.

(57) 요약서: 본 발명은 나노 와이어와 지지층을 포함하는 신경소자에 관한 것으로, 기판; 상기 기판에 일 종단이 고정되어 수직방향으로 연장되고, 신경에 삽입되어 신경섬유로부터 전기 신호를 획득하거나, 신경섬유에 전기 신호를 인가하는 적어도 하나 이상의 나노 와이어; 및 상기 기판 위에 나노 와이어를 부분적으로 감싸도록 형성되어 나노 와이어를 지지하는 지지층을 포함하는 신경소자를 제공한다.

명세서

발명의 명칭: 나노 와이어와 지지층을 포함하는 신경소자 기술분야

- [1] 본 발명은 전기신호를 송수신하는 나노 와이어를 포함하는 지능형 신경소자에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 절연 물질 등으로 나노 와이어를 감싸서 나노 와이어를 지지함으로써 내구성 등의 물성을 향상시킨 신경소자에 관한 것이다.

[2]

배경기술

- [3] 해부학적으로 신경(nerves)은 육안으로도 관찰 가능한 가늘고 긴 구조물로서, 조직학적으로는 다수의 신경다발(nerve bundles)이 모인 것이다. 한편, 신경다발(nerve bundles)은 다수의 신경섬유(nerve fibers)가 모인 것이다. 신경섬유(nerve fibers)는 신경 세포의 축삭(axon) 부분을 가리키는 것으로, 축삭이 섬유처럼 가늘고 긴 형상이기 때문에 신경섬유라는 명칭으로 불린다. 신경섬유는 축삭 돌기 또는 축삭 돌기 등의 다양한 명칭으로 불린다.
- [4] 신경섬유 각각은 모두 연한 결합조직인 신경섬유막(endoneurium)에 의해 싸여 있고, 신경다발은 신경다발막(perineurium)에 의해 싸여있으며, 신경다발의 묶음인 신경은 신경바깥막(epineurium)에 의하여 싸여 있는데, 이 막은 모두 신경을 보호하기 위하여 있는 것이며 맨눈으로는 신경바깥막 만이 식별된다.
- [5] 인체의 근육은 신경으로부터 제공되는 전기자극에 따라 동작하는 것이 일반적이다. 따라서, 안면 근육 등에 이상이 발생하는 경우, 해당 근육에 연결되는 신경에 대한 치료가 필요할 수 있다.
- [6] 종래에 안면 신경 또는 후두 신경에 이상이 발생하는 경우, 약물 및 수술 등의 치료 행위가 이루어졌다. 이 경우 해당 환자들에게는 국부적인 마사지 등이 이루어졌는데, 이는 손상된 신경이 복원되는 동안에 주변 신경을 자극함으로써 손상된 근육을 자극하여 근육의 퇴화를 막기 위함이다.
- [7] 즉, 안면신경 또는 후두신경마비 환자에게 대한 수술 등으로 인해 근육에 자극이 차단되는 경우, 해당 근육에 손상이 발생하여 영구적인 근육 손상 또는 마비가 발생하는 문제가 있기 때문에, 해당 신경 계통에 관련된 근육을 마사지해주거나 외부에서 전기자극을 제공하는 방법 등이 제안되었다.
- [8] 한편 종래에는 인체에 삽입되어 물리적 자극을 제공하거나 인체 내의 특정 수치에 대한 정보를 획득하는 소자가 제안되었는바, 이하에서는 신경에 전기자극을 제공하거나 전기자극을 검출하는 전극을 포함하는 장치를 설명한다.
- [9] 첫째로, 종래에는 MOSFET(Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor)를 기반으로 신경의 전기신호를 검출하는 소자가 제안되었다. 이러한 종래 기술은 외부자극에 따른 신경의 막 용량(membrane capacitance) 변화를 MOSFET 소자의

게이팅(gating)을 이용하여 모니터링하는 기술로서, 여러 개의 신경 반응을 동시에 모니터링하는 기술이다. 이러한, 종래 기술은 P-MOSFET 주위에 폴리이미드(polyimide)로 만든 말뚝 형태의 기둥으로 달팽이의 뉴런들의 위치를 고정하고 이동성을 제한하여 배양함으로써 신경의 신호를 검출하는 방법에 적용된 바 있다(Zeck et. al., Noninvasive neuroelectric interfacing with synaptically connected snail neurons immobilized on a semiconductor chip, Proc Nat Acad Sci 2001;98).

- [10] 둘째로, 뇌간 또는 뉴런 파이버(neuron fiber)의 전기자극을 검출하기 위한 기술이 제안되었다. 미국의 유타대학의 Normann 그룹과 Cyberkinetics사에서는 2000년 이후 신경과 뇌에 다수 전극(multi-electrode)을 직접 삽입함으로써 전기신호를 측정하고 신경을 자극하는 연구를 진행하고 있다(Normann et. al., Long-Term Stimulation and Recording With a Penetrating Microelectrode Array in Cat Sciatic Nerve, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, VOL. 51, NO. 1, JANUARY 2004).
- [11] 셋째로, 뉴런 파이버(neuron fiber) 내에 체(sieve) 형태의 전극을 삽입하는 기술이 제안되었다. 독일의 Fraunhofer-IBMT, IMTEK 등의 공동연구를 통하여 뉴런 파이버(Neuron fiber) 내에 구부러지는 체(sieve) 형태의 전극을 삽입하고, 전기자극을 가함으로써 신경의 재생을 연구하고 있으며, 신경 신호의 기록을 시도하고 있다(Anup et. al., Design, in vitro and in vivo assessment of a multi-channel sieve electrode with integrated multiplexer, J. Neural Eng. 3 (2006) 114-24). 전체 체(sieve)의 직경은 쥐의 좌골(sciatic) 신경과 같은 1.5 mm이고, 40 μm 지름을 갖는 571개의 구멍이 70 μm 간격으로 배치되어 있다. 또한, 고리모양의 전극이 27개의 구멍을 감싸며 면적이 2200 μm^2 이다.
- [12] 상술한 첫 번째 종래기술의 경우 MOSFET 소자의 노이즈가 높아 전기신호의 경향성만 확인할 수 있는 문제가 있고, 두 번째 종래기술의 경우 전극의 삽입 시에 뇌간 또는 신경 세포가 죽는 문제가 있으며, 세 번째 종래기술처럼 체 모양의 전극을 삽입하는 경우 각 전극 간의 혼선(cross-talk)이 발생하여 전기신호를 정확하게 검출하지 못하는 문제가 있다.

[13]

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [14] 본 발명은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로, 본 발명의 목적은 신경섬유를 죽이지 않으면서 신경 계통에 지속적으로 전기 자극을 제공하고 전기 신호를 획득하여 근육 손상의 문제를 해결할 수 있는 신경 소자를 제공하는 것이다.
- [15] 본 발명의 다른 목적은 절연 물질 등으로 나노 와이어를 감싸서 나노 와이어를 지지함으로써 내구성 등의 물성을 향상시킨 신경소자를 제공하는 것이다.

- [16] 본 발명의 또 다른 목적은 다수의 처리 모듈이 서로 전기적으로 연결됨으로써 신경이 끊긴 부위가 있더라도 전기 신호 또는 전기 자극을 상호 송수신할 수 있는 신경 소자를 제공하는 것이다.
- [17] 본 발명의 또 다른 목적은 유연한 기관 상에 나노 와이어 팁을 부착하여 대뇌피질과 같은 넓은 면적의 신경기관 상의 신경신호를 검출하거나 자극할 수 있는 나노 와이어를 이용한 패치 형태의 신경 소자를 제공하는 것이다.
- [18] 본 발명의 또 다른 목적은 기존의 커프에 비해 크기가 작아질 수 있고, 내벽에 나노 와이어 기반의 탐침이 있으며, 특정 신경 다발을 선별적으로 선택하여 신호를 자극하거나 검출할 수 있는 신경 소자를 제공하는 것이다.
- [19] 본 발명의 또 다른 목적은 나노 와이어 형성 방향과 처리모듈의 방향을 달리 설정하여 나노 와이어가 신경에 삽입되는데 방해 받지 않는 신경소자를 제공하는 것이다.
- [20] 본 발명의 또 다른 목적은 전기신호를 송수신하는 나노 와이어를 포함하는 지능형 신경소자가 획득한 전기신호 등의 데이터를 외부의 통신모듈에 전송하거나 외부통신모듈에서 처리된 데이터를 다시 내부 신경소자로 전송할 수 있는 신경소자를 제공하는 것이다.

[21]

과제 해결 수단

- [22] 본 발명의 제1실시형태에 따른 신경소자는 기관; 상기 기관에 일 종단이 고정되고, 신경에 삽입되어 신경섬유로부터 전기 신호를 획득하거나, 신경섬유에 전기 신호를 인가하는 적어도 하나 이상의 나노 와이어; 및 상기 기관 위에 형성되고, 나노 와이어의 적어도 일부를 감싸서 나노 와이어를 지지하는 지지층을 포함한다.
- [23] 본 발명에서 지지층은 절연 물질, 생체 적합성 물질 및 생분해성 물질로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상의 물질을 포함할 수 있으며, 또한 지지층은 약물을 포함할 수 있다.
- [24] 본 발명의 제2실시형태에 따른 신경소자는 관통 홀을 갖는 기관, 및 이 기관의 일면에 일 종단이 고정되고, 신경에 삽입되어 신경섬유로부터 전기 신호를 획득하거나, 신경섬유에 전기 신호를 인가하는 복수의 나노 와이어를 포함하는 단위 전극부를 적어도 하나 구비하는 전극부; 상기 기관 위에 형성되고 나노 와이어의 적어도 일부를 감싸서 나노 와이어를 지지하는 지지층; 및 상기 각 단위 전극부와 전기적으로 연결되고, 상기 단위 전극부가 신경섬유로부터 전기 신호를 획득하거나 신경섬유에 전기 신호를 인가하는 동작을 제어하는 처리 모듈을 포함한다.
- [25] 본 발명에서 처리 모듈은 내부에 내부통신모듈을 구비하여 외부에 설치된 외부통신모듈과 데이터를 송수신할 수 있는데, 이때 내부통신모듈과 외부통신모듈은 무선주파수(RF) 또는 유선으로 데이터를 송수신할 수 있으며,

데이터는 신경섬유로부터 획득하는 전기신호, 또는 신경섬유에 인가하는 전기자극을 포함할 수 있다.

- [26] 본 발명의 제3실시형태에 따른 신경소자는 기관; 상기 기관에 일 종단이 고정되고, 신경에 삽입되어 신경섬유로부터 전기 신호를 획득하거나, 신경섬유에 전기 신호를 인가하는 적어도 하나 이상의 나노 와이어를 포함하는 복수의 나노 와이어 모듈; 상기 기관 위에 형성되고, 나노 와이어의 적어도 일부를 감싸서 나노 와이어를 지지하는 지지층; 및 상기 복수의 나노 와이어 모듈과 전기적으로 연결되고, 상기 복수의 나노 와이어 모듈 중 선택된 임의의 나노 와이어 모듈 간 전기 신호 또는 전기 자극을 상호 송수신할 수 있는 처리 모듈을 포함한다.
- [27] 본 발명의 제3실시형태에 따르면, 처리 모듈은 복수의 나노 와이어 모듈 중 임의로 선택된 나노 와이어 모듈로부터 획득한 전기 신호를 처리하여 임의의 다른 나노 와이어 모듈에 전기 자극으로 인가할 수 있다.
- [28] 본 발명의 제3실시형태에 따르면, 기관은 넓은 면적의 신경기관에 부착될 수 있도록, 패치 타입의 연성 기관을 사용할 수 있다. 연성 기관은 곡면을 포함하는 신경기관에 부착될 때 특히 유리하다. 연성 기관으로는 폴리이미드(PI, polyimide), 폴리디메틸실록산(PDMS, polydimethylsiloxane), 폴리에틸렌(PE, polyethylene) 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET, polyethylene terephthalate), 고어텍스(expanded polytetrafluoroethylene) 등을 사용할 수 있으며, 회로 등을 구현하기 위한 제조적 용이성을 고려하여 특히 폴리이미드를 사용할 수 있다.
- [29] 본 발명의 제3실시형태에 따르면, 다수의 나노 와이어가 집합하여 다수의 나노 와이어 모듈을 형성하는데, 다수의 나노 와이어 모듈은 격자 형태로 배치될 수 있다. 나노 와이어 모듈의 배치는 격자 배치 형태로 제한되지는 않으나, 나노 와이어 성장을 위한 씨앗층 준비, 회로구현 등을 위한 공정, 마스크 제작 및 실제 공정의 용이성이 격자 배치의 장점으로 고려될 수 있다.
- [30] 본 발명의 제3실시형태에 따르면, 기관에는 천공이 형성될 수 있으며, 천공은 다른 추가적인 기능, 예를 들어 손상된 신경이 자랄 수 있는 통로를 제공하는데, 이 경우 신경이 자라는 동안 전기자극과 신경신호 검출을 할 수 있는 위치로 천공의 속 면이 이용될 수 있다. 천공은 다양한 형태로 형성될 수 있고, 예를 들어 나노 와이어 모듈과 마찬가지로 격자 형태로 배치될 수 있다.
- [31] 본 발명의 제4실시형태에 따른 신경소자는 중공의 원통 형태를 이루되, 원통 둘레의 일부가 끊겨서 개방부를 갖는 커프; 상기 커프의 내면에 일 종단이 고정되고, 신경에 삽입되어 신경섬유로부터 전기 신호를 획득하거나, 신경섬유에 전기 신호를 인가하는 적어도 하나 이상의 나노 와이어를 포함하는 복수의 나노 와이어 모듈; 상기 커프 내면에 형성되고, 나노 와이어의 적어도 일부를 감싸서 나노 와이어를 지지하는 적어도 하나의 지지층; 및 상기 복수의 나노 와이어 모듈과 전기적으로 연결되고, 상기 복수의 나노 와이어 모듈 중 선택된 임의의 나노 와이어 모듈 간 전기 신호 또는 전기 자극을 상호 송수신할

수 있는 처리 모듈을 포함하는 신경소자를 포함한다.

- [32] 본 발명의 제4실시형태에 따르면, 처리 모듈은 복수의 나노 와이어 모듈 중 임의로 선택된 나노 와이어 모듈로부터 획득한 전기 신호를 처리하여 임의의 다른 나노 와이어 모듈에 전기 자극으로 인가할 수 있다.
- [33] 본 발명의 제4실시형태에 따르면, 나노 와이어는 일 방향으로 배열되어 선 형태의 나노 와이어 모듈을 형성할 수 있으며, 이 경우 나노 와이어 모듈은 십자 형태로 마주보며 배치될 수 있다. 신경다발을 구성하는 신경섬유는 각기 다른 기능을 하도록 신경신호를 전달하는데, 십자 형태와 같이 여러 부분에서 신경자극에 의한 신호를 가하거나 신호를 검출하는 것은 국부적인 자극이나 검출을 통하여 커프의 기능을 극대화할 수 있다.
- [34] 본 발명의 제4실시형태에 따르면, 커프에는 천공이 형성될 수 있으며, 천공은 다른 추가적인 기능, 예를 들어 외부에서 약물전달을 위한 통로 등으로 사용될 수 있다. 천공의 형태는 특별히 제한되지 않고 다양한 형태로 형성될 수 있다.
- [35] 본 발명의 제5실시형태에 따르면, 나노 와이어 모듈은 기관 또는 커프의 제1면에 형성되고, 상기 처리 모듈은 상기 기관 또는 커프의 제1면과 상이한 제2면에 형성될 수 있다.
- [36] 본 발명의 제5실시형태에 따르면, 상기 제2면의 법선 벡터와 상기 제1면의 법선벡터가 이루는 각은 170도 내지 180도이고, 나노 와이어 모듈과 처리 모듈은 관통 비아홀 연결(through via hole connection)을 통해 연결될 수 있다.
- [37] 본 발명의 제5실시형태에 따르면, 관통 비아홀은 상기 기관 또는 커프의 CMOS(Complementary metal oxide semiconductor) 영역과 다른 영역에 위치할 수 있다.

[38]

발명의 효과

- [39] 본 발명에 따라 절연 물질 등으로 나노 와이어를 감싸서 나노 와이어를 지지함으로써 내구성 등의 물성을 향상시킬 수 있다. 지지층을 생분해성 물질로 구성할 경우 생분해되는 영역에서 추가의 신호를 얻을 수 있다. 또한, 지지층은 식각이 가능하여 새로운 소재로 변화시킬 수 있다. 또한, 지지층에 면역 억제제 등의 약물을 담지하여 활용할 수 있다.
- [40] 또한, 기존의 신경 신호 측정 장비들은 팁 크기가 커서 신경 세포를 괴사시킬 수 있지만, 본 발명에서는 나노 수준의 팁을 사용하여 신경 세포의 손상 없이 자극 및 검출이 가능하다.
- [41] 또한, 본 발명에서는 다수의 처리 모듈이 서로 전기적으로 연결됨으로써, 신경이 끊긴 부위가 있더라도 전기신호 또는 전기자극을 상호 송수신할 수 있다.
- [42] 또한, 기존에는 신경다발을 절단하여야 하는 부담이 있었지만, 본 발명의 일 실시형태에 따른 패치 형태의 신경 소자를 사용할 경우, 표면에 간단히 덮는 형식으로 신경기관의 손상 없이 뇌와 같은 대면적 기관에 사용할 수 있다.

- [43] 또한, 기존의 커프 장비는 신경 다발을 전체적인 관점에서 자극하거나 신호를 검출하지만, 본 발명의 일 실시형태에 따른 커프 형태의 신경소자를 사용할 경우, 크기를 다양하게 할 수 있어 특정 신경 다발을 선별적으로 선택하여 신호를 자극하거나 검출할 수 있으며, 신경 주위를 둘러싸는 커프 구조를 채택하여 신경을 손상시키지 않는다.
- [44] 또한, 본 발명에서는 무선 주파수(RF) 송수신 장치를 이용하거나 유선장치를 이용함으로써, 나노 와이어를 포함하는 지능형 신경소자가 획득한 전기신호 등의 데이터를 외부의 통신모듈에 전송하거나 외부통신모듈에서 처리된 데이터를 다시 내부 신경소자로 전송할 수 있다.
- [45] 또한, 본 발명의 신경 소자는 나노 와이어의 형성 방향과 처리모듈의 방향을 달리 설정하여 나노 와이어가 신경에 삽입되는데 방해 받지 않도록 할 수 있다.

[46]

도면의 간단한 설명

- [47] 도 1은 본 발명의 제1실시형태에 따른 신경소자의 사시도이다.
- [48] 도 2는 본 발명의 제2실시형태에 따른 신경소자의 사시도이다.
- [49] 도 3 및 도 4는 본 발명의 제2실시형태에 따른 신경소자의 단위 전극부 배치방법 및 사시도를 도시한 것이다.
- [50] 도 5 및 도 6은 본 발명의 제2실시형태에 따른 신경소자의 데이터 통신방법을 도시한 것이다.
- [51] 도 7 내지 도 10은 본 발명의 제3실시형태에 따른 신경소자를 도시한 것이다.
- [52] 도 11은 본 발명의 제3실시형태에 따라 처리 모듈의 행렬을 나타낸 개략도이다.
- [53] 도 12는 본 발명의 제3실시형태에 따라 신경이 끊긴 부위에서 처리 모듈이 송수신하는 일 예를 나타낸 개략도이다.
- [54] 도 13 내지 도 16은 본 발명의 제4실시형태에 따른 신경소자를 도시한 것이다.
- [55] 도 17 내지 도 20은 본 발명의 제5실시형태에 따른 신경소자를 도시한 것이다.
- [56]

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [57] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명을 상세하게 설명한다.
- [58] 본 발명에서 신경소자는 나노 크기의 물질을 포함한다. 나노 크기의 물질들은 사이즈가 작아 표면적/부피비가 증가하기 때문에, 표면에서 일어나는 전기 화학적인 반응이 우세해지므로 다양한 센서에 이용될 수 있다.
- [59] 특히, 나노 튜브, 나노 선 및 나노 막대 등과 같은 1차원 나노 소재는 종횡비(aspect ratio)가 커서 조작성이 용이하므로, 가장 먼저 나노 소자로 구현된 바 있다.
- [60] 본 발명은 신경으로부터 전기 신호를 획득하기 위해 나노 와이어를 기반으로 하는 신경 소자를 제안한다.
- [61] 도 1은 본 발명의 제1실시형태에 따른 신경소자의 사시도로서, 이 신경소자는

기관(1), 나노 와이어(2), 및 지지층(3)을 포함한다.

- [62] 기관(1)은 금속, 플라스틱, 또는 세라믹 소재 등으로 구성될 수 있다.
- [63] 나노 와이어(2)는 상기 기관(1)에 일 종단이 고정되어 수직방향으로 연장되고, 신경에 삽입되어 신경섬유로부터 전기 신호를 획득하거나, 신경섬유에 전기 신호를 인가한다. 구체적으로, 나노 와이어(2)는 신경 다발 내의 신경섬유 내에 삽입되어 신경섬유 내의 신경세포 표면을 따라 발생하는 전기 신호를 획득하거나, 신경섬유 내의 신경세포에 전기 자극을 제공한다.
- [64] 종래에는 매크로 단위 사이즈로 제작된 전극을 배열하여 신경섬유에 삽입하였는데, 이 경우 전극이 삽입되는 신경섬유에 손상이 발생하여 신경섬유가 죽는 문제가 발생하였다. 그러나, 본 발명의 경우, 전기 신호의 획득 및/또는 전기 자극의 제공을 위해 나노 와이어(2)를 사용하기 때문에 신경섬유에 대한 손상을 최소화할 수 있다.
- [65] 일반적으로 신경섬유의 지름은 수 마이크로미터 이상인데 비해, 나노 와이어(2)는 지름이 수십 내지 수백 나노미터(nm)에 불과하여 신경섬유의 어느 일부분에 삽입되어 신경섬유 내의 신경세포에 전기 자극을 제공하거나 전기 신호를 획득하므로, 나노 와이어(2)가 삽입되어도 신경섬유에 큰 손상을 주지 않는다.
- [66] 나노 와이어(2)는 신경섬유의 길이방향 또는 수직방향으로 삽입될 수 있다. 나노 와이어(2)가 길이 방향으로 삽입되는 경우, 나노 와이어(2) 및 신경섬유의 바깥부분 간의 접촉 면적이 최대화되기 쉽다는 이점이 있다.
- [67] 지지층(3)은 상기 기관(1) 위에 나노 와이어(2)를 부분적으로 감싸도록 형성되며, 예를 들어 코팅, 또는 증착 등의 방법에 의해 형성될 수 있다. 구체적으로, 지지층(3)의 형성방법은 전자 빔(Electron beam), 감마선(γ -ray)과 같은 높은 에너지를 갖는 빛을 재료 표면에 조사하여 생체적합성 고분자를 코팅시키거나, 플라즈마 처리를 통한 그래프팅 방법을 이용할 수 있다. 또한, 화학적 증착(CVD: Chemical Vapor Deposition)과 스퍼터링, 전자 빔 증착(Electron-beam Evaporation), 열 증착(Thermal Evaporation) 등의 물리적 증착(PVD: Physical Vapor Deposition) 방법으로 증착할 수 있다.
- [68] 지지층(3)은 나노 와이어(1)를 지지함으로써 신경소자의 내구성 등을 향상시키는 역할을 한다.
- [69] 지지층(3)의 두께는 나노 와이어(2)의 높이를 기준으로 예를 들어 1 내지 99%, 10 내지 90%, 20 내지 80%, 또는 50 내지 70%일 수 있다.
- [70] 지지층(3)은 절연 물질, 생체 적합성 물질 및 생분해성 물질로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 이상의 물질로 이루어질 수 있다.
- [71] 지지층(3)은 절연 물질을 포함하여 절연성을 지닐 수 있고, 또한 신체에 삽입되므로 생체 적합성 물질로 구성되는 것이 바람직하다. 예를 들어, 지지층(3)은 금속 및/또는 수지상의 기관 상에 적층되는 생체적합성 박막 혹은 후막을 포함할 수 있다. 이와 같은 생체적합성 박막 및 후막은 아민, 하이드록실,

또는 카르복실와 같은 하나 이상의 친수성 치환기를 가지는 유기실란을 이용한 표면개질을 통해 얻을 수 있고, 또한 상기 친수성 기능기를 가지는 파릴렌 등의 생체적합성 박막 및 후막을 포함할 수 있다. 한편, 탄소, 실리콘, 카본실리콘, 산화실리콘, 실리콘 중합체, 실리콘 질화물, 알루미늄, 수산화아파타이트, 생체유리, 인산3칼슘 세라믹스, 키토산, 폴리펩티드(polypeptides), 다당류(polysaccharides), 또는 폴리뉴클레오티드(polynucleotide)와 같은 천연고분자나 생체적합 폴리머 등 생체에 적합한 물질도 쓰일 수 있다. 또한, 생체적합성 물질로서 하이드로겔(hydrogel), 콜라겐(collagen), 실크(silk), 폴리히마(polyHEMA: Polyhydroxyethylmethacrylate), PEG(polyethylene glycol), PU(polyurethane), 테플론(teflon), PMMA(Polymethyl methacrylate), 또는 PEEK(Polyetheretherketone) 등을 사용할 수 있다.

- [72] 지지층(3)은 또한 생분해성 물질로 구성될 수 있는데, 이러한 물질로는 락트산(lactic acid), 글리콜산(glycolic acid)의 공중합체 혹은 단일중합체; 포도당 유도체 등 탄수화물 유래 모노머를 구성분자로 하는 중합체; 알긴산 등 생분해성 하이드로겔; 또는 폴리펩티드, 다당류, 또는 폴리뉴클레오티드와 같은 천연고분자 등을 사용할 수 있다. 생분해성 고분자(biodegradable polymers)로는 PLA(Polylactide), PGA(Polyglycolide), PLGA(Polylactide-co-glicolide), 또는 PCL(Poly ϵ -caprolactone), PDO(Polydioxanone) 등을 사용할 수 있다.
- [73] 지지층(3)이 생분해성 물질로 구성될 경우, 생분해되는 영역에서 추가의 신호를 얻을 수 있다.
- [74] 지지층(3)은 식각이 가능하고 식각에 의해 새로운 나노 와이어 영역이 노출될 수 있다. 예를 들어 나노 와이어 중 일부가 물리적으로 손상될 경우, 지지층(3)을 부분적으로 식각하여 감싸져 있던 나노 와이어의 온전한 부분을 노출시킬 수 있다. 필요에 따라서 식각 단계 전에 노출되었던 나노 와이어를 모두 제거할 수도 있고, 이 경우 새로운 소자로 재생할 수 있다.
- [75] 식각 방법은 O_2 또는 오존을 이용한 플라즈마 식각이 이용될 수 있으며, Ar, Ga 등의 이온을 가속하여 물리적으로 식각하거나 또는 플라즈마로 만들어 식각하는 방법이 사용될 수 있다.
- [76] 또한, 지지층(3)은 면역 억제제, 스테로이드(Steroid), 항생물질(Gentamycin 등), 신경재생 촉진물질(BDNF: Brain-derived neurotrophic factor), 염증억제제(dexamethasone 등), 신경전달물질(antagonist MK801 등) 등과 같은 약물을 담지할 수 있으며, 이에 따라 신경소자는 신호 획득과 인가와 같은 기본적인 기능 외에 약물을 이용한 치료 목적으로도 사용될 수 있다. 예를 들어, 생분해성 물질에 약물을 혼합하여 지지층(3)을 제작할 경우, 생분해성 물질이 분해됨에 따라 약물이 방출될 수 있다.
- [77] 상기 지지층(3)은 필요에 따라 하나 이상의 층으로 형성될 수 있다. 예를 들어 기관 상에 형성되고 절연 재료를 포함하여 절연 역할을 하는 제1지지층; 상기 제1지지층 상에 형성되고 생체 적합성 물질을 포함하여 나노 와이어를 지지하는

역할을 하는 제2지지층; 및 상기 제2지지층 상에 형성되고, 생분해성 물질 및 약물을 포함하여 약물을 방출하는 역할을 하는 제3지지층을 포함할 수 있다.

[78] 도 2는 본 발명의 제2실시형태에 따른 신경 소자를 나타내는 도면이다.

[79] 이하에서 언급되는 도면은 설명의 편의를 위해 각 부재의 크기를 과장하거나 축소하여 도시한 것이므로, 본 발명이 첨부된 도면의 구체적인 수치에 제한되지 아니한다.

[80] 본 발명의 제2실시형태에 따른 신경 소자는 전극부(500)를 포함하고, 전극부(500)는 단위 전극부(520)를 적어도 하나 이상 구비하며, 단위 전극부(520)는 관통 홀(522)을 갖는 베이스(521), 이 베이스(521)의 일면에 일 종단이 고정되어 수직방향으로 연장되고 신경에 삽입되는 복수의 나노 와이어(nano wire)(524), 및 나노 와이어(524)를 지지하는 지지층(525)을 포함한다.

[81] 단위 전극부(520)에 포함되는 복수의 나노 와이어(524)는 신경에 포함된 신경섬유로부터 전기 신호를 획득하는 동시에 신경섬유에 전기 자극을 인가할 수 있으며, 이와는 다르게 전기 신호의 획득 또는 전기 자극의 인가 중 어느 한 기능만을 수행하도록 구성할 수 있다. 단위 전극부(520)에 포함되는 복수의 나노 와이어(524) 중 일부는 신경섬유에 전기 자극을 인가하고, 다른 일부는 신경섬유로부터 전기 신호를 획득할 수 있다. 예를 들어, 각 단위 전극부(520)는 신경섬유로부터 전기 신호를 획득하는 복수의 나노 와이어(524)만 포함하거나, 신경섬유에 전기 자극을 인가하는 복수의 나노 와이어(524)만 포함할 수 있다. 또한, 단위 전극부(520)는 신경섬유로부터 전기 신호를 획득하는 복수의 나노 와이어(524), 신경섬유에 전기 자극을 인가하는 복수의 나노 와이어(524), 및 신경섬유로부터 전기 신호를 획득하거나 신경섬유에 전기 자극을 인가하는 나노 와이어(524)가 모두 포함될 수 있다.

[82] 본 발명의 제2실시형태에 따른 신경 소자는 각 단위 전극부(520)와 전기적으로 연결되며, 단위 전극부(520)가 신경섬유로부터 전기 신호를 획득하거나 신경섬유에 전기 신호를 인가하는 동작을 제어하는 처리 모듈(510)을 포함한다.

[83] 처리 모듈(510)은 신경섬유로부터 전기 신호를 획득하거나, 신경섬유에 전기 신호를 인가하는 동작을 제어한다. 처리 모듈(510)은 상술한 종래 기술 등에서 사용된 종래의 소자를 이용하여 제작할 수 있는 소자이다.

[84] 본 발명의 제2실시형태에 따른 전극부(500)는 신경섬유로부터 획득한 전기 신호를 처리 모듈(510)에 제공하며, 처리 모듈(510)의 제어에 따라 신경섬유에 전기 자극을 인가한다. 단위 전극부(520)는 나노 와이어(524)와 전기적으로 연결되며, 전기적으로 서로 연결된 복수의 나노 와이어(524)의 전류 변화를 감지하는 CMOS(Complementary metal oxide semiconductor) 소자 또는 CCD(Charge-Coupled Device) 소자가 베이스 내부에 결합될 수 있다. 즉, 처리 모듈(510)의 제어에 따라 CMOS 소자 또는 CCD 소자는 전류를 제어하여 나노 와이어(524)로 전기 자극을 인가하거나, 나노 와이어(524)의 전류 변화로부터

- 전기 신호가 획득된 것을 처리 모듈(510)로 전달한다.
- [85] 도 2의 일례에 따른 신경 소자는 관통 홀(522)을 갖는 베이스(521), 복수의 나노 와이어(524) 및 지지층(525)을 포함하는 적어도 하나의 단위 전극부(520), 그리고 처리 모듈(510)을 포함한다.
- [86] 단위 전극부(520)의 베이스(521)는 판상 또는 다양한 입체 형상으로 제작되며, 베이스(521)의 중심부에 관통 홀(522)을 갖도록 형성되고, 처리 모듈(510)과 연결된다. 베이스(521)에는 적어도 하나의 관통 홀(522)이 제작되는 것이 바람직하다. 관통 홀(522)은 원형, 타원형, 다각형 등의 다양한 단면을 가질 수 있으나, 바람직하게 수십 마이크로미터에서 수십 나노미터의 사이즈를 갖는다. 예를 들어, 베이스(521)는 제작 및 대량생산이 용이한 다각형 형상으로 제작될 수 있으며, 각 변의 길이는 25 마이크로미터 이상 30 마이크로미터 이하의 사이즈로 제작될 수 있다.
- [87] 베이스(521)는 다수개의 열과 행으로 배치될 수 있으며, 도 3은 2*2 배열로 배치된 일례이고, 바람직하게, 단위 전극부(520)는 128*128 배열로 배치될 수 있다. 베이스 내부(521)에는 나노 와이어(524)와 전기적으로 연결되어 전기 신호를 인가하거나 획득하는 CMOS 소자 또는 CCD 소자가 결합되어 있다.
- [88] 예를 들어, 도 4는 단위 전극부(520)의 베이스(521) 내부에 구비된 CMOS 소자를 도시한 부분 사시도이며, 각각의 단위 전극부(520)는 한개 이상의 CMOS 소자 또는 CCD 소자를 구비할 수 있고, CMOS 소자 또는 CCD 소자와 전기적으로 연결된 복수의 나노 와이어(524)는 서로 전기적으로 연결되어 있다.
- [89] 따라서, 전극부(500)를 구성하는 복수의 단위 전극부(520)는 내부에 각각 한개의 CMOS 소자 또는 CCD 소자를 구비하며, CMOS 소자 또는 CCD 소자로부터 획득된 복수의 단위 전극부(520)의 전기 신호가 한 개의 처리모듈(510)에서 통합하여 처리될 수 있고, 각 단위 전극부의 CMOS 소자 또는 CCD 소자를 통하여 전기 자극을 인가할 수 있다.
- [90] 관통 홀(522)은 베이스(521)의 중심부에 형성되며, 관통 홀(522)을 통해 절단된 신경섬유의 단면이 자생하여 복원될 수 있다. 복수의 나노 와이어(524)는 일정한 간격으로 배치될 수 있고, 하중을 지지하기 위해서 다발(bundle)로 형성되는 것이 바람직하다. 각각의 나노 와이어(524)는 베이스(521)의 일면에 지지부가 형성될 수 있다.
- [91] 도 2의 일례는 처리 모듈(510)의 일측에 전극부(500)가 연결되는 일례에 관한 것이다. 처리모듈(510)에 연결되는 전극부(500)는 신경섬유로부터 전기 신호를 획득하거나, 신경섬유에 전기 자극을 인가하거나, 전기 신호를 획득함과 동시에 전기 자극을 인가할 수 있다. 한편, 처리 모듈(510)에 연결되는 전극(500)의 개수에는 제한이 없다.
- [92] 예를 들어, 처리 모듈(510)의 마주하는 양측에 두 개의 전극이 연결될 수 있다. 이 경우, 처리 모듈(510)의 일측에 구비되는 제1전극부는 신경섬유로부터 전기신호를 획득하고, 처리 모듈(510)의 타측에 구비되는 제2전극부는

신경섬유에 전기 자극을 인가하는 것이 바람직하다. 따라서, 제1전극부에 포함된 복수의 나노 와이어는 신경섬유로부터 전기 신호를 획득하고, 제2전극부에 포함된 복수의 나노 와이어는 신경섬유로 전기 자극을 인가한다. 즉, 각각의 전극부에 포함된 복수의 나노 와이어는 전기 자극의 인가 또는 전기 신호의 획득 중 한 가지 기능만을 수행하게 된다.

- [93] 도 2의 신경소자는 다양한 방법으로 제작될 수 있다. 촉매를 이용하여 나노 와이어를 합성하는 방법의 경우, 나노 클러스터에 반응물(reactant)을 가하면, 결정핵생성(nucleation) 및 성장(growth)이 이루어져 나노 와이어가 합성된다. 또한, 본 발명에 사용되는 나노 와이어는 종래 문헌(Si Nanowire Bridge in Trenaces: "Integration of Growth into Device Fabrication" Adv. Mater.17, 2008, 2005) 등에 기재된 방법에 의해 형성될 수도 있다.
- [94] 나노 와이어를 포함하는 전극(500)의 제작 방법은 다음과 같다. 상술한 관통 홀(522)을 포함하는 베이스(521)는 실리콘과 같은 다양한 소재의 웨이퍼 상에 포토 마스크와 에칭 공정을 적용하여 구현할 수 있다.
- [95] 관통 홀(522)을 포함하는 베이스(521)가 형성되면, 베이스(521)의 일면의 나노 와이어(524)가 성장할 위치에 촉매를 도포한다. 예를 들어, 베이스(521)의 가장자리를 따라 나노 와이어(524)의 일 종단을 고정하는 경우에는, 베이스(521)의 가장자리에 나노 와이어(524) 성장을 위한 촉매를 도포한다. 촉매는 리소그래피 공정 등을 통해 베이스(521) 일면의 임의의 부분에 위치할 수 있다. 촉매는 성장시키려는 나노 와이어(524)의 소재에 따라 선택되는 것이 바람직하며, 예를 들어, 실리콘 나노 와이어(524)를 성장시키는 경우에는 Au 촉매를 사용할 수 있다. 촉매가 기판 상에 도포된 경우 CVD 공정 등을 통해 반응물을 공급하여 나노 와이어(524)가 형성될 수 있다.
- [96] 베이스(521) 및 나노 와이어(524)는 다양한 재질일 수 있다. 예를 들어, 실리콘, 금, 은, 이리듐, 산화 이리듐, 백금, 주석, 니켈, 크롬, 레늄(rhenium) 및 동과, 이들 금속을 다양하게 조합한 합금 등과 같이 나노 공정에 의해 나노 소자로 구현될 수 있는 반도체 소자 또는 금속은 모두 가능하다.
- [97] 도 5 및 도 6은 본 발명의 제2실시형태에 따른 신경소자의 데이터 통신방법을 도시한 것으로, 먼저 관통 홀(522)을 갖는 베이스(521), 이 베이스(521)의 일면에 일 종단이 고정되어 수직방향으로 연장되는 나노 와이어(524), 및 나노 와이어(524)를 지지하는 지지층(525)을 포함하는 전극부(500)를 신경섬유에 삽입한다.
- [98] 다음, 전극부(500)를 통해 신경섬유와 데이터를 송수신한다. 여기서, 데이터는 신경섬유로부터 획득하는 전기신호, 및 신경섬유에 인가하는 전기자극을 포함한다.
- [99] 다음, 전극부(500)와 전기적으로 연결된 처리모듈(510)을 이용하여 전극부(500)의 송수신 동작을 제어한다.
- [100] 다음, 처리모듈(510)에 설치된 내부통신모듈(511)을 이용하여

- 외부통신모듈(700)과 데이터를 송수신한다.
- [101] 내부통신모듈(511)과 외부통신모듈(700)은 통상의 통신모듈로서, 도 5와 같이 무선주파수(RF)로 데이터를 송수신할 수 있으며, 또한 도 6과 같이 유선(W)으로 데이터를 송수신할 수 있다.
- [102] 이와 같이, 무선 주파수(RF) 송수신 장치를 이용하거나 유선장치를 이용함으로써, 나노 와이어(524)를 포함하는 지능형 신경소자가 획득한 전기신호 등의 데이터를 외부의 통신모듈(700)에 전송하거나 외부통신모듈(700)에서 처리된 데이터를 다시 내부 신경소자로 전송할 수 있다.
- [103] 도 7 내지 도 10은 본 발명의 제3실시형태에 따른 신경소자를 도시한 것이다.
- [104] 도 7은 격자 형태의 나노 와이어 모듈을 갖는 패치 형태의 신경 소자의 사시도로서, 이 신경 소자는 넓은 면적의 기관(10), 이 기관(10)에 형성된 다수의 나노 와이어 모듈(20), 및 기관(10) 위에 나노 와이어(21)를 부분적으로 감싸도록 형성되어 나노 와이어(21)를 지지하는 지지층(22)으로 구성된다.
- [105] 기관(10)은 생물체의 기관 표면에 부착되는 패치 형태로서, 넓은 면적의 신경기관에 부착될 수 있도록, 연성 기관인 것이 바람직하다.
- [106] 본 발명에서 연성이라 함은 부드럽고 무르며 연한 성질을 의미한다. 따라서, 일정한 외력을 가하면 연성 기관은 쉽게 굽혀지거나 변형될 수 있다. 특히 연성 기관은 곡면을 포함하는 신경기관에 부착될 때 유리하기 때문에, 본 발명에 따른 신경 소자의 기관(10)으로서 매우 적합하다.
- [107] 이러한 연성 기관으로는 PI, PDMS, PE, PET, 고어텍스 등을 사용할 수 있으며, 특히 폴리이미드가 회로 등을 구현하기 위한 제조적 용이성 때문에 바람직하다.
- [108] 나노 와이어 모듈(20)은 도 7의 부분 확대도에 도시된 바와 같이, 다수의 나노 와이어(21)로 구성된다. 즉, 다수의 나노 와이어(21)가 집합하여 나노 와이어 모듈(20)을 형성한다.
- [109] 나노 와이어 모듈(20)은 도 7에 도시된 바와 같이, 격자 형태로 배치될 수 있는데, 이에 한정되지 않고 다양한 형태로 배치될 수 있다. 격자 배치의 경우, 나노 와이어 성장을 위한 씨앗층 준비, 회로구현 등을 위한 공정, 마스크 제작 및 실제 공정의 용이성이 장점으로 고려될 수 있다.
- [110] 본 발명에서 격자라 함은 바둑판처럼 가로 세로를 일정한 간격으로 대략 직각이 되게 짝 구조나 물건 또는 그런 형식을 의미한다.
- [111] 도 7의 부분 확대도에 도시된 바와 같이, 나노 와이어(21)는 기관(10)의 일면에 일 종단이 고정되어 수직방향으로 연장된다.
- [112] 본 발명에서 수직이라 함은 직선과 직선, 직선과 평면, 평면과 평면이 이루는 각이 대략 직각일 때를 말하는데, 80 내지 100도의 범위에 있으면 대략 직각으로 볼 수 있으며, 또한 일부가 약간 굴곡되거나 휘어질 경우에도 대략 직선으로 볼 수 있다.
- [113] 이 실시형태의 경우 나노 와이어(21)가 신경섬유에 삽입되는 방향에는 제한이 없으며, 예를 들어 신경섬유의 길이방향 또는 수직방향으로 삽입될 수 있다.

- [114] 지지층(22)은 도면처럼 기관(10)과 동일한 면적으로 형성될 수 있고, 나노 와이어 모듈(20) 부분에만 형성될 수도 있다.
- [115] 도 8은 다른 기능을 위해 기관에 천공이 형성된 신경 소자의 사시도로서, 이 신경 소자는 도 7의 신경 소자와 달리, 다수의 천공(30)을 갖는 기관(10)을 포함한다.
- [116] 천공(30)은 다른 추가적인 기능, 예를 들어 손상된 신경이 자랄 수 있는 통로를 제공하는데, 이 경우 신경이 자라는 동안 전기자극과 신경신호 검출을 할 수 있는 위치로 천공의 속 면이 이용될 수 있다.
- [117] 천공(30)은 도 8에 도시된 바와 같이, 격자 형태로 배치될 수 있는데, 이에 한정되지 않고 다양한 형태로 배치될 수 있다. 다만, 천공(30)은 나노 와이어 모듈(20)의 배열과 중복되거나 너무 근접하지 않도록, 나노 와이어 모듈(20)의 배열을 피해 나노 와이어 모듈(20) 사이에 배치되는 것이 바람직하다.
- [118] 도 9는 신경 내 삽입을 위한 나노 와이어 배치를 갖는 신경 소자의 사시도로서, 이 신경 소자는 도 8의 신경 소자와 마찬가지로 격자 형태로 배치된 다수의 나노 와이어 모듈(20) 및 천공(30)으로 구성되나, 도 8의 신경소자와는 달리 나노 와이어 모듈(20)이 더 촘촘히 배치되어 천공(30)을 완전히 둘러싸고 있다.
- [119] 도 9 구조의 경우 도 8 구조에 비해 나노 와이어의 밀도를 증가시켜 신경자극을 좀 더 많은 부분으로 확대할 수 있으며, 또한 검출되는 신호의 크기가 커짐에 따라 신호 대 잡음비를 증가시킬 수 있는 이점이 있다.
- [120] 도 10은 본 발명의 제3실시형태에 따라 기관 하부에 처리 모듈이 결합된 신경 소자의 사시도이다.
- [121] 처리 모듈(40)은 나노 와이어(21)를 통해 주고 받는 신경 신호 혹은 전기 자극을 제어하는 역할을 한다. 처리 모듈(40)은 CMOS를 포함할 수 있고, 또는 처리 모듈(40)에 CMOS가 결합될 수 있다.
- [122] 나노 와이어 모듈(20) 각각에는 처리 모듈(40)이 전기적으로 연결되며, 다수의 처리 모듈(40)은 서로 전기적으로 연결됨으로써, 신경이 끊긴 부위가 있더라도 전기 신호 또는 전기 자극을 상호 송수신할 수 있다.
- [123] 도면에는 도시되어 있지 않지만, 처리 모듈(40)은 내부통신모듈(511)을 구비하여 외부통신모듈(700)과 데이터를 송수신할 수 있다.
- [124] 본 발명의 제3실시형태에 따른 신경 소자는 팁의 크기가 나노 수준이고, 패치 형태로 신경기관 표면을 간단히 덮는 형식으로 사용할 수 있으므로, 신경 세포의 손상 없이 자극 및 검출이 가능하며, 기존처럼 신경다발을 절단하여야 하는 부담이 없다. 또한, 커프 구조와는 달리, 기존의 방식으로는 측정 및 검출이 어려운 신체 기관, 예를 들어 넓은 면적에 신경 세포가 분포되어 있는 뇌와 같은 기관에 아무런 손상 없이 사용할 수 있다.
- [125] 도 11은 본 발명의 제3실시형태에 따라 처리 모듈의 행렬을 나타낸 개략도로서, 기관(10)에는 다수의 처리 모듈(40)이 예를 들어, a_{11} 내지 a_{1m} 까지의 행과 a_{11} 내지 a_{n1} 까지의 열을 이루고 있다.

- [126] 도 12는 본 발명의 제3실시형태에 따라 신경이 끊긴 부위에서 처리 모듈이 송수신하는 일 예를 나타낸 개략도로서, 신경(50)에 끊긴 부위(51)가 있더라도, 예를 들어 처리 모듈(40) 중 a_{22} 의 신호를 신경(50)이 끊긴 부위(51) 너머에 있는 a_{14} 로 보냄으로써 신호를 끊김 없이 연속적으로 처리할 수 있다.
- [127] 도 13 내지 도 16은 본 발명의 제4실시형태에 따른 신경소자를 도시한 것이다.
- [128] 도 13은 하나의 나노 와이어 모듈을 갖는 신경 소자의 사시도로서, 이 신경 소자는 커프(11), 나노 와이어 모듈(20), 지지층(23) 및 처리 모듈(40)로 구성된다.
- [129] 커프(11)는 내부가 비어 있는 중공의 원통 형태를 이루되, 원통 둘레의 일부가 끊겨서 개방부(12)를 가지며, 이 개방부(12)를 통해 커프(11)가 신경에 삽입될 수 있다.
- [130] 개방부(12)의 크기는 특별히 제한되지 않으며, 필요에 따라 도면보다 더 클 수도 있고, 더 작을 수도 있으며, 또한 개방 부위가 작아서 거의 붙어 있을 수도 있다.
- [131] 본 발명의 커프(11)는 기존의 커프와 유사한 구조이나, 그 크기가 작아질 수 있다.
- [132] 커프(11)는 다양한 재질로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 실리콘, 금, 은, 이리듐, 산화 이리듐, 백금, 주석, 니켈, 크롬, 레늄(rhenium) 및 동 중에서 1종으로 이루어지거나, 2종 이상을 다양하게 조합한 합금 등으로 이루어질 수 있으며, 이외에 나노 공정에 의해 나노 소자로 구현될 수 있는 반도체 소자 또는 금속은 모두 사용 가능하다.
- [133] 나노 와이어 모듈(20)은 다수의 나노 와이어(21)로 구성된다. 즉, 다수의 나노 와이어(21)가 집합하여 나노 와이어 모듈(20)을 형성한다.
- [134] 도 13에서 나노 와이어(21)는 커프(11)의 내면에 커프(11)의 길이 방향을 따라 일렬로 길게 배열되어 선 형태의 나노 와이어 모듈(20)을 형성한다. 그러나, 나노 와이어(21)의 배열 및 배치는 도 13의 배치에 한정되지 않고 다양한 형태로 배치될 수 있다.
- [135] 도 13에서 알 수 있는 바와 같이, 나노 와이어(21)는 커프(11)의 내면에 일 종단이 고정되어 수직방향으로 연장된다.
- [136] 이와 같이, 커프(11)의 내벽에는 나노 와이어(21) 기반의 탐침이 있으며, 탐침의 배열 및 개수는 필요에 따라 조절할 수 있다.
- [137] 처리 모듈(40)은 나노 와이어(21)를 통해 주고 받는 신경 신호 혹은 전기 자극을 제어하는 역할을 한다.
- [138] 처리 모듈(40)은 커프(11)의 외면에서 나노 와이어 모듈(20)과 대응되는 위치에 설치되는데, 하나의 나노 와이어 모듈(20)에는 다수의 처리 모듈(40)이 전기적으로 연결될 수 있으며, 다수의 처리 모듈(40)은 서로 전기적으로 연결됨으로써, 신경이 끊긴 부위가 있더라도 전기 신호 또는 전기 자극을 상호 송수신할 수 있다.
- [139] 도면에는 도시되어 있지 않지만, 처리 모듈(40)은 내부통신모듈(511)을

- 구비하여 외부통신모듈(700)과 테이터를 송수신할 수 있다.
- [140] 지지층(23)은 도면처럼 나노 와이어 모듈(20) 부분에만 형성될 수 있으나, 커프(11)와 동일한 면적으로 형성될 수도 있다.
- [141] 도 14는 십자 형태의 나노 와이어 모듈을 갖는 신경 소자의 사시도로서, 이 신경 소자는 십자 형태의 나노 와이어 모듈(20)을 갖는다.
- [142] 도 14에서는 4개의 나노 와이어 모듈(20)이 커프(11)의 내면에 십자 형태로 서로 마주보며 배치되며, 4개의 처리 모듈(40)이 커프(11)의 외주면에서 나노 와이어 모듈(20)과 대응되는 위치에 결합된다.
- [143] 신경다발을 구성하는 신경섬유는 각기 다른 기능을 하도록 신경신호를 전달하는데, 십자 형태와 같이 여러 부분에서 신경자극에 의한 신호를 가하거나 신호를 검출하는 것은 국부적인 자극이나 검출을 통하여 커프의 기능을 극대화할 수 있다.
- [144] 도 15는 다른 기능을 위해 커프에 천공이 형성된 신경 소자의 사시도로서, 이 신경 소자는 도 13 및 14의 신경 소자와 달리, 다수의 천공(30)을 갖는다.
- [145] 천공(30)은 다른 추가적인 기능, 예를 들어 외부에서 약물전달을 위한 통로 등으로 사용될 수 있다.
- [146] 천공(30)은 도 15에 도시된 바와 같이, 원주 방향과 길이 방향을 따라 일정한 간격으로 형성될 수 있는데, 이에 한정되지 않고 다양한 형태로 배치될 수 있다. 다만, 천공(30)은 나노 와이어 모듈(20)의 배열과 중복되거나 너무 근접하지 않도록, 나노 와이어 모듈(20)의 배열을 피해 나노 와이어 모듈(20) 사이에 배치되는 것이 바람직하다.
- [147] 도 16은 본 발명의 제4실시형태에 따른 신경 소자가 신경에 삽입되는 일 예를 나타낸 도면이다.
- [148] 먼저, 커프(11)를 신경(50)에 용이하게 삽입할 수 있도록, 커프(11)의 개방부(12)를 약간 벌린다. 이때, 도 16에 도시된 바와 같이, 집게 형태의 조일 수 있는 시술도구(60)를 이용하여 벌릴 수 있다. 커프(11)는 원통형으로 이루어지고 개방부(12)를 갖기 때문에 어느 정도의 탄성을 가지며, 따라서 원통의 형태를 유지하면서 그 형상이 약간 변형될 수 있다.
- [149] 다음, 커프(11)를 신경(50)에 감싸도록 삽입한 후, 시술도구(60)를 이용하여 커프(11)를 조여서 신경(50)과 접촉시킨다.
- [150] 이와 같이, 커프(11)의 개방부(12)를 통해 신경(50)에 삽입하므로, 커프(11) 삽입에 따른 신경의 손상은 없다.
- [151] 본 발명의 제4실시형태에 따른 신경 소자는 다수의 처리 모듈이 서로 전기적으로 연결됨으로써, 신경이 끊긴 부위가 있더라도 전기 신호 또는 전기 자극을 상호 송수신할 수 있다. 또한, 크기를 다양하게 할 수 있으므로, 특정 신경 다발을 선별적으로 선택하여 신호를 자극하거나 검출할 수 있다. 또한, 신경 주위를 둘러싸는 커프 구조를 채택하여 신경을 손상시키지 않는다.
- [152] 본 발명의 제4실시형태에 따른 신경소자의 경우도 도 11 및 도 12의 설명이

동일하게 적용된다.

- [153] 도 17은 본 발명의 제5 실시형태에 따른 신경소자의 일 예를 나타낸 도면으로, 이 실시형태에 따른 신경소자는 기관(710) 또는 커프, 나노 와이어(721, 722), 지지층(723, 724), 전극(731, 732), 관통 비아홀 연결(741, 742), 전극 패드(751, 752) 및 터치 볼(761, 762)을 포함한다.
- [154] 나노 와이어(721, 722) 각각의 전극(731, 732)은 기관의 반대 면의 전극 패드(751, 752)와 관통 비아 홀 연결(741, 742)을 통해 연결된다. 즉, 나노 와이어(721)의 전극(731)은 관통 비아홀 연결(741)을 통해 전극 패드(751)와 연결되고, 나노 와이어(722)의 전극(732)은 관통 비아홀 연결(742)을 통해 전극 패드(752)와 연결된다.
- [155] 전극 패드(751)는 나노 와이어(721)를 통해 신경섬유로부터 획득된 전기 신호를 출력하거나, 나노 와이어(721)로 전기 자극을 위한 신호를 인가한다. 전극 패드(752)는 나노 와이어(722)를 통해 신경섬유로부터 획득된 전기 신호를 출력하거나, 나노 와이어(722)로 전기 자극을 위한 신호를 인가한다.
- [156] 전극 패드(751)는 터치 볼(761)을 통해 처리 모듈(770)로 연결되고, 전극 패드(752)는 터치 볼(762)을 통해 처리 모듈(770)로 연결된다.
- [157] 이와 같이, 관통 비아 홀 연결 기술을 이용하여 기관의 반대 면에 위치된 나노 와이어 및 전극 패드와 처리 모듈이 전기적으로 연결된다. 나노 와이어가 설치되는 기관상의 면과, 전극 패드와 처리 모듈이 설치되는 기관상의 면은 서로 반대 면이므로 각각의 법선 벡터가 이루는 각은 약 180도가 된다.
- [158] 도 17에는 도시되지 않았으나, 기관에는 CMOS 영역이 구비될 수 있다. CMOS 영역은 CMOS를 구현하기 위해 사용되는 기관상의 영역이다. 관통 비아홀 연결(741, 742)은 CMOS 영역을 피해서 배치되는 것이 바람직하다.
- [159] 또한, 도 17에는 도시되지 않았으나, 전극(731, 732) 각각에는 나노 와이어를 위치시키기 위한 베이스가 설치될 수 있다.
- [160] 베이스에는 적어도 하나의 관통 홀이 구비될 수 있다. 관통 홀은 원형, 타원형, 다각형 등의 다양한 단면을 가질 수 있고, 특히 제작이 용이한 원형 형상이나 신경 다발의 단면에 상응하는 형상일 수 있다. 이때, 관통 홀은 수십 마이크로미터에서 수십 나노 미터의 지름을 가질 수 있다.
- [161] 특히, 베이스에 설치되는 관통 홀은 기관에 설치되는 관통 비아홀과 연결될 수도 있다. 이 경우 신경섬유가 관통 홀 또는 비아 홀을 통해 복원될 수도 있다.
- [162] 또한, 베이스에는 나노 와이어를 지지하기 위한 나노 와이어 지지대가 구비될 수 있다. 이때, 나노 와이어 지지대는 상기 관통 홀의 내주면에 구비될 수 있다. 나노 와이어 지지대는 나노 와이어가 일 방향으로 고정되도록 지지한다. 즉, 나노 와이어는 나노 와이어 지지대에 의하여 고정된다.
- [163] 나노 와이어 지지대는 관통 홀을 복수의 영역으로 구분하도록 형성될 수 있다. 나노 와이어 지지대는 직선 형상을 갖거나, 다양한 곡률을 갖는 곡선으로 형성될 수 있다. 또한, 나노 와이어 지지대는 관통 홀의 내주면으로부터 연장되어

형성되거나, 베이스의 어느 일면으로부터 연장되어 형성될 수 있다.

[164] 도 18은 도 17과 유사하나, 나노 와이어 프로브가 CMOS의 게이트나 드레인에 연결됨을 강조한 것이다.

[165] 도 18을 참조하면, 이 실시형태에 따른 신경 소자는 나노 와이어(811, 812), 지지층(813, 814), 전극(821, 822), 관통 비아홀 연결(851, 852), CMOS(881, 882), 전극 패드(830) 및 터치 볼(840)을 포함한다.

[166] 도 18에 도시된 예에서 전극 패드(830) 및 터치 볼(840)은 한 개씩만 도시되었으나, 나노 와이어(811, 812)의 개수에 따라 둘 이상의 전극 패드 및 터치 볼이 구비될 수도 있다.

[167] 나노 와이어(811, 812) 각각의 전극(821, 822)은 기관의 반대 면으로 관통 비아홀 연결(851, 852)을 통해 연결된다. 이때, 나노 와이어(811, 812) 각각은 CMOS(881, 882) 각각의 드레인이나 게이트와 연결된다.

[168] 전극 패드(830)는 나노 와이어(811, 812)를 통해 신경섬유로부터 획득된 전기 신호를 출력하거나, 나노 와이어(811, 812)로 전기 자극을 위한 신호를 인가한다.

[169] 전극 패드(830)는 터치 볼(840)을 통해 처리 모듈(870)로 연결된다.

[170] 이와 같이, 관통 비아홀 연결 기술을 이용하여 기관의 반대 면에 위치된 나노 와이어 및 전극 패드와 처리 모듈이 전기적으로 연결된다. 나노 와이어가 설치되는 기관상의 면과, 전극 패드와 처리 모듈이 설치되는 기관상의 면은 서로 반대 면이므로 각각의 법선 벡터가 이루는 각은 약 180도가 된다.

[171] 도 19는 나노 와이어 프로브 장치를 나타낸 도면으로, 이 실시형태에 따른 나노 와이어 프로브 장치는 나노 와이어(910), 지지층(911), 전극(920), 전극 패드(930) 및 터치 볼(940)을 포함한다.

[172] 터치 볼(940)은 소자에 연결된 처리 모듈(970)과 전기적으로 연결된다. 나노 와이어(910)는 터치 볼(940)의 반대 면에 형성된 베이스에 형성되고, 신경섬유로부터 측정된 전기신호를 터치 볼(940)을 통해 상기 소자로 제공하거나 상기 소자로부터 터치 볼(940)을 통해 인가된 신호에 기반하여 신경 섬유에 전기 자극을 인가한다.

[173] 나노 와이어(910)는 전극(920) 및 전극 패드(930)를 통해 터치 볼(940)과 연결된다.

[174] 도 19에 도시된 실시형태는 기관에 터치 볼(940)을 통해 접촉되는 나노 와이어 프로브 장치만 분리한 경우에 해당한다. 즉, 도 19에 도시된 실시형태는 소자와 독립적으로 관통 비아홀 연결을 이용해 만들어진 나노 와이어 프로브 단을 터치 볼로 소자에 연결하는 방식이다. 본 발명에서는 기관에 관통 비아홀 연결을 이용해서 나노 와이어와 접촉 패드를 연결하는 경우(소자 내에 포함되는 경우)나, 서로 반대 면에 나노 와이어와, 터치 볼과 연결되는 접촉 패드를 위치시킨 프로브 장치를 두고 이를 기관에 전기적으로 접촉되도록 하는 경우(소자와 독립적으로 구성되는 경우)를 모두 포괄한다.

[175] 도 20은 서로 기관의 반대 면에 위치하는 전극 및 패드의 관통 비아홀 연결을

통한 연결의 다른 예를 나타낸 도면이다.

- [176] 도 20을 참조하면, 나노 와이어(1111, 1112) 및 지지층(1113, 1114)이 형성되는 전극(1121, 1122)은 각각 관통 비아홀 연결(1130)을 통해 전극 패드(1141, 1142)와 연결된다. 즉, 전극(1121)은 전극 패드(1141)와 연결되고, 전극(1122)은 전극 패드(1142)와 연결된다.
- [177] 전극 패드(1141)의 상부에는 터치 볼(1151)이 형성되고, 전극 패드(1142)의 상부에는 터치 볼(1152)이 형성된다.
- [178] 도 20에 도시된 예에서는 전극(1121, 1122) 및 전극 패드(1141, 1142)의 연결이 관통 비아홀 연결(1130)의 일부분에 의해 이루어지고, 관통 비아홀 연결(1130)의 남은 부분은 홀 그대로 남겨두게 된다. 즉, 관통 비아홀 연결(1130)은 모두 메탈로 채워질 필요는 없으며, 일부 공간만 메탈을 통해 기관의 양면의 전극이 연결되도록 하고, 남은 부분은 공간으로 남겨질 수 있다. 이때, 남겨진 홀 부분의 외면은 코팅될 수 있다. 또한, 남겨진 홀 부분을 통해 신경섬유나 신경조직 등이 성장할 수도 있다.
- [179] 나아가, 베이스에 설치되는 관통 홀은 기관에 설치되는 관통 비아홀과 연결될 수도 있다. 이 경우 신경섬유가 관통 홀 또는 관통 비아홀을 통해 복원될 수도 있고, 관통 비아홀 연결에 공간이 많으면 많을수록 신경섬유나 신경조직의 복원에 효과적으로 이용될 수 있다.
- [180] 본 발명의 제5 실시형태에 따른 신경 소자는 나노 와이어의 형성 방향과 처리모듈의 방향을 달리 설정하여 나노 와이어가 신경에 삽입되는데 방해 받지 않도록 할 수 있다.
- [181] 도면에는 도시되어 있지 않지만, 제5 실시형태에 따른 처리 모듈(770, 870, 970)도 내부통신모듈(511)을 구비하여 외부통신모듈(700)과 데이터를 송수신할 수 있다.
- [182] 본 발명은 본 발명의 정신 및 필수적 특징을 벗어나지 않는 범위에서 다른 특정한 형태로 구체화될 수 있음은 당업자에게 자명하다. 따라서, 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 안되고, 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적인 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.

청구범위

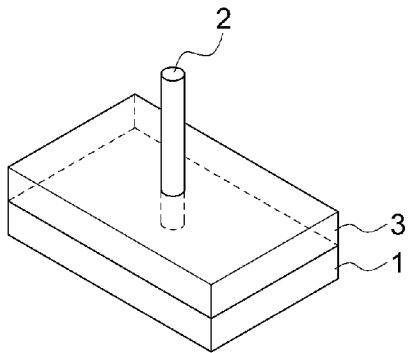
- [청구항 1] 기관;
 상기 기관에 일 종단이 고정되고, 신경에 삽입되어
 신경섬유로부터 전기 신호를 획득하거나, 신경섬유에 전기 신호를
 인가하는 적어도 하나 이상의 나노 와이어; 및
 상기 기관 위에 형성되고, 나노 와이어의 적어도 일부를 감싸서
 나노 와이어를 지지하는 적어도 하나의 지지층을 포함하는
 신경소자.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 지지층은 절연 물질, 생체 적합성 물질 및 생분해성 물질로
 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상의 물질을 포함하는 것을
 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
 상기 지지층은 약물을 포함하는 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
 상기 나노 와이어는 복수 개로 구성되어 복수의 나노 와이어
 모듈을 형성하는 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 5] 제4항에 있어서,
 상기 복수의 나노 와이어 모듈과 전기적으로 연결되고, 상기
 복수의 나노 와이어 모듈 중 임의로 선택된 나노 와이어 모듈 간
 전기 신호 또는 전기 자극을 상호 송수신할 수 있는 처리 모듈을
 추가로 포함하는 신경소자.
- [청구항 6] 제5항에 있어서,
 상기 처리 모듈은 복수의 나노 와이어 모듈 중 임의로 선택된 나노
 와이어 모듈로부터 획득한 전기 신호를 처리하여 임의의 다른
 나노 와이어 모듈에 전기 자극으로 인가할 수 있는 것을 특징으로
 하는 신경소자.
- [청구항 7] 제1항에 있어서,
 상기 기관은 패치 형태의 연성 기관인 것을 특징으로 하는
 신경소자.
- [청구항 8] 제4항에 있어서,
 상기 나노 와이어 모듈은 격자 형태로 배치되는 것을 특징으로
 하는 신경소자.
- [청구항 9] 제1항에 있어서,
 상기 기관에는 천공이 형성되는 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 10] 제9항에 있어서,
 상기 천공은 격자 형태로 배치되는 것을 특징으로 하는 신경소자.

- [청구항 11] 제4항에 있어서,
상기 나노 와이어 모듈은 기관의 제1면에 형성되고, 상기 처리 모듈은 상기 기관의 제1면과 상이한 제2면에 형성되는 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 12] 제11항에 있어서,
상기 제2면의 범선 백터와 상기 제1면의 범선백터가 이루는 각이 170도 내지 180도이고, 나노 와이어 모듈과 처리 모듈은 관통 비아홀 연결(through via hole connection)을 통해 연결되는 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 13] 제12항에 있어서,
상기 관통 비아홀은 상기 기관의 CMOS 영역과 다른 영역에 위치하는 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 14] 제5항에 있어서,
상기 처리 모듈은 내부에 내부통신모듈을 구비하여 외부에 설치된 외부통신모듈과 데이터를 송수신하는 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 15] 제14항에 있어서,
상기 내부통신모듈과 외부통신모듈은 무선주파수(RF) 또는 유선으로 데이터를 송수신하는 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 16] 제14항에 있어서,
상기 데이터는 신경섬유로부터 획득하는 전기신호, 또는 신경섬유에 인가하는 전기자극을 포함하는 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 17] 중공의 원통 형태를 이루되, 원통 둘레의 일부가 끊겨서 개방부를 갖는 커프;
상기 커프의 내면에 일 종단이 고정되고, 신경에 삽입되어 신경섬유로부터 전기 신호를 획득하거나, 신경섬유에 전기 신호를 인가하는 적어도 하나 이상의 나노 와이어를 포함하는 복수의 나노 와이어 모듈;
상기 커프 내면에 형성되고, 나노 와이어의 적어도 일부를 감싸서 나노 와이어를 지지하는 적어도 하나의 지지층; 및
상기 복수의 나노 와이어 모듈과 전기적으로 연결되고, 상기 복수의 나노 와이어 모듈 중 임의로 선택된 나노 와이어 모듈 간 전기 신호 또는 전기 자극을 상호 송수신할 수 있는 처리 모듈을 포함하는 신경소자.
- [청구항 18] 제17항에 있어서,
상기 지지층은 절연 물질, 생체 적합성 물질 및 생분해성 물질로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 이상의 물질을 포함하는

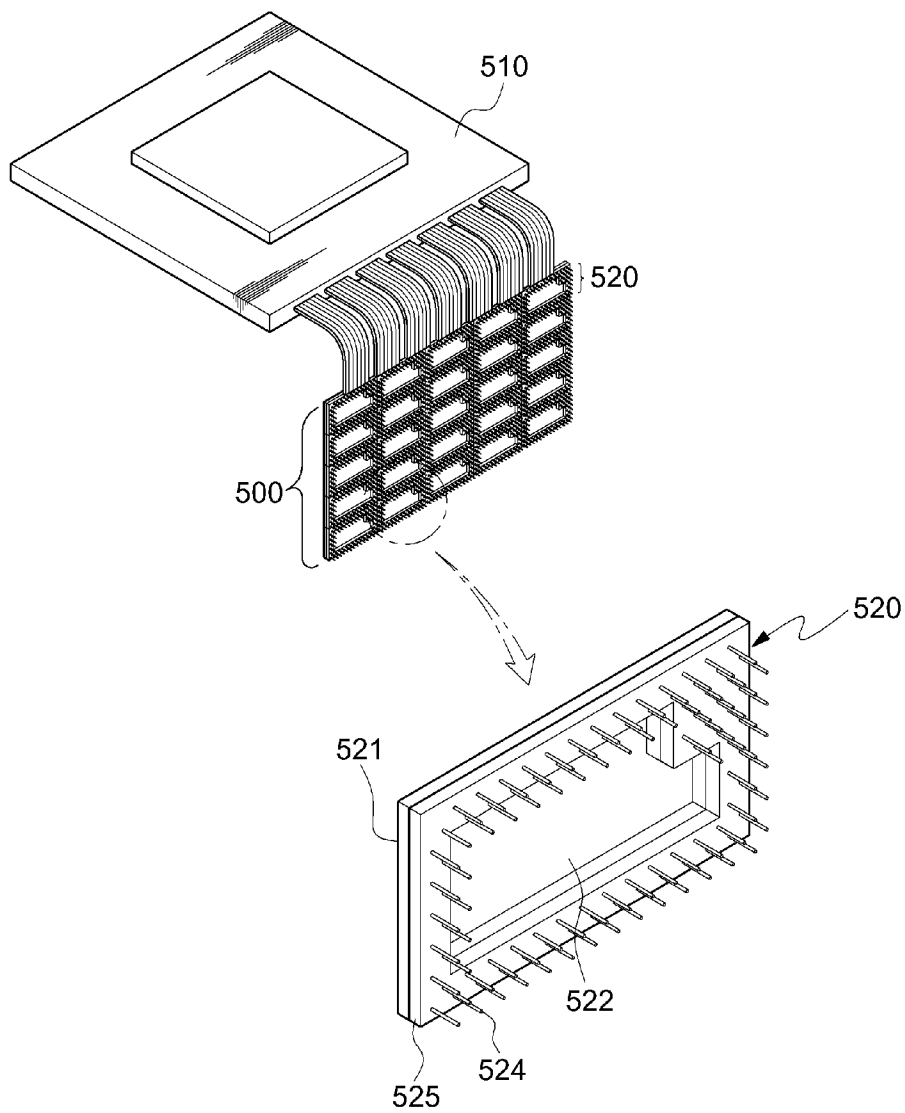
- 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 19] 제17항에 있어서,
상기 지지층은 약물을 포함하는 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 20] 제17항에 있어서,
상기 처리 모듈은 복수의 나노 와이어 모듈 중 임의로 선택된 나노 와이어 모듈로부터 획득한 전기 신호를 처리하여 임의의 다른 나노 와이어 모듈에 전기 자극으로 인가할 수 있는 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 21] 제17항에 있어서,
상기 나노 와이어는 일 방향으로 배열되어 선 형태의 나노 와이어 모듈을 형성하는 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 22] 제17항에 있어서,
상기 나노 와이어 모듈은 십자 형태로 마주보며 배치되는 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 23] 제17항에 있어서,
상기 커프에는 천공이 형성되는 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 24] 제17항에 있어서,
상기 나노 와이어 모듈은 커프의 제1면에 형성되고, 상기 처리 모듈은 상기 커프의 제1면과 상이한 제2면에 형성되는 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 25] 제24항에 있어서,
상기 제2면의 법선 벡터와 상기 제1면의 법선벡터가 이루는 각이 170도 내지 180도이고, 나노 와이어 모듈과 처리 모듈은 관통 비아홀 연결(through via hole connection)을 통해 연결되는 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 26] 제25항에 있어서,
상기 관통 비아홀은 상기 커프의 CMOS 영역과 다른 영역에 위치하는 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 27] 제17항에 있어서,
상기 처리 모듈은 내부에 내부통신모듈을 구비하여 외부에 설치된 외부통신모듈과 데이터를 송수신하는 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 28] 제27항에 있어서,
상기 내부통신모듈과 외부통신모듈은 무선주파수(RF) 또는 유선으로 데이터를 송수신하는 것을 특징으로 하는 신경소자.
- [청구항 29] 제27항에 있어서,
상기 데이터는 신경섬유로부터 획득하는 전기신호, 또는 신경섬유에 인가하는 전기자극을 포함하는 것을 특징으로 하는

신경소자.

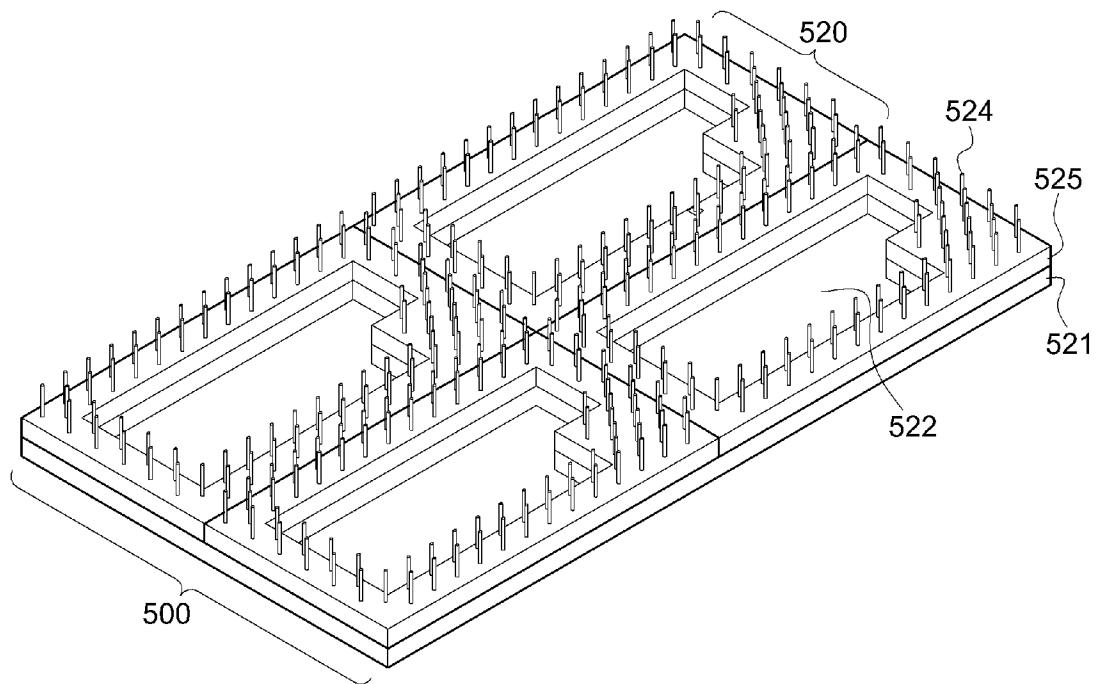
[Fig. 1]



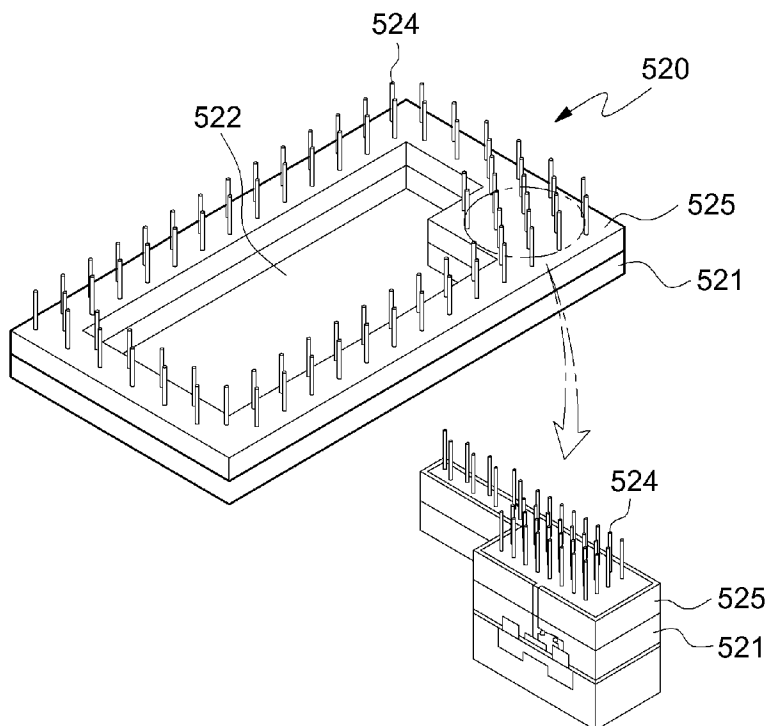
[Fig. 2]



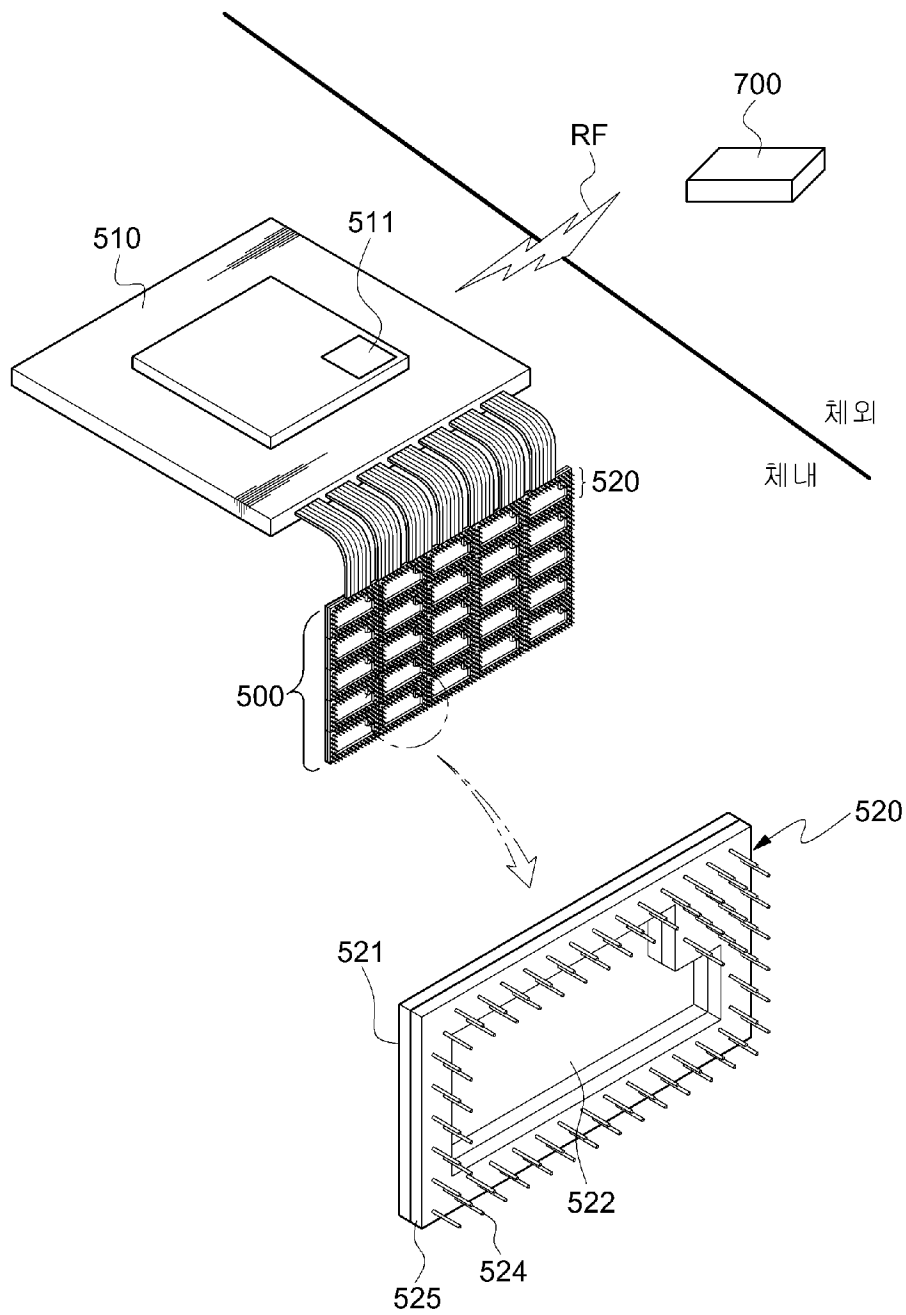
[Fig. 3]



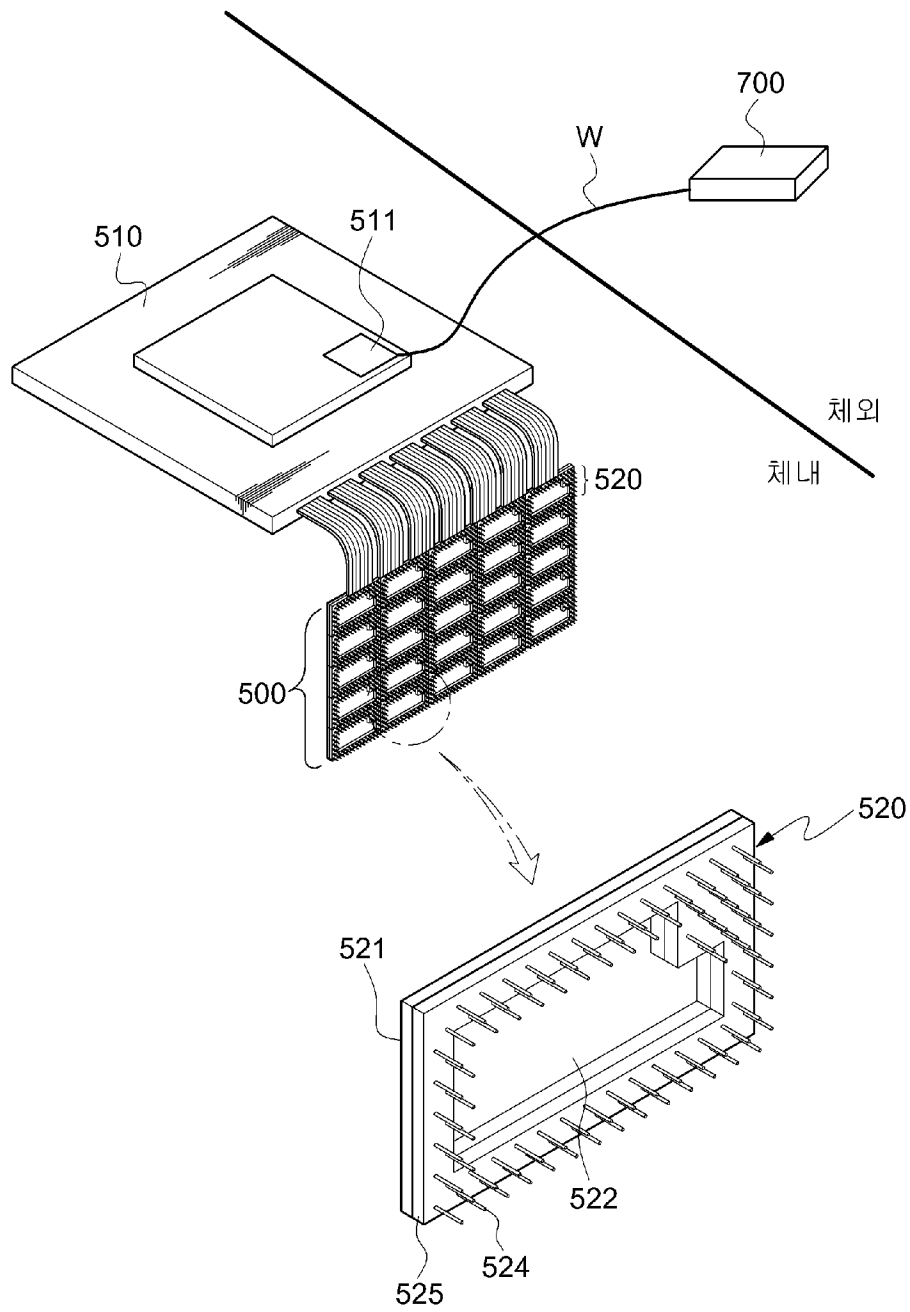
[Fig. 4]



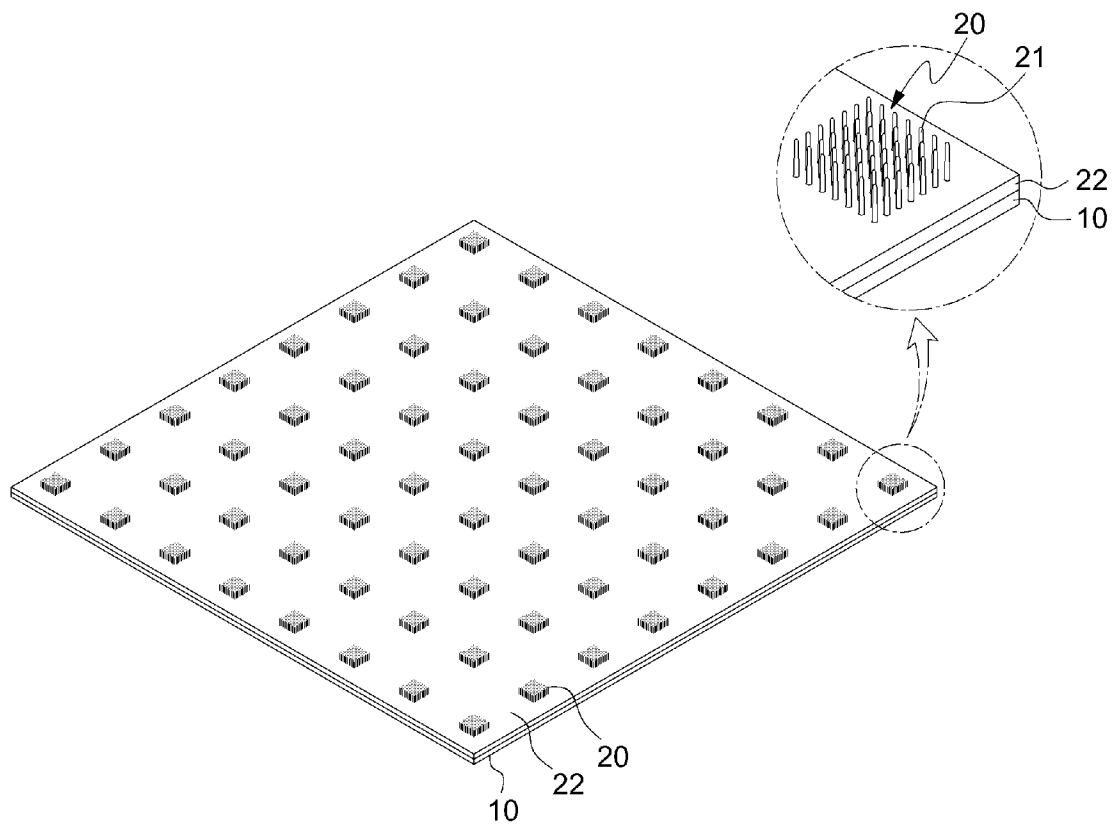
[Fig. 5]



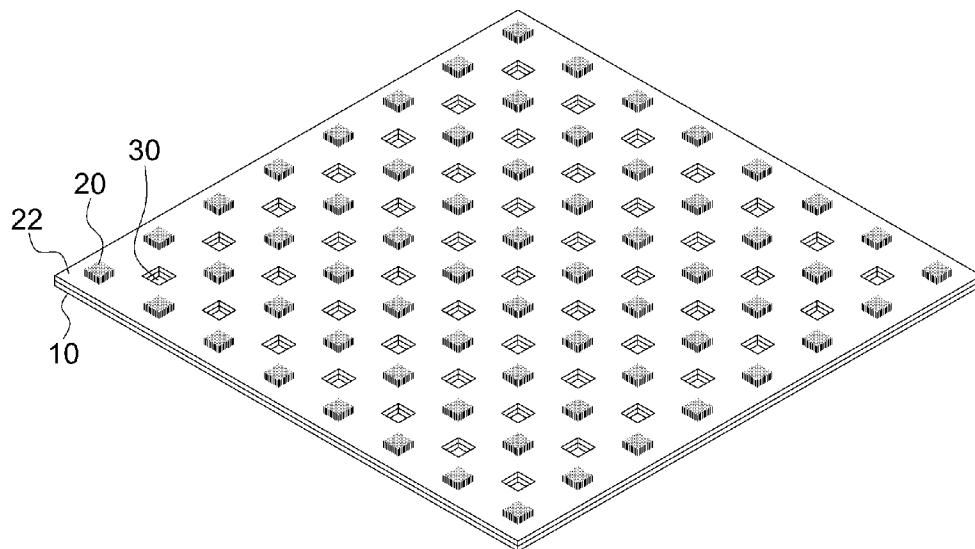
[Fig. 6]



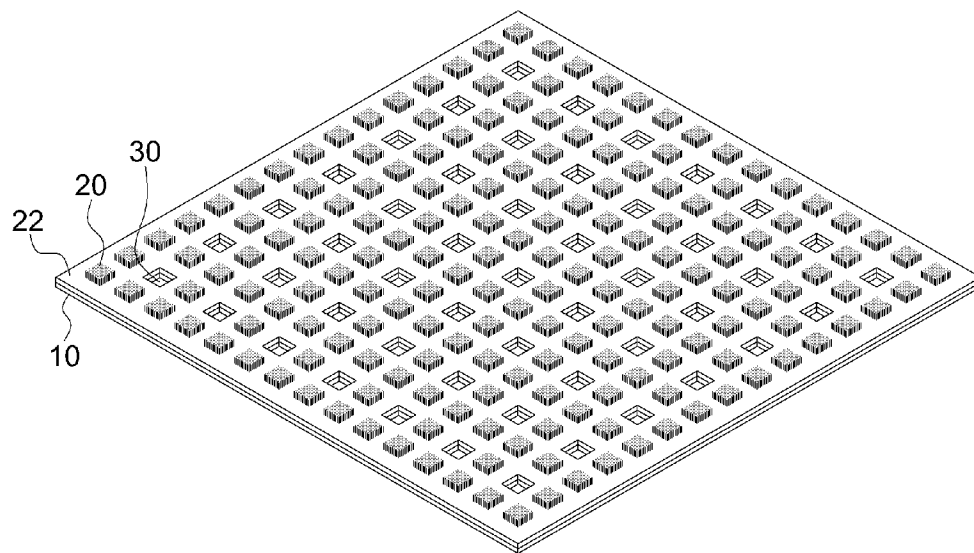
[Fig. 7]



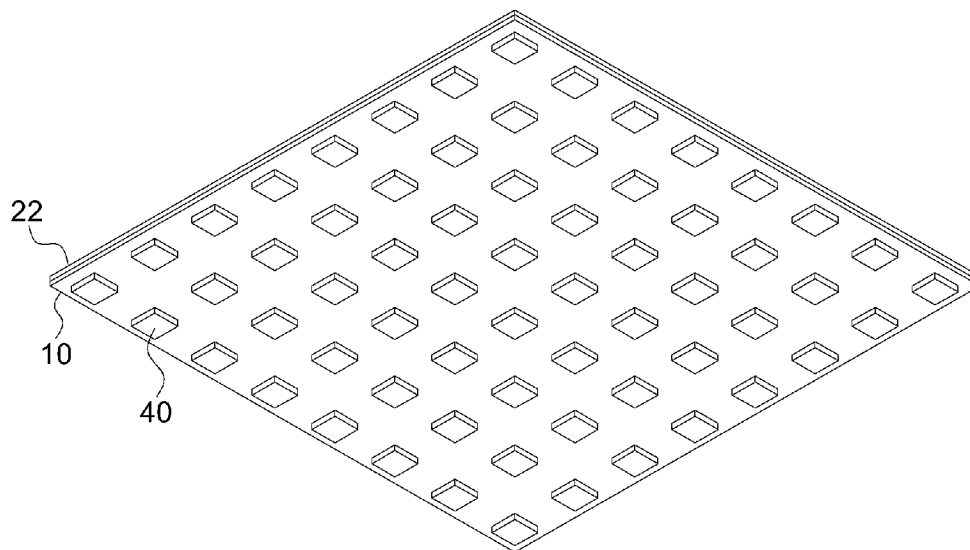
[Fig. 8]



[Fig. 9]



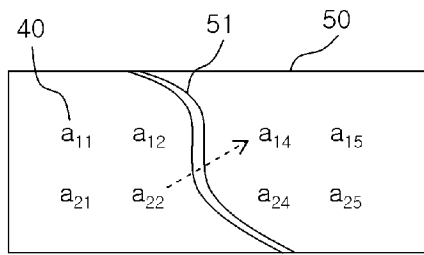
[Fig. 10]



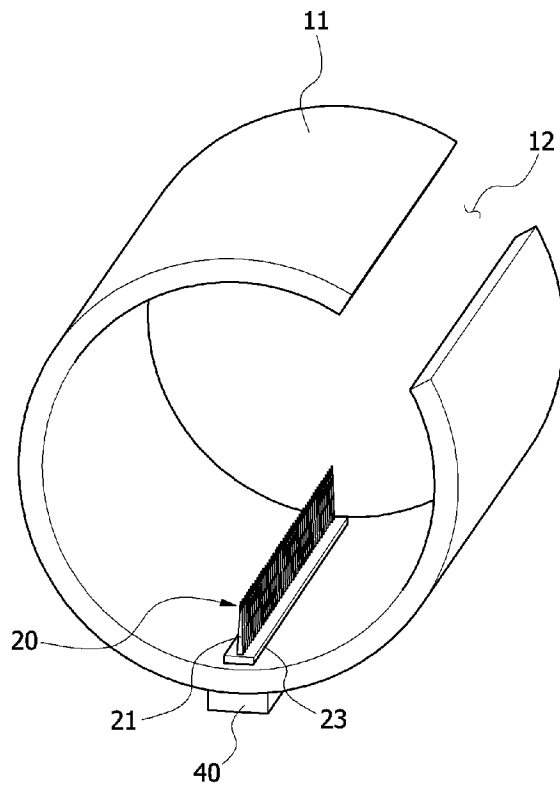
[Fig. 11]

40	10			
a_{11}	a_{12}	a_{13}		a_{1m}
a_{21}	a_{22}	a_{23}		a_{2m}
a_{31}	a_{32}	a_{33}		a_{3m}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$
a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}		a_{nm}

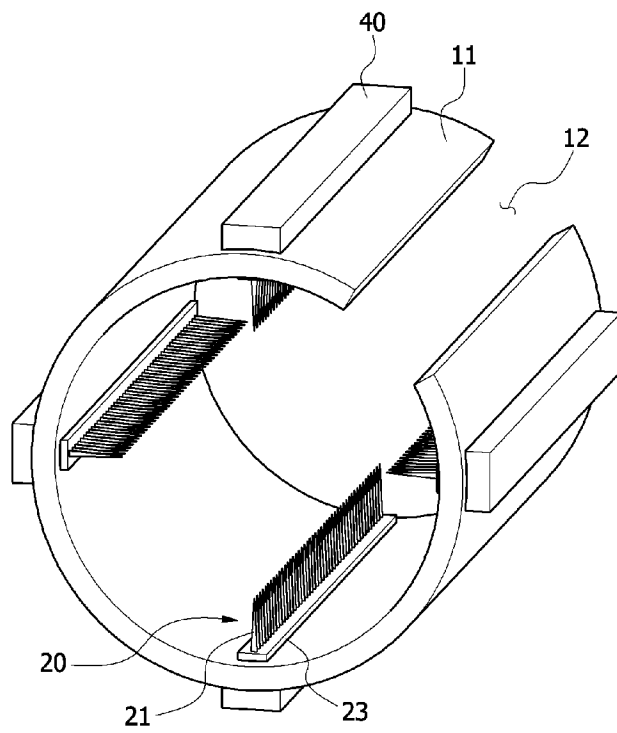
[Fig. 12]



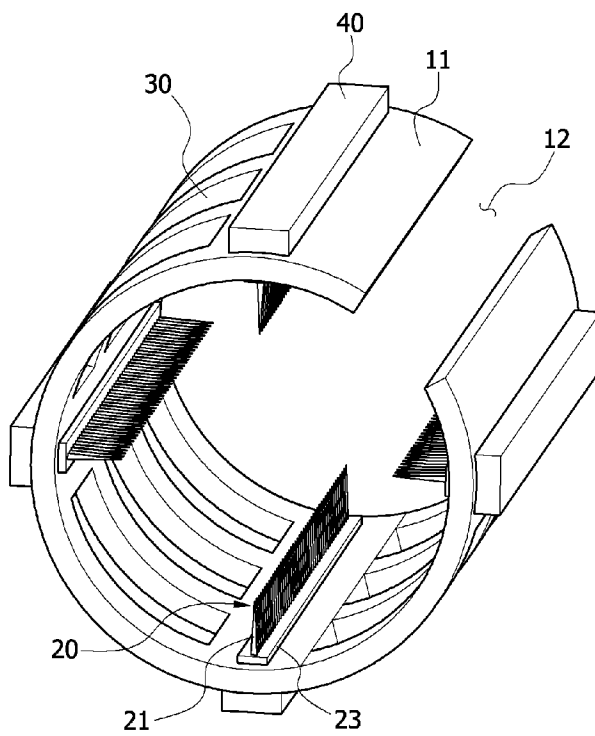
[Fig. 13]



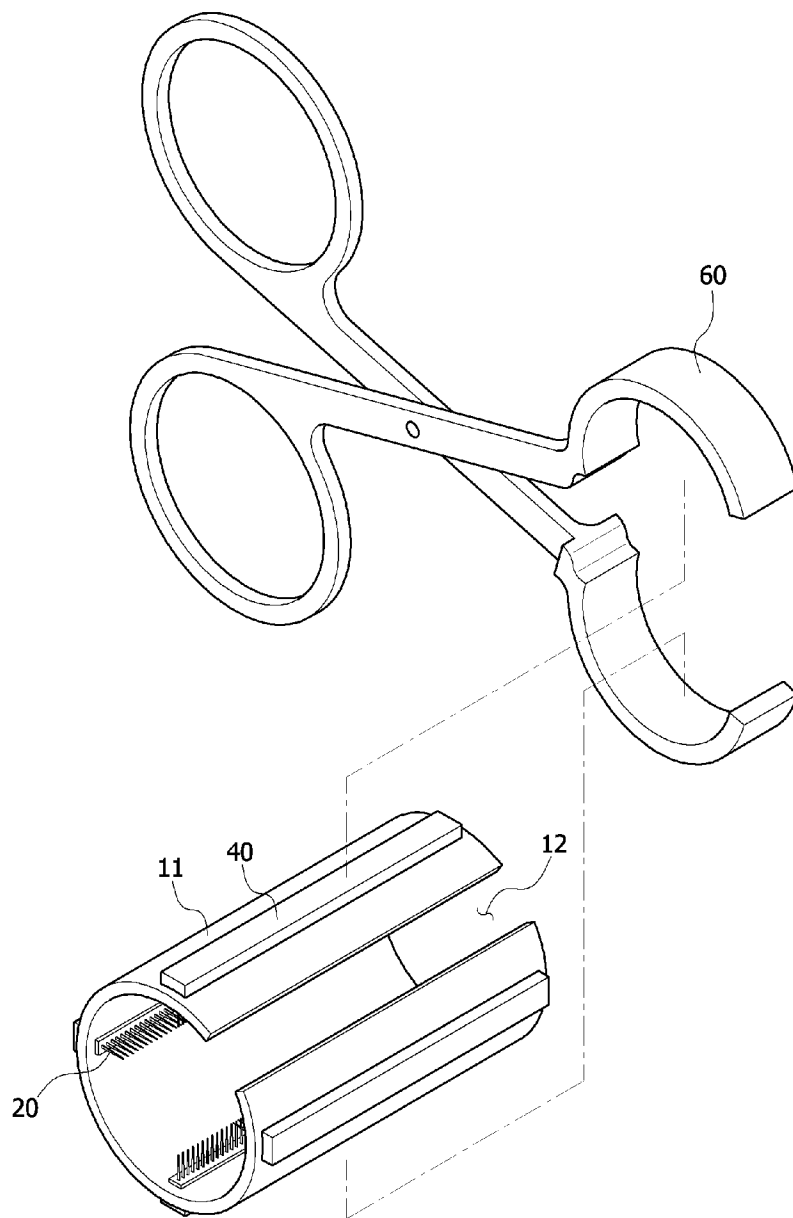
[Fig. 14]



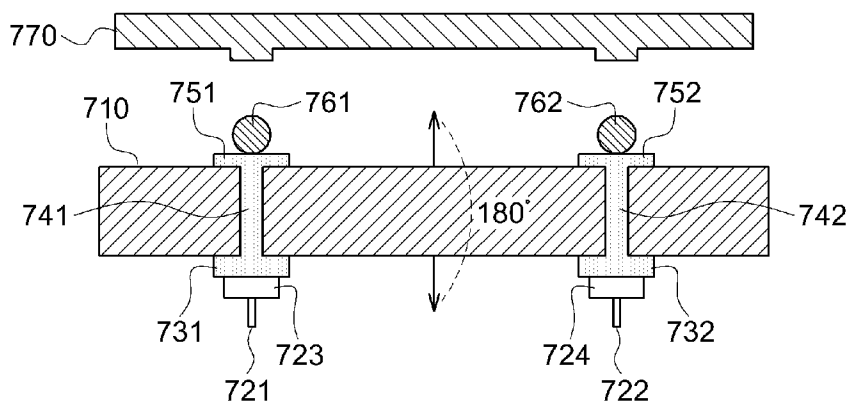
[Fig. 15]



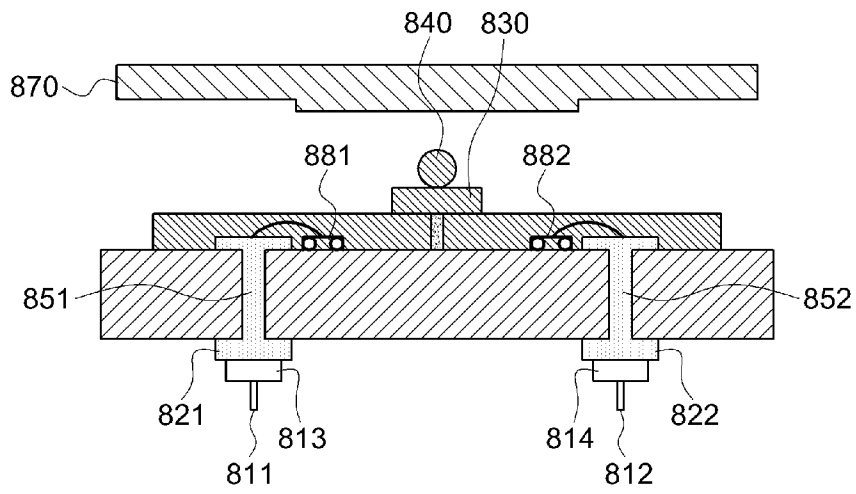
[Fig. 16]



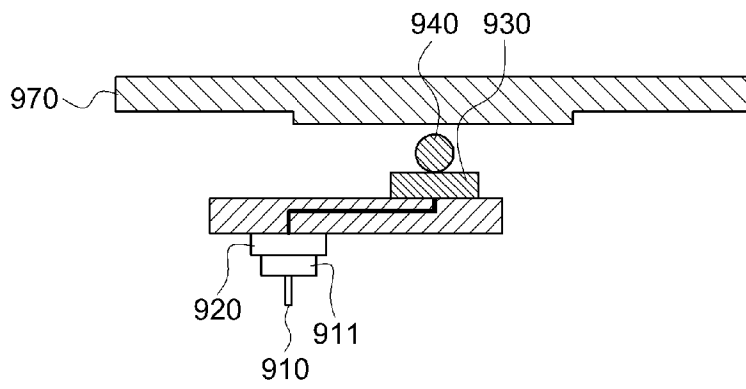
[Fig. 17]



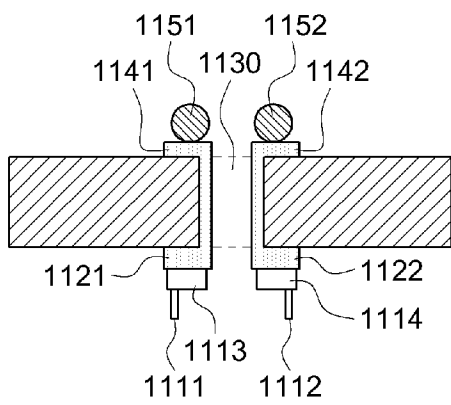
[Fig. 18]



[Fig. 19]



[Fig. 20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2013/000598**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*****A61N 1/04(2006.01)i, A61N 1/05(2006.01)i, A61N 1/36(2006.01)i, A61B 5/04(2006.01)i***

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61N 1/04; A61B 5/04; A61F 2/02; A61N 1/05; A61N 1/36; B82B 3/00; B82Y 5/00; B82Y 10/00; H01L 33/00; H01L 29/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: nanowire, via hole, nerve, electrical stimulation, module, support layer, substrate

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	KR 10-0943415 B1 (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, YONSEI UNIVERSITY) 19 February 2010 See abstract, paragraphs [0006],[0032]-[0039], claim 1 and figures 13-15.	1-10,14-16 11-13 17-29
Y A	KR 10-2011-0124575 A (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, YONSEI UNIVERSITY et al.) 17 November 2011 See abstract, claims 1-2,4-5 and figures 1,8-11.	11-13 1-10,14-29
A	KR 10-0945170 B1 (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, YONSEI UNIVERSITY) 08 March 2010 See abstract, paragraphs [0003],[0032]-[0035], claims 1-3,5 and figure 6.	1-29
A	KR 10-2009-0041658 A (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, YONSEI UNIVERSITY) 29 April 2009 See abstract, claims 1,6 and figures 3,5.	1-29
A	US 2002-0117659 A1 (CHARLES M. LIEBER et al.) 29 August 2002 See abstract, paragraphs [0071],[0134] and figures 1,16a-16d.	1-29
A	US 2004-0133118 A1 (LLINAS, Rodolfo R.) 08 July 2004 See abstract, paragraphs [0067]-[0074] and figures 6A-6C.	1-29



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 APRIL 2013 (29.04.2013)

Date of mailing of the international search report

29 APRIL 2013 (29.04.2013)

Name and mailing address of the ISA/KR



Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2013/000598

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claims 1-16 pertain to a neural device having a substrate as a characterizing feature, wherein the corresponding substrate is inserted into a nerve.

Claims 17-29 pertain to a neural device having a cylindrical cuff as a characterizing feature, wherein the corresponding cuff encloses a nerve.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2013/000598

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-0943415 B1	19.02.2010	NONE	
KR 10-2011-0124575 A	17.11.2011	US 2012-0130459 A1 WO 2011-142509 A1	24.05.2012 17.11.2011
KR 10-0945170 B1	08.03.2010	CN 101835706 A JP 2011-500260 A US 2010-0305657 A1 US 8060217 B2 WO 2009-054575 A1	15.09.2010 06.01.2011 02.12.2010 15.11.2011 30.04.2009
KR 10-2009-0041658 A	29.04.2009	NONE	
US 2002-0117659 A1	29.08.2002	AU 2001-286649 B2 AU 2002-229046 B2 AU 2002-324426 B2 AU 2003-298525 A1 CA 2417992 C CA 2430888 A1 CA 2447728 A1 CN 100565783 C CN 101798057 A CN 101887935 A CN 1550030 C0 CN 1996613 C0 EP 1314189 B1 EP 1342075 B1 EP 1436841 A1 EP 1736760 A2 JP 04-583710 B2 JP 05-013650 B2 JP 05-147479 B2 JP 05-147598 B2 JP 2004-507104 A JP 2004-515782 A JP 2004-535066 A JP 2008-249705 A JP 2008-300848 A JP 2009-042232 A KR 10-0791732 B1 KR 10-0862131 B1 KR 10-0984585 B1 KR 10-0984603 B1 KR 10-0991573 B1 KR 10-0995457 B1 KR 10-1035205 B1 KR 10-2003-0055346 A KR 10-2008-0005303 A KR 10-2009-0049095 A	05.04.2007 18.05.2006 26.07.2007 13.05.2004 19.10.2010 20.06.2002 16.01.2003 02.12.2009 11.08.2010 17.11.2010 24.11.2004 11.07.2007 27.02.2013 10.09.2008 14.07.2004 27.12.2006 10.09.2010 15.06.2012 07.12.2012 07.12.2012 04.03.2004 27.05.2004 18.11.2004 16.10.2008 11.12.2008 26.02.2009 04.01.2008 09.10.2008 30.09.2010 30.09.2010 04.11.2010 18.11.2010 17.05.2011 02.07.2003 10.01.2008 15.05.2009

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2013/000598

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
		US 2002-0130311 A1	19.09.2002
		US 2003-0089899 A1	15.05.2003
		US 2005-0164432 A1	28.07.2005
		US 2006-0054936 A1	16.03.2006
		US 2006-0175601 A1	10.08.2006
		US 2007-0026645 A1	01.02.2007
		US 2007-0032023 A1	08.02.2007
		US 2007-0032051 A1	08.02.2007
		US 2007-0032052 A1	08.02.2007
		US 2007-0048492 A1	01.03.2007
		US 2007-0158766 A1	12.07.2007
		US 2007-0252136 A1	01.11.2007
		US 2007-0281156 A1	06.12.2007
		US 2008-0211040 A1	04.09.2008
		US 2010-0022012 A1	28.01.2010
		US 2010-0093158 A1	15.04.2010
		US 2010-0155698 A1	24.06.2010
		US 2010-0243990 A1	30.09.2010
		US 2011-315962 A1	29.12.2011
		US 7129554 B2	31.10.2006
		US 7211464 B2	01.05.2007
		US 7256466 B2	14.08.2007
		US 7301199 B2	27.11.2007
		US 7385267 B2	10.06.2008
		US 7476596 B2	13.01.2009
		US 7595260 B2	29.09.2009
		US 7619290 B2	17.11.2009
		US 7666708 B2	23.02.2010
		US 7911009 B2	22.03.2011
		US 7915151 B2	29.03.2011
		US 7956427 B2	07.06.2011
		US 8153470 B2	10.04.2012
		WO 02-17362 A2	28.02.2002
		WO 02-48701 A2	20.06.2002
		WO 03-005450 A2	16.01.2003
		WO 2004-038767 A2	06.05.2004
US 2004-0133118 A1	08.07.2004	AU 2003-278721 A1	11.03.2004
		CA 2495375 A1	04.03.2004
		EP 1534125 A2	01.06.2005
		JP 2006-516335 A	29.06.2006
		US 2008-0015459 A1	17.01.2008
		US 7257439 B2	14.08.2007
		WO 2004-017819 A2	04.03.2004

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) <i>A61N 1/04(2006.01)i, A61N 1/05(2006.01)i, A61N 1/36(2006.01)i, A61B 5/04(2006.01)i</i>		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) A61N 1/04; A61B 5/04; A61F 2/02; A61N 1/05; A61N 1/36; B82B 3/00; B82Y 5/00; B82Y 10/00; H01L 33/00; H01L 29/06 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 나노와이어, 비아홀, 신경소자, 전기자극, 모듈, 지지층, 기판		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X Y A	KR 10-0943415 B1 (연세대학교 산학협력단) 2010.02.19 요약, 단락[0006],[0032]-[0039], 청구항1 및 도면13-15 참조.	1-10, 14-16 11-13 17-29
Y A	KR 10-2011-0124575 A (연세대학교 산학협력단 외 1명) 2011.11.17 요약, 청구항1-2, 4-5 및 도면1, 8-11 참조.	11-13 1-10, 14-29
A	KR 10-0945170 B1 (연세대학교 산학협력단) 2010.03.08 요약, 단락[0003],[0032]-[0035], 청구항1-3, 5 및 도면6 참조.	1-29
A	KR 10-2009-0041658 A (연세대학교 산학협력단) 2009.04.29 요약, 청구항1, 6 및 도면3, 5 참조.	1-29
A	US 2002-0117659 A1 (CHARLES M. LIEBER 외 4명) 2002.08.29 요약, 단락[0071],[0134] 및 도면1, 16a-16d 참조.	1-29
A	US 2004-0133118 A1 (RODOLFO R. LLINAS) 2004.07.08 요약, 단락[0067]-[0074] 및 도면6A-6C 참조.	1-29
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신구성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2013년 04월 29일 (29.04.2013)		국제조사보고서 발송일 2013년 04월 29일 (29.04.2013)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (302-701) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 82-42-472-7140		심사관 김의태 전화번호 82-42-481-8710

제2기재란 일부 청구항을 조사할 수 없는 경우의 의견(첫 번째 용지의 2의 계속)

PCT 제17조(2)(a)의 규정에 따라 다음과 같은 이유로 일부 청구항에 대하여 본 국제조사보고서가 작성되지 아니하였습니다.

1. ☐ 청구항:
이 청구항은 본 기관이 조사할 필요가 없는 대상에 관련됩니다. 즉,
2. ☐ 청구항:
이 청구항은 유효한 국제조사를 수행할 수 없을 정도로 소정의 요건을 충족하지 아니하는 국제출원의 부분과 관련됩니다. 구체적으로는,
3. ☐ 청구항:
이 청구항은 종속청구항이나 PCT규칙 6.4(a)의 두 번째 및 세 번째 문장의 규정에 따라 작성되어 있지 않습니다.

제3기재란 발명의 단일성이 결여된 경우의 의견(첫 번째 용지의 3의 계속)

본 국제조사기관은 본 국제출원에 다음과 같이 다수의 발명이 있다고 봅니다.

청구항 제1항 내지 제16항은 특징부인 기관을 갖고, 해당 기관은 신경에 삽입되는 것인 신경소자에 관한 것이고, 청구항 제17항 내지 제29항은 특징부인 원통형 커프를 갖고, 해당 커프는 신경을 둘러싸는 것인 신경소자에 관한 것이다.

1. ☐ 출원인이 모든 추가수수료를 기간 내에 납부하였으므로, 본 국제조사보고서는 모든 조사 가능한 청구항을 대상으로 합니다.
2. ☒ 추가수수료 납부를 요구하지 않고도 모든 조사 가능한 청구항을 조사할 수 있었으므로, 본 기관은 추가수수료 납부를 요구하지 아니하였습니다.
3. ☐ 출원인이 추가수수료의 일부만을 기간 내에 납부하였으므로, 본 국제조사보고서는 수수료가 납부된 청구항만을 대상으로 합니다. 구체적인 청구항은 아래와 같습니다.
4. ☐ 출원인이 기간 내에 추가수수료를 납부하지 아니하였습니다. 따라서 본 국제조사보고서는 청구범위에 처음 기재된 발명에 한정되어 있으며, 해당 청구항은 아래와 같습니다.

이의신청에
관한 기재

- ☐ 출원인의 이의신청 및 이의신청료 납부(해당하는 경우)와 함께 추가수수료가 납부되었습니다.
- ☐ 출원인의 이의신청과 함께 추가수수료가 납부되었으나 이의신청료가 보정요구서에 명시된 기간 내에 납부되지 아니하였습니다.
- ☐ 이의신청 없이 추가수수료가 납부되었습니다.

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-0943415 B1	2010.02.19	없음	
KR 10-2011-0124575 A	2011.11.17	US 2012-0130459 A1 WO 2011-142509 A1	2012.05.24 2011.11.17
KR 10-0945170 B1	2010.03.08	CN 101835706 A JP 2011-500260 A US 2010-0305657 A1 US 8060217 B2 WO 2009-054575 A1	2010.09.15 2011.01.06 2010.12.02 2011.11.15 2009.04.30
KR 10-2009-0041658 A	2009.04.29	없음	
US 2002-0117659 A1	2002.08.29	AU 2001-286649 B2 AU 2002-229046 B2 AU 2002-324426 B2 AU 2003-298525 A1 CA 2417992 C CA 2430888 A1 CA 2447728 A1 CN 100565783 C CN 101798057 A CN 101887935 A CN 1550030 C0 CN 1996613 C0 EP 1314189 B1 EP 1342075 B1 EP 1436841 A1 EP 1736760 A2 JP 04-583710 B2 JP 05-013650 B2 JP 05-147479 B2 JP 05-147598 B2 JP 2004-507104 A JP 2004-515782 A JP 2004-535066 A JP 2008-249705 A JP 2008-300848 A JP 2009-042232 A KR 10-0791732 B1 KR 10-0862131 B1 KR 10-0984585 B1 KR 10-0984603 B1 KR 10-0991573 B1 KR 10-0995457 B1 KR 10-1035205 B1 KR 10-2003-0055346 A KR 10-2008-0005303 A KR 10-2009-0049095 A	2007.04.05 2006.05.18 2007.07.26 2004.05.13 2010.10.19 2002.06.20 2003.01.16 2009.12.02 2010.08.11 2010.11.17 2004.11.24 2007.07.11 2013.02.27 2008.09.10 2004.07.14 2006.12.27 2010.09.10 2012.06.15 2012.12.07 2012.12.07 2004.03.04 2004.05.27 2004.11.18 2008.10.16 2008.12.11 2009.02.26 2008.01.04 2008.10.09 2010.09.30 2010.09.30 2010.11.04 2010.11.18 2011.05.17 2003.07.02 2008.01.10 2009.05.15

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
		US 2002-0130311 A1	2002.09.19
		US 2003-0089899 A1	2003.05.15
		US 2005-0164432 A1	2005.07.28
		US 2006-0054936 A1	2006.03.16
		US 2006-0175601 A1	2006.08.10
		US 2007-0026645 A1	2007.02.01
		US 2007-0032023 A1	2007.02.08
		US 2007-0032051 A1	2007.02.08
		US 2007-0032052 A1	2007.02.08
		US 2007-0048492 A1	2007.03.01
		US 2007-0158766 A1	2007.07.12
		US 2007-0252136 A1	2007.11.01
		US 2007-0281156 A1	2007.12.06
		US 2008-0211040 A1	2008.09.04
		US 2010-0022012 A1	2010.01.28
		US 2010-0093158 A1	2010.04.15
		US 2010-0155698 A1	2010.06.24
		US 2010-0243990 A1	2010.09.30
		US 2011-315962 A1	2011.12.29
		US 7129554 B2	2006.10.31
		US 7211464 B2	2007.05.01
		US 7256466 B2	2007.08.14
		US 7301199 B2	2007.11.27
		US 7385267 B2	2008.06.10
		US 7476596 B2	2009.01.13
		US 7595260 B2	2009.09.29
		US 7619290 B2	2009.11.17
		US 7666708 B2	2010.02.23
		US 7911009 B2	2011.03.22
		US 7915151 B2	2011.03.29
		US 7956427 B2	2011.06.07
		US 8153470 B2	2012.04.10
		WO 02-17362 A2	2002.02.28
		WO 02-48701 A2	2002.06.20
		WO 03-005450 A2	2003.01.16
		WO 2004-038767 A2	2004.05.06
US 2004-0133118 A1	2004.07.08	AU 2003-278721 A1	2004.03.11
		CA 2495375 A1	2004.03.04
		EP 1534125 A2	2005.06.01
		JP 2006-516335 A	2006.06.29
		US 2008-0015459 A1	2008.01.17
		US 7257439 B2	2007.08.14
		WO 2004-017819 A2	2004.03.04