



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2017년01월05일  
 (11) 등록번호 10-1693103  
 (24) 등록일자 2016년12월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 G01N 27/447 (2006.01) B01D 57/02 (2006.01)  
 G01N 27/30 (2006.01)  
 (52) CPC특허분류  
 G01N 27/44704 (2013.01)  
 B01D 57/02 (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2015-0049961  
 (22) 출원일자 2015년04월08일  
 심사청구일자 2015년04월08일  
 (65) 공개번호 10-2016-0120870  
 (43) 공개일자 2016년10월19일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020090002980 A  
 KR1020120134981 A  
 윤길호 외, 대한기계학회 추계학술대회 강연 및  
 논문 초록집, 2009.11, pp.422-426.  
 안재민 외, 대한기계학회 논문집 A권, 2009,  
 Vol.33, No.1, pp,49-55.

(73) 특허권자  
 울산과학기술원  
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50  
 (72) 발명자  
 장재성  
 울산광역시 울주군 범서읍 대리2길 48, 205-2003  
 한창호  
 경기도 과천시 뒷골로 52-24  
 하현욱  
 부산시 기장군 정관면 정관3호 23, 211동 1403호  
 (74) 대리인  
 특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 정승두

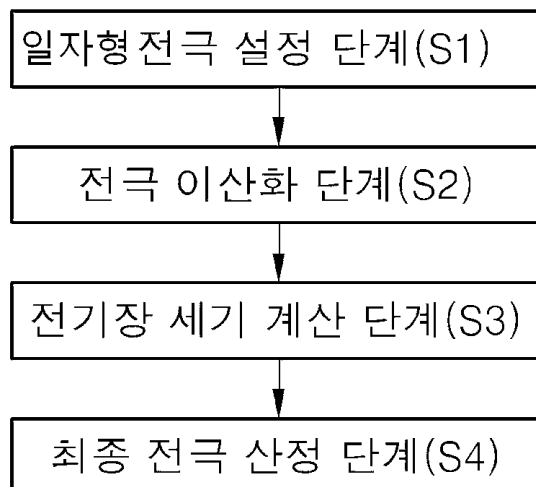
(54) 발명의 명칭 유전영동기반 입자 분리 및 채집 장치용 전극 생성 방법

(57) 요약

본 발명은 동일한 채널 구조에서 최적의 분리 및 채집 효율을 달성할 수 있는 새로운 형태의 미세 전극을 생성하는 유전영동기반 입자 분리 및 채집 장치용 전극 생성 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 유전영동기반 입자 분리 및 채집 장치용 전극 생성 방법에 있어서, 일자형 전극 설정 단계; 상기 복수개의 일자형 전극을 채널 길이 방향의 수평으로 이산화하는 전극 이산화 단계; 이산화된 전극에 다양한 전원 형태를 설정하여 각 전원 형태별로 전기장 세기를 계산하는 전기장 세기 계산 단계; 및 설정된 전원 중 최대 전기장 세기의 전극형태를 선정하는 최종 전극 선정 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**G01N 27/30** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711009785

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원

연구과제명 공기중 바이러스의 신속한 진단 센서 시스템 (미세 센서와 소형 전기식 바이러스 집적 장치)에 대한 연구

기여율 1/1

주관기관 울산과학기술대학교

연구기간 2014.05.01 ~ 2015.04.30

공지예외적용 : 있음

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

유전영동기반 입자 분리 및 채집 장치용 전극 생성 방법에 있어서,  
 채널 길이 방향의 수직으로 배치되는 복수개의 일자형 전극 설정 단계;  
 상기 복수개의 일자형 전극을 채널 길이 방향의 수평으로 이산화하는 전극 이산화 단계;  
 이산화된 전극에 다양한 전원 형태를 설정하여 각 전원 형태별로 전기장 세기를 계산하는 전기장 세기 계산 단계; 및  
 설정된 전원 중 최대 전기장 세기의 전극형태를 선정하는 최종 전극 선정 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 유전영동기반 입자 분리 및 채집 장치용 전극 생성 방법.

**청구항 2**

청구항 1에 있어서, 상기 전기장 세기 계산 단계는 전원 설정 단계와 설정된 전원 상태에 이산화 전극을 서로 연결하는 전극 연결단계, 및 연결된 이산화 전극을 기초로 전기장 세기를 계산하는 팩터 계산 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 유전영동기반 입자 분리 및 채집 장치용 전극 생성 방법.

**청구항 3**

청구항 2에 있어서, 상기 팩터 계산 단계는 연결된 이산화 전극이 있는 평면 위 각 그리드  $i$ 의  $x$ 방향(채널 길이 방향)의 전기장 세기를  $E_{xi}$ 라 하고,  $y$ 방향( $x$ 방향의 수직 방향)의 전기장 세기를  $E_{yi}$ 라 하는 경우, 그리드  $i$ 의 팩터는  $E_{xi}^2 + E_{yi}^2$ 이고, 전체 팩터(S)는 연결된 이산화 전극에 대해 모든 그리드에서의 팩터의 합인 것을 특징으로 하는 유전영동기반 입자 분리 및 채집 장치용 전극 생성 방법.

**청구항 4**

청구항 3에 있어서, 상기 최종 전극 선정 단계에서는 상기 전체 팩터(S)값이 가장 높은 전극 형태를 선정하는 것을 특징으로 하는 유전영동기반 입자 분리 및 채집 장치용 전극 생성 방법.

**청구항 5**

청구항 4에 있어서, 상기 전극 이산화 단계에서 상기 일자형 전극을 3개 이상으로 이산화하는 것을 특징으로 하는 유전영동기반 입자 분리 및 채집 장치용 전극 생성 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

본 발명은 유전영동기반 입자 분리 및 채집 장치용 전극 생성 방법에 관한 것으로 더욱 상세하게는 우수한 분리 및 채집 효율을 발생시킬 수 있는 전극을 생성하기 위한 유전영동기반 입자 분리 및 채집 장치용 전극 생성 방법에 관한 것이다.

[0001]

**배경 기술**

- [0002] 유전영동이란 자유전하를 띠지 않은 유전입자가 불균일한 전기장 하에서 전기장의 크기가 크거나 혹은 작은 곳으로 움직이는 현상을 의미한다. 일반적으로 이러한 유전영동 현상으로 얻을 수 있는 힘의 크기는 매우 작아서 종래의 일반 기계 시스템에서는 사용되는 예가 거의 없었으나 최근들어 초소형 정밀 기계 시스템(Micro Electro Mechanical System; MEMS) 분야가 발전함에 따라 전체적인 시스템의 크기가 작아지면서 그 활용이 급격하게 증가하고 있다.
- [0003] 상기한 유전영동 현상은 바이오-MEMS 분야에서 사용되는 예가 많은데, 예를 들면 죽은 세포와 살아있는 세포의 분리, 암 세포와 정상 세포의 분리, 서로 다른 크기나 종류의 입자 분리, 입자, 세포 및 액체 방울 등의 이송, 트래핑 및 이송 경로의 변경 등 다양한 분야에서 사용되고 있다.
- [0004] 상기와 같은 특징의 유전영동 현상은 별도의 이동수단이 없어도 단순히 전극만으로 작동이 가능하고 샘플을 라벨링할 필요가 없고, 특히 MEMS의 경우에는 10V 이하의 작은 전압에서도 작동이 가능하므로 다른 방법에 비하여 안정성이 높고, 세포 분리 등의 경우에 성공율이 매우 높은 장점이 있어 다양한 방식들의 구성들이 제안되고 있다.
- [0005] 예를 들면, 공개특허 제2008-0087404호에는 하부 기관과, 상기 하부 기관의 윗면에 평행하게 적층되는 복수의 띠 형상의 제 1 전극과, 상기 하부 기관의 윗면 가장자리에 형성되어 소정의 유전입자를 포함하는 유체를 담지하는 스페이서와, 상기 스페이서 위에 형성되어 상기 하부 기관을 덮는 상부 기관과, 상기 상부 기관의 아랫면의 적어도 일부에 도포되는 제 2 전극을 포함하는 3차원 전극 구조를 갖는 유전영동 장치의 구성이 개시되어 있다.
- [0006] 또한 공개특허 제2009-0002980호에는 미소입자를 포함하는 미세유체가 이동하는 유로; 전압원에서 인가되는 전압으로 미소입자를 유전영동으로 이동되도록 전기장을 형성하는 전극; 및 상기 전기장을 변형시켜 양의 유전영동으로 미소입자를 집중시키도록 구비되는 절연체 구조물; 을 포함하여 이루어지는 미소입자 처리장치의 구성이 개시되어 있다.
- [0007] 상기한 바와 같이, 유전 영동 기반의 입자 분리 장치는 일반적으로 채널 바닥에 있는 일자형 전극 (interdigitated electrodes; IDE)에 교류 전압을 가하여, 채널을 통과하는 입자를 입자의 전기적 성질에 따라 분리 또는 채집하는 방식으로 다양한 입자들을 분리 또는 채집할 수 있는 장점이 있어, 미세 입자들의 분리 및 채집에 널리 사용되고 있다.
- [0008] 그러나 상기 방법에 따른 분리 장치는 유속이 작은 경우 입자의 분리 성능이 뛰어나지만 유속이 빠른 경우, 입자에 미치는 전기력보다 유동에 의한 관성력이 더 커, 분리 및 채집 효율이 떨어지는 단점이 있어, 본 출원인은 특허출원 제2014-0029285를 출원한 바 있다.
- [0009] 상기 특허는 내부에 형성된 채널의 측벽에 격벽을 설치하여 낮은 유속에서는 종래와 비슷한 채집 효율을 나타내고, 유체 유속이 증가하는 경우 격벽에 의하여 입자의 관성력을 감소시켜, 유속의 영향을 최소화하여 유속의 상승에 따른 채집 및 입자 분리 효율의 감소를 예방하는 효과가 있다.
- [0010] 상기 특허는 격벽을 추가하여 분리성을 향상시킨 구성이나, 전극은 채널 길이 방향의 수직으로 다수개 설치한 종래 방식으로 구현하여, 전극 형상에 따른 분리성 향상에 대해서는 고려하지 않았다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0011] 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 단점을 극복하기 위하여 안출된 것으로, 동일한 채널 구조에서 최적의 분리 및 채집 효율을 달성할 수 있는 새로운 형태의 미세 전극을 생성하는 유전영동기반 입자 분리 및 채집 장치용 전극 생성 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0012] 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 유전영동기반 입자 분리 및 채집 장치용 전극 생성 방법에 있어서, 채널 길이 방향의 수직으로 배치되는 복수개의 일자형 전극 설정 단계; 상기 복수개의 일자형 전극을 채널 길이 방향의 수평으로 이산화하는 전극 이산화 단계; 이산화된 전극에 다양한 전원 형태를 설정하여 각 전원 형태별

로 전기장 세기를 계산하는 전기장 세기 계산 단계; 및 설정된 전원 중 최대 전기장 세기의 전극형태를 선정하는 최종 전극 선정 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 바람직하게는, 상기 전기장 세기 계산 단계는 전원 설정 단계와 설정된 전원 상태에 이산화 전극을 서로 연결하는 전극 연결단계, 및 연결된 이산화 전극을 기초로 전기장 세기를 계산하는 팩터 계산 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 더욱 바람직하게는, 상기 팩터 계산 단계는 연결된 이산화 전극이 있는 평면 위 각 그리드  $i$ 의  $x$ 방향(채널 길이 방향)의 전기장 세기를  $E_{xi}$ 라 하고,  $y$ 방향( $x$ 방향의 수직 방향)의 전기장 세기를  $E_{yi}$ 라 하는 경우, 그리드  $i$ 의 팩터는  $E_{xi}^2 + E_{yi}^2$ 이고, 전체 팩터(S)는 연결된 이산화 전극에 대해 모든 그리드에서의 팩터의 합인 것을 특징으로 한다.

[0015] 더욱 바람직하게는, 상기 최종 전극 선정 단계에서는 상기 전체 팩터(S)값이 가장 높은 전극 형태를 선정하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 더욱 바람직하게는, 상기 전극 이산화 단계에서 상기 일자형 전극 1개로부터 이산화 된 전극수가 3개 이상인 것을 특징으로 한다.

### 발명의 효과

[0017] 본 발명에 따른 유전영동기반 입자 분리 및 채집 장치용 전극 생성 방법은 일반적으로 많이 사용하는 일자형 전극 (IDE) 을 이산화하고, 이산화된 전극에서 전기장의 세기를 계산한 후, 전기장의 세기가 가장 센 이산화된 전극 조합을 평면상에서 연결한, 새로운 형태의 미세 전극을 제안하는 것으로, 제안된 미세 전극은 종래 일자형 전극에 비하여 높은 채집 효율을 제공한다.

### 도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명에 따른 유전영동기반 입자 분리 및 채집 장치용 전극 생성 방법의 절차도이며,  
 도 2는 준비된 일자형 전극의 예이며,  
 도 3은 도 2를 이산화한 예이며,  
 도 4는 이산화된 전극에서의 전압 모델링이며,  
 도 5는 중간 전압값을 알고 있는 경우의 전압 모델링이며,  
 도 6은 도 5 인근의 전압 모델링이며,  
 도 7은 다른 조건에서 전압 모델링이며,  
 도 8은 한 변에 따른 경계조건이며,  
 도 9는 두 변의 경계조건이며,  
 도 10은 한 영역과 두변의 경계조건이며,  
 도 11은 일자형 전극의 전기장 세기이며,  
 도 12는 참조전극의 전기장 세기이며,  
 도 13은 최적값에 따른 전극의 전기장 세기이며,  
 도 14는 3개의 전극에 따른 집진 효율을 나타내는 그래프이며,  
 도 15는 이산화 전극 당 그리드수에 따른 팩터 값의 변화를 나타내는 표이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 구체적으로 설명한다.

[0020] 본 발명에 따른 유전영동기반 입자 분리 및 채집 장치용 전극 생성 방법은 도 1에 도시된 바와 같이, 일자형 전극 설정 단계(S1), 전극 이산화 단계(S2), 전기장 세기 계산 단계(S3), 최종 전극 선정 단계(S4)를 포함하여 구

성된다.

[0021] 이하 각 단계에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0022] **일자형 전극 설정 단계(S1)**

[0023] 일자형 전극 설정 단계(S1)는 종래 채널 폭에 대하여 일자형으로 구성되는 전극을 설정하는 단계이다.

[0024] 이때 종래 전극은 도 2에 도시된 바와 같이, 채널(1) 길이 방향의 수직으로 배치되는 종래 전극(2)이 다수개(6개) 균일하게 배치된다.

[0025] 이때 상기 종래 전극(2)은 동일한 폭으로 동일한 간격으로 배치되며, 연결되는 전원의 극성은 반복적으로 배치된다. 즉, +, -, + 와 같이 배치되며, 또는 -, +, - 와 같이 배치될 수도 있다. 상기 도 2에는 동일한 극은 동일한 색으로 구성되어 있다.

[0026] 한편 필요한 경우 상기 종래 전극(2)은 다른 폭과 다른 간격으로도 배치될 수 있다.

[0027] **전극 이산화 단계(S2)**

[0028] 전극 이산화 단계(S2)는 상기 일자형 전극 설정 단계(S1)를 통하여 설정된 종래 전극(2)을 다수개의 전극으로 이산화하는 단계이다.

[0029] 이때 연속적인 종래 전극(2)을 다수개로 구분된 이산화 전극(3)으로 분리하여 구성한다.

[0030] 도 3은 도 2의 6개의 종래 전극(2)을 각 7개의 이산화 전극(3)으로 구성한 예이나, 필요한 경우 이산화 전극(3) 수는 달리 구성할 수 있으며, 수가 증가할 수록 유리한 점이 있으나, 계산 시간이 증가하는 단점이 있다.

[0031] 통상 상기한 이산화 전극(3)수는 종래 전극(2) 당 3개 이상으로 구성하는 것이 바람직하다.

[0032] 상기 이산화 전극(3)수가 3개 미만인 경우에는 1개 또는 2개를 의미하며, 1개인 경우는 종래 전극(2)과 동일하여 부적절하고, 2개인 경우에는 낮은 정도로 실질적인 계산이 무의미하다.

[0033] **전기장 계산 단계(S3)**

[0034] 전기장 계산 단계(S3)는 상기 전극 이산화 단계(S2)를 통하여 생성된 이산화 전극(3)의 전기장 세기를 계산하는 단계이다.

[0035] 상기 전기장 계산 단계(S3)는 세개의 하부 단계로 구성된다.

[0036] 즉, 전체 이산화 전극(3)에 전원 상태를 설정하는 전원 설정 단계와 설정된 전원 상태에 이산화 전극(3)을 서로 연결하는 전극 연결단계, 그리고 연결된 이산화 전극(3)을 기초로 전기장 세기를 계산하는 팩터 계산 단계로 구분된다.

[0037] 상기 전원 설정 단계는 각 이산화 전극(3)의 전원 상태를 + 또는 -로 할당하는 단계로 각 전원 상태를 50%로 할당한다.

[0038] 이때 이산화 전극(3) 중 측면에 연결되지 못하여 전원의 인가가 불가능한 상태를 제외하여 설정한다.

[0039] 그리고 각 이산화 전극(3)을 연결하는 전극 연결 단계를 수행한다.

[0040] 그리고 팩터 계산 단계는 상기 전원 설정 단계에서 설정된 전극 상태를 기초로 전기장 세기를 나타내는 팩터를 계산한다.

[0041] 상기와 같은 하부 단계는 한 번으로 계산이 완료되지 않으며, 상기 전원 설정 단계에서 전극 상태를 변경하면, 변경된 상태에서 전극을 연결한 후, 그리고 전기장 세기를 나타내는 팩터를 계산하는 형태로 반복적으로 수행된다.

[0042] 이하에서는 유전영동력을 나타내는 팩터(S)에 대하여 설명한다.

[0043] 먼저 이산화 전극(3)을 2차원의 그리드(h×h)로 이산화하면, 전압을 도 4와 같이 표현할 수 있다.

[0044] 그리고 라플라스 방정식과 경계조건을 적용하는 경우, 유전영동력의 세기(S)는 다음과 같이 계산된다.

[0045] 라플라스 방정식:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = 0$$

[0046]

[0047] 위 라플라스 방정식의 각 항을 FDM(Finite Difference Method)을 적용하면, 다음과 같이 표현된다.

$$\left. \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} \right|_i = \frac{V_{i-1} + V_{i+1} - 2V_i}{h^2}$$

$$\left. \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} \right|_i = \frac{V_{i-n} + V_{i+n} - 2V_i}{h^2}$$

[0048]

[0049] 위 식을 라플라스 방정식에 대입하여 정리하면 다음과 같이 표현된다.

[0050] 수학적 식 1:

$$V_{i-n} + V_{i-1} - 4V_i + V_{i+1} + V_{i+n} = 0$$

[0051]

[0052] 그리고 전압 그리드가 전기장 중간에 위치하는 경우 도 5에 도시된 관계를 얻을 수 있다.

[0053] 수학적 식 2:

$$V_i = V_0$$

[0055] 도 6의 조건을 적용하는 경우 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

[0056] 수학적 식 3:

$$V_{i-1} - 4V_i + V_{i+1} + V_{i+n} = -V_0 \text{ (top neighboring point : Diricelet)}$$

$$V_{i-n} - 4V_i + V_{i+1} + V_{i+n} = -V_0 \text{ (left neighboring point : Diricelet)}$$

$$V_{i-n} + V_{i-1} - 4V_i + V_{i+n} = -V_0 \text{ (right neighboring point : Diricelet)}$$

$$V_{i-n} + V_{i-1} - 4V_i + V_{i+1} = -V_0 \text{ (bottom neighboring point : Diricelet)}$$

[0057]

[0058] 도 7에 도시된 2개의 위치에서 전압을 알고 있는 경우 다음과 같은 수식을 얻을 수 있다.

- [0059] 수학적식 4:
- $-4V_i + V_{i+1} + V_{i+n} = -2V_0$  (top and left neighboring points : Diricelet)
  - $V_{i-1} - 4V_i + V_{i+n} = -2V_0$  (top and right neighboring points : Diricelet)
  - $V_{i-n} - 4V_i + V_{i+1} = -2V_0$  (bottom and left neighboring points : Diricelet)
  - $V_{i-n} + V_{i-1} - 4V_i = -2V_0$  (bottom and right neighboring points : Diricelet)

[0060]

- [0061] 그리고 도 8에 도시된 바와 같이, 상단이 절연된( Neumann ) 조건에서는 다음과 같은 수식을 얻을 수 있다.

- [0062] 수학적식 5:

- $V_{i-1} - 4V_i + V_{i+1} + 2V_{i+n} = 0$  (top neighboring point : Neumann)
- $V_{i-n} - 4V_i + 2V_{i+1} + V_{i+n} = 0$  (left neighboring point : Neumann)
- $V_{i-n} + 2V_{i-1} - 4V_i + V_{i+n} = 0$  (right neighboring point : Neumann)
- $2V_{i-n} + V_{i-1} - 4V_i + V_{i+1} = 0$  (bottom neighboring point : Neumann)

[0063]

- [0064] 또한 도 9에 도시된 두변이 절연된 조건에서는 다음과 같은 수식을 얻을 수 있다.

- [0065] 수학적식 6:

- $-2V_i + V_{i+1} + V_{i+n} = 0$  (top and left neighboring points : Neumann)
- $V_{i-1} - 2V_i + V_{i+n} = 0$  (top and right neighboring points : Neumann)
- $V_{i-n} - 2V_i + V_{i+1} = 0$  (bottom and left neighboring points : Neumann)
- $V_{i-n} + V_{i-1} - 2V_i = 0$  (bottom and right neighboring points : Neumann)

[0066]

- [0067] 도 10에 도시된 바와 같이, 하변이 절연되고, 다른 변의 전압 값이 특정된 경우의 조건을 다음 수식과 같다.

[0068] 수학적식 7:

$$-4V_i + V_{i+1} + 2V_{i+n} = -V_0$$

(top neighboring point : Neumann & left neighboring point : Dirichlet)

$$V_{i-1} - 4V_i + 2V_{i+n} = -V_0$$

(top neighboring point : Neumann & right neighboring point : Dirichlet)

$$-4V_i + 2V_{i+1} + V_{i+n} = -V_0$$

(left neighboring point : Neumann & top neighboring point : Dirichlet)

$$V_{i-n} - 4V_i + 2V_{i+1} = -V_0$$

(left neighboring point : Neumann & bottom neighboring point : Dirichlet)

$$2V_{i-1} - 4V_i + V_{i+n} = -V_0$$

(right neighboring point : Neumann & top neighboring point : Dirichlet)

$$V_{i-n} + 2V_{i-1} - 4V_i = -V_0$$

(right neighboring point : Neumann & bottom neighboring point : Dirichlet)

$$2V_{i-n} - 4V_i + V_{i+1} = -V_0$$

(bottom neighboring point : Neumann & left neighboring point : Dirichlet)

$$2V_{i-n} + V_{i-1} - 4V_i = -V_0$$

(bottom neighboring point : Neumann & right neighboring point : Dirichlet)

[0069]

[0070] 상기의 수학적식 2 내지 수학적식 7은 경계 조건에 해당되므로 각 조건에 적용하는 경우 다음의 전기장 세기를 계산할 수 있다.

[0071] 전기장의 세기:

$$E_{x,i}^2 = \left( -\frac{V_{i+1} - V_{i-1}}{2h} \right)^2$$

$$E_{y,i}^2 = \left( -\frac{V_{i+n} - V_{i-n}}{2h} \right)^2$$

[0072]

[0073] 단위 팩터:

$$S_i = E_{x,i}^2 + E_{y,i}^2$$

[0074]

[0075] 그리고 전기장의 세기 또는 유전영동력 팩터 S는:

$$S = \sum_i S_i$$

[0076]

[0077] 여기서 V는 전위(electric potential), E는 전기장의 세기, x, y는 2차원 좌표, i는 연결된 이산화 전극이 있는 평면 위의 각 그리드 넘버를 의미한다. 따라서 S는 연결된 이산화 전극에 대해 모든 그리드 (전극 위와 전극간 채널 면을 포함) 에서의 팩터의 합이다.

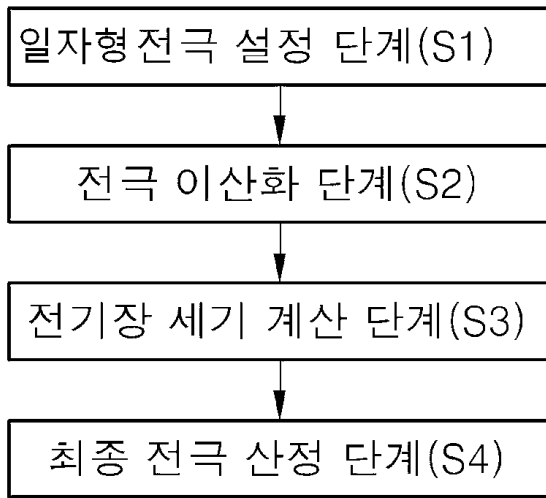
[0078] 따라서 매번 설정된 이산화 전극(3)에서 S값을 산정한다.

[0079] **최종 전극 산정 단계(S4)**

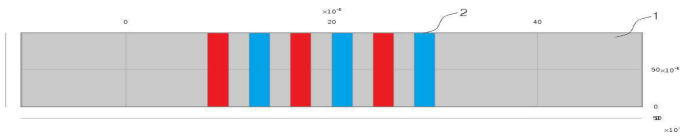


도면

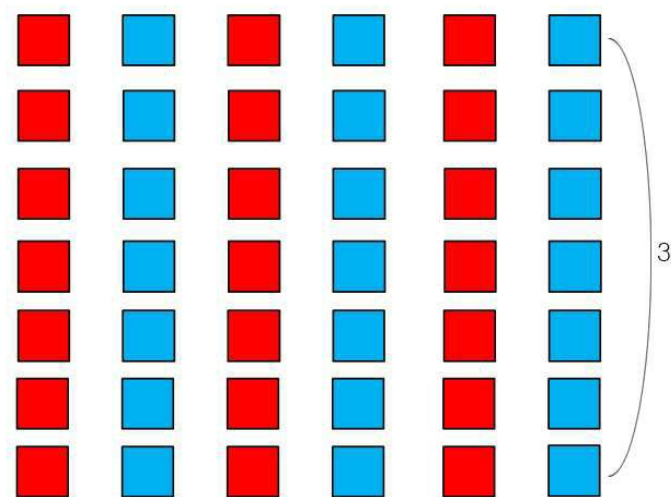
도면1



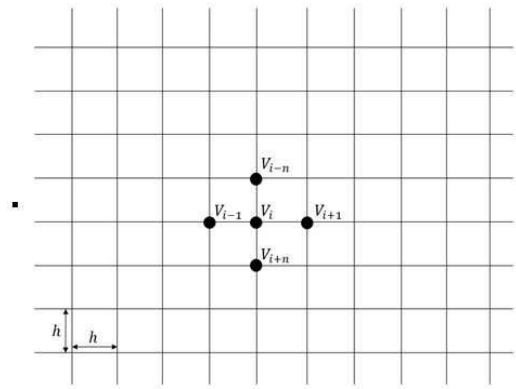
도면2



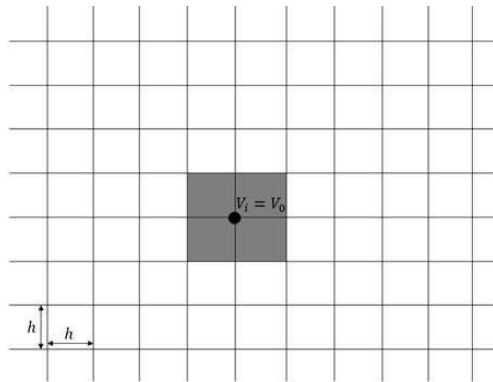
도면3



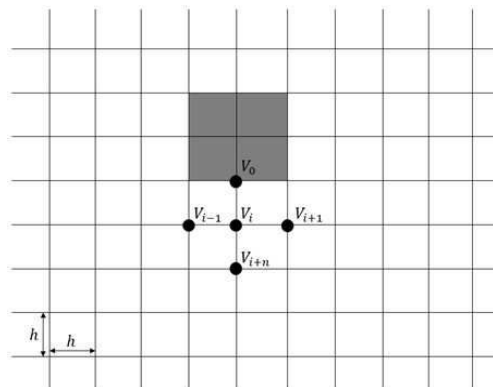
도면4



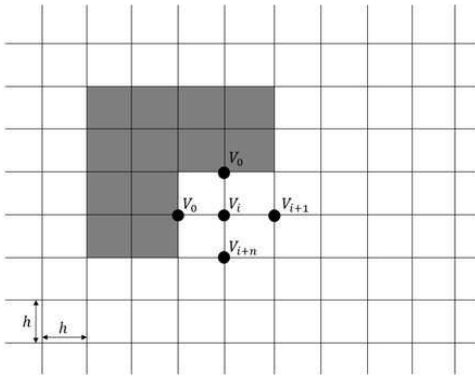
도면5



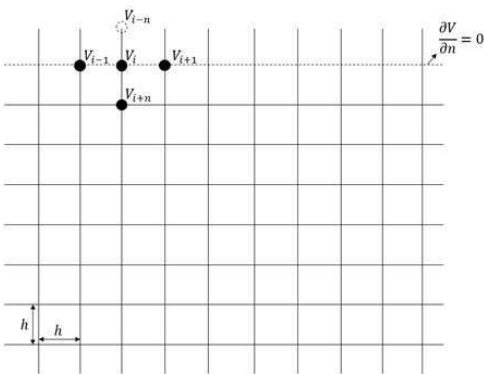
도면6



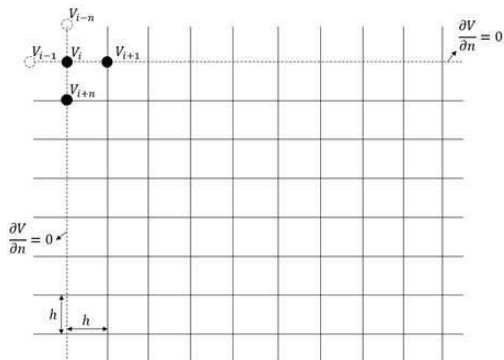
도면7



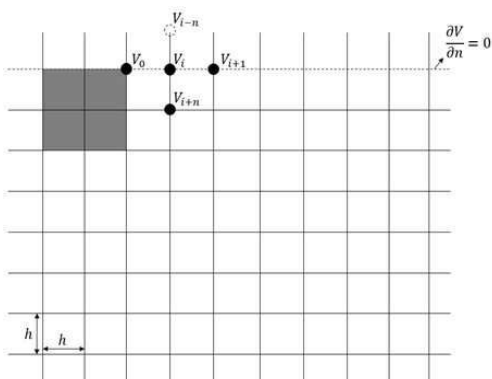
도면8



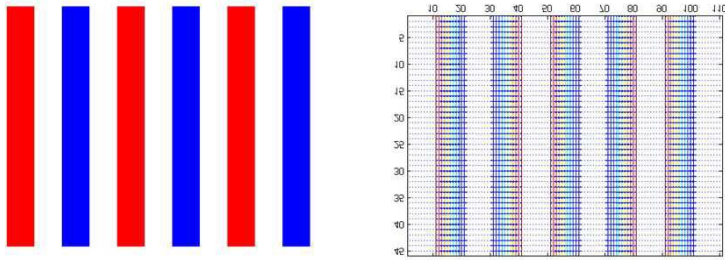
도면9



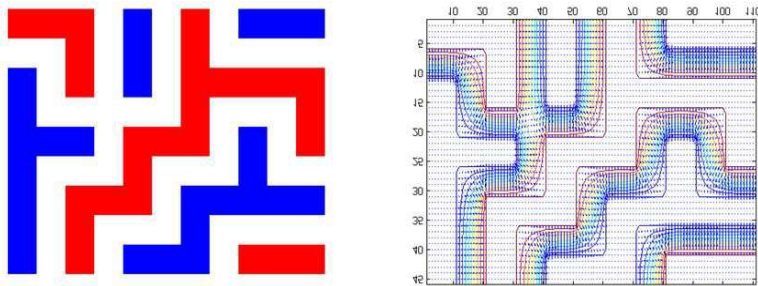
도면10



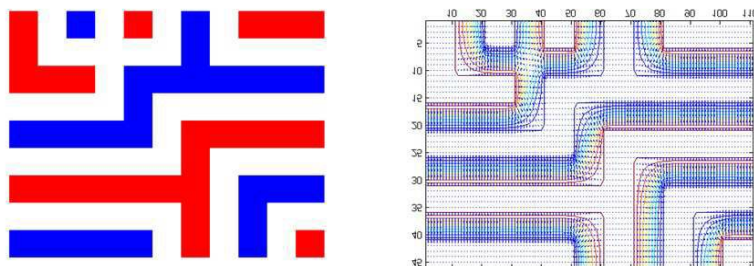
도면11



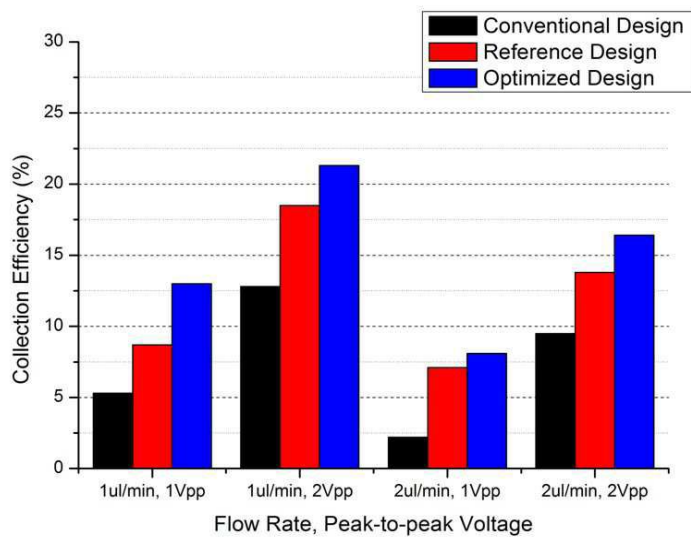
도면12



도면13



도면14



도면15

Grids per Discretized Area	Total Grids	S_conventional	S_optimized	S_r
6	230	75	159.8019	2.130692
15	885	83.125	213.3605	2.566742857
28	1876	85.5556	230.156	2.690133667
45	3293	86.7188	238.4828	2.750070342
<b>66</b>	<b>5106</b>	<b>87.4</b>	<b>243.4763</b>	<b>2.785770023</b>
91	7315	87.8472	246.8106	2.8095443