

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국



(43) 국제공개일  
2011년 6월 9일 (09.06.2011)

PCT

(10) 국제공개번호  
WO 2011/068293 A1

- (51) 국제특허분류:  
G01N 25/18 (2006.01) B82B 3/00 (2006.01)  
G01K 7/20 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2010/003768
- (22) 국제출원일: 2010년 6월 11일 (11.06.2010)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:  
10-2009-0118348 2009년 12월 2일 (02.12.2009) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): 한국전력공사 (KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION) [KR/KR]; 서울시 강남구 삼성동 167번지, 135-090 Seoul (KR).
- (72) 발명자: 겸
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): 최철 (CHOI, Cheol) [KR/KR]; 대전 유성구 전민동 엑스포아파트 307동 901호, 305-761 Daejeon (KR). 오제명 (OH, Je Myung) [KR/KR]; 대전 서구 둔산 3동 가람아파트 1동 1406

호, 302-744 Daejeon (KR). 이신표 (LEE, Shin Pyo) [KR/KR]; 경기 용인시 수지구 성북동 성동마을 LG 빌리지 1차아파트 114동 102호, 448-980 Gyeonggi-do (KR).

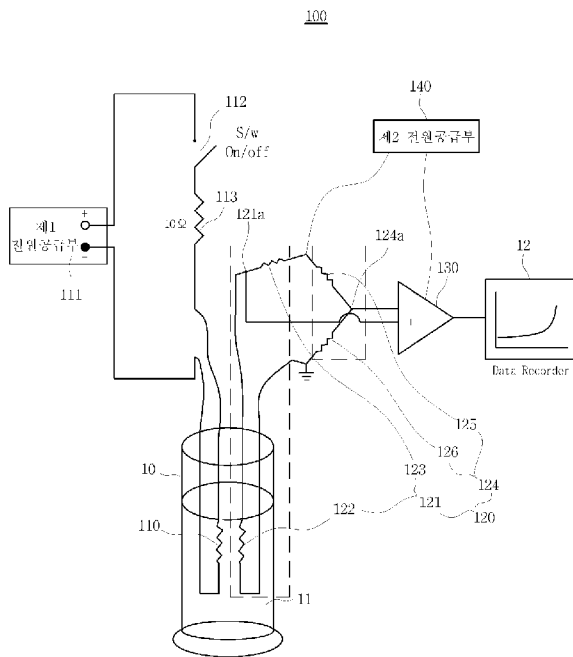
- (74) 대리인: 남충우 (NAM, Choong Woo) 등; 서울 강남구 도곡동 517-18 경빈빌딩 3층, 135-854 Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,

[다음 쪽 계속]

(54) Title: APPARATUS FOR MEASURING THERMAL DIFFUSIVITY IN A NANOFUID

(54) 발명의 명칭: 나노유체의 열확산을 측정장치

[Fig. 1]



111 ... 1<sup>st</sup> power supply unit  
140 ... 2<sup>nd</sup> power supply unit

(57) Abstract: Disclosed is an apparatus for measuring thermal diffusivity in a nanofluid. The apparatus for measuring thermal diffusivity in a nanofluid according to one embodiment of the present invention comprises: a heating wire for receiving electric power to apply heat to a nanofluid; a bridge circuit, a portion of which is disposed at a predetermined distance from the heating wire, and in which a voltage difference is formed in accordance with a change in a resistance value corresponding to the heat diffused from the heating wire; and an amplifier for receiving the voltage difference of the bridge circuit, and amplifying and outputting the voltage difference.

(57) 요약서: 나노유체의 열확산을 측정장치가 개시된다. 본 발명의 실시예에 따른 나노유체의 열확산을 측정장치는 전원을 공급받아 나노유체의 내부에 열을 가하는 전열선, 상기 전열선으로부터 일부분이 소정간격 이격되도록 배치되고, 상기 전열선으로부터 확산되는 열에 대응하여 변화되는 저항값에 근거하여 내부에 전압차가 발생하는 브릿지 회로 및 상기 브릿지 회로의 상기 전압차를 전달받아 상기 전압차를 증폭하여 출력하는 증폭부를 포함한다.



ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, **공개:**

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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

## 명세서

### 발명의 명칭: 나노유체의 열확산율 측정장치

#### 기술분야

- [1] 본 발명은 열확산율 측정장치에 관한 것으로, 더 상세하게는 브릿지 회로의 내부에서 발생하는 전압차를 사용하여 나노유체의 내부에서 확산되는 열을 측정하는 나노유체의 열확산율 측정장치에 관한 것이다.

#### 배경기술

- [2] 일반적으로, 유체는 형상이 정해지지 않아 변형이 쉽고 자유로이 흐를 수 있는 액체 또는 기체를 총칭하고, 공기조화 시스템 및 냉각장치 등의 다양한 분야에 사용된다.
- [3] 나노유체는 물, 에틸렌글리콜 및 오일 등의 액체에 열전도가 높은 금속, 산화물, 세라믹 또는 비금속 등과 같은 나노 크기의 고상 입자를 첨가하여 유체의 열전달 및 열확산 성능을 높인 혼합유체이다. 나노유체는 뛰어난 열전달 특성으로 인해 열전달매체 또는 열제거장치 등에서 고온에서 저온으로 열을 교환해주는 열 교환 또는 열 수송용 소자로 사용된다.
- [4] 이와 같은 나노유체의 성능은 열전도 및 열확산 정도에 의해 결정되기 때문에, 고상 입자가 첨가되기 전과 후의 나노유체 열전도 및 열확산을 비교함으로써, 나노유체의 유용성을 검증하고 있다.
- [5] 한편, 일반적으로 나노유체의 열전도 및 열확산을 측정하는 방법으로는 나노유체의 열전도 및 열확산을 동시에 측정가능한 비정상 열선법이 있다.
- [6] 비정상 열선법에 따르면, 온도의 변화에 따라 저항값이 변화되는 가느다란 열선센서가 측정 대상인 유체 내부에 중력방향으로 삽입된다. 그리고, 상기 열선센서에 순간적으로 전류가 흐르면, 상기 열선센서 자체의 온도가 상승 되고, 열선센서가 삽입된 유체의 온도가 상승 된다. 이때, 상기 열선센서가 삽입된 유체의 열전도 효과가 좋으면, 열선센서에 의해 발생 되는 열의 대부분은 유체 쪽으로 전달되어 열선센서의 온도상승이 작게 발생하므로, 열선센서 저항값의 증가량이 작다. 반면에, 상기 열선센서가 삽입된 유체의 열전도 효과가 좋지 않으면, 열선센서에 의해 발생 되는 열의 대부분은 열선센서에 축적되어 열선센서의 온도상승이 크게 발생하므로, 열선센서 저항값의 증가량이 커진다.
- [7] 즉, 비정상 열선법에 있어서, 상기 열선센서 저항값의 증가량이 적으면 유체의 열전도 효과가 좋고, 열선센서 저항값의 증가량이 크면 유체의 열전도 효과가 좋지 못하다.
- [8] 그러나, 이와 같이 유체 내부의 열확산율을 측정하는 상기 비정상 열선법은 하나의 열선센서를 사용하므로, 실험결과데이터에 의해 계산된 열확산율과 실제 나노유체의 열확산율간의 차이가 많이 발생한다는 문제점이 있었다.

#### 발명의 상세한 설명

## 기술적 과제

- [9] 본 발명의 실시예들은 하나의 열선센서로 나노유체 내부의 열확산율을 측정하는 비정상열선법에서 발생하는, 실험결과데이터에 의해 계산되는 나노유체의 열확산율과 실제 나노유체의 열확산율의 오차를 줄인 나노유체의 열확산율 측정장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

## 과제 해결 수단

- [10] 본 발명의 일측면에 따르면, 전원을 공급받아 나노유체의 내부에 삽입되어 열을 가하는 전열선; 상기 전열선으로부터 일부분이 소정간격 이격되도록 배치되어 상기 전열선으로부터 확산되는 열에 대응하여 변화되는 저항값에 근거하여 내부에 전압차가 발생하는 브릿지 회로; 및 상기 브릿지 회로의 상기 전압차를 전달받아 상기 전압차를 증폭하여 출력하는 증폭부;를 포함하는 나노유체의 열확산율 측정장치가 제공될 수 있다.
- [11] 또한, 상기 브릿지 회로는 상기 전열선으로부터 확산되는 열에 대응하여 저항값이 변화되는 열감지부; 제 1 고정저항이 직렬로 연결되어 있는 제 1 루프; 및 제 2 고정저항과 가변저항이 직렬로 연결된 제 2 루프를 포함하고, 상기 제 1 루프 및 제 2 루프는 병렬로 연결될 수 있다.
- [12] 또한, 상기 열감지부는 상기 전열선에 대응되도록, 상기 나노유체의 내부에 삽입될 수 있다.
- [13] 또한, 상기 열감지부는 상기 전열선으로부터 확산되는 열에 비례하여 저항값이 증가될 수 있다.
- [14] 또한, 상기 제 1 루프와 제 2 루프 사이의 상기 전압차는 상기 열감지부의 저항값에 비례하여 증가될 수 있다.

## 발명의 효과

- [15] 본 발명의 실시예들은 나노유체에 열을 가하는 전열선과 열발생부에서 일정거리만큼 떨어진 부분의 나노유체의 내부온도를 측정하는 브릿지회로를 사용함으로써, 나노유체의 내부에 열이 확산 되는 것을 정확하게 측정하여, 실험결과 데이터에 의해 계산되는 나노유체의 열확산율과 실제 나노유체의 열확산율의 오차를 줄일 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

- [16] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 나노유체의 열확산율 측정장치를 나타내는 개략도이다.
- [17] 도 2는 나노유체의 열확산율 측정장치에 의해 얻어진 엔진오일 및 글리세린의 전압변화 데이터이다.
- [18] 도 3은 엔진오일의 실험결과가 곡선맞춤을 통해 직선으로 변화된 직선의 그래프이다.
- [19] 도 4는 글리세린의 실험결과가 곡선맞춤을 통해 직선으로 변화된 직선의 그래프이다.

- [20] <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>
- [21] 10: 실험용기 11: 나노유체
- [22] 12: 데이터 기록계 100: 열확산율 측정장치
- [23] 110: 전열선 111: 제 1 전원공급부
- [24] 112: 스위치 113: 열량측정저항
- [25] 120: 브릿지 회로 121: 제 1 루프
- [26] 121a: 제 1 노드 122: 열감지부
- [27] 123: 제 1 고정저항 124: 제 2 루프
- [28] 124a: 제 2 노드 125: 제 2 고정저항
- [29] 126: 가변저항 130: 증폭부
- [30] 140: 제 2 전원공급부

### 발명의 실시를 위한 형태

- [31] 이하, 첨부한 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 나노유체의 열확산율 측정장치에 대해 상세하게 설명하기로 한다.
- [32] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 나노유체의 열확산율 측정장치(100)를 나타내는 개략도이다.
- [33] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 나노유체의 열확산율 측정장치(100)는 전열선(110), 브릿지회로(120) 및 증폭부(130)를 포함한다.
- [34] 전열선(110)은 실험용기(10)에 수용된 나노유체(11)의 내부에 열을 가하기 위한 것으로, 나노유체(11) 내부에 삽입되며 제 1 전원공급부(111)로부터 공급되는 전기에너지를 열에너지로 전환시켜 열을 발생시킨다.
- [35] 상기 전열선(110)은 열 전도성이 좋은 백금선 또는 텅스텐선 등으로 이루어질 수 있다.
- [36] 상기 제 1 전원공급부(111)는 전열선(110)에 전원을 공급하기 위한 것으로, 상기 전열선(110)에 연결된다.
- [37] 또한, 상기 열확산율 측정장치(100)는 상기 전열선(110)으로 인가되는 전원을 선택적으로 차단할 수 있는 스위치(112)와 상기 나노유체(11)의 내부에 삽입된 상기 전열선(110)에서 발생하는 열량을 간접적으로 계산하기 위해, 상기 전열선(110)에 직렬로 연결되는 열량측정저항(113)을 더 포함할 수 있다.
- [38] 브릿지 회로(120)는 상기 나노유체(11) 내부에 확산되는 열을 감지하기 위한 것으로, 제 1 루프(121) 및 제 2 루프(124)를 포함한다. 또한, 상기 제 1 루프(121) 및 제 2 루프(124)는 병렬로 연결된다.
- [39] 상기 제 1 루프(121)는 열감지부(122)와 제 1 고정저항(123)이 직렬로 연결된다.
- [40] 상기 열감지부(122)는 전열선(110)으로부터 확산되는 열에 대응하여 저항값이 변화되는 것으로, 상기 전열선(110)에 평행하도록 상기 나노유체(11)에 삽입된다. 또한, 상기 나노유체(11)의 내부에서 상기 전열선(110)으로 확산되는 열에 비례하여 저항값이 증가한다.

- [41] 한편, 상기 열감지부(122)는 상기 전열선(110)에서 발생하는 열을 효과적으로 전달받기 위하여, 상기 전열선(110)과 일치하는 형상으로 형성될 수 있다. 또한, 열 전도성이 좋은 백금선 또는 텅스텐선 등으로 형성될 수 있다.
- [42] 상기 제 2 루프(124)는 제 2 고정저항(125)과 가변저항(126)이 직렬로 연결된다.
- [43] 상기 가변저항(126)은 상기 열감지부(122)가 상기 나노유체(11)의 내부에 삽입될 때, 상기 나노유체(11)의 기본 온도에 따른 저항값에 대응하여 전압값이 변화된다. 또한, 상기 제 1 루프(121)의 열감지부(122) 및 상기 제 1 고정저항(123) 사이의 제 1 노드(121a)에 걸리는 전압과, 상기 제 2 루프(124)의 제 2 고정저항(125) 및 가변저항(126) 사이의 제 2 노드(124a)에 걸리는 전압을 동일하게 하여 증폭부(130)로 전류가 흐르지 못하게 한다.
- [44] 상기 제 1 노드(121a)에 걸리는 전압 및 상기 제 2 노드(124a)에 걸리는 전압은 상기 나노유체(11)의 온도가 변화되지 않으면 평형을 이룬다. 그러나, 상기 나노유체(11)의 온도가 상기 전열선(110)에 의해 변화되면, 상기 제 1 노드(121a)에 걸리는 전압 및 상기 제 2 노드(124a)에 걸리는 전압에 차이가 생겨 증폭부(130)로 전류가 흐른다.
- [45] 즉, 상기 열감지부(122)가 상기 나노유체(11)의 내부온도에 비례하여 저항값이 증가되면, 상기 제 1 노드(121a)에 걸리는 전압이 증가하게 되고, 그 결과로 제 1 노드(121a)에 걸리는 전압 및 제 2 노드(124a)에 걸리는 전압의 차이가 증가하게 된다.
- [46] 증폭부(130)는 상기 브릿지 회로(120) 내부에서 생기는 전압차를 증폭하기 위한 것으로, 일측이 상기 브릿지 회로(120)에 연결되어 제 1 노드(121a) 및 제 2 노드(124a)에 걸리는 전압을 비반전단자와 반전단자로 전달받아 증폭하며, 타측이 별도의 표시부재, 즉, 데이터 기록계(12) 또는 오실로스코프 등에 연결되어 온도값을 출력한다.
- [47] 본 발명의 실시예에 따른 열확산율 측정장치(100)는 상기 브릿지 회로(120) 및 상기 증폭부(130)에 전원을 공급하는 제 2 전원공급부(140)를 더 포함할 수 있다.
- [48] 또한, 상기 열확산율 측정장치(100)는 상기 나노유체(11)에 삽입되는 전열선(110)과 상기 열감지부(122)의 위치를 고정시키고 다른 장치들을 보호하기 위한 보호케이스(미도시)를 더 포함할 수 있다.
- [49] 상기 보호케이스는 중공형 직육면체 형상으로 형성될 수 있다.
- [50] 상기 보호케이스는 상기 보호케이스의 중공부분에 상기 전열선(110) 및 상기 열감지부(122)가 노출됨으로써, 상기 전열선(110) 및 열감지부(122)의 위치를 고정시킬 수 있다. 또한, 상기 전열선(110) 및 열감지부(122)에 연결된 다른 장치부들이 상기 보호케이스의 내부에 삽입되어 다른 장치부들이 나노유체에 노출되는 것을 방지할 수 있다.
- [51] 이하에서는, 상술한 본 발명의 실시예에 따른 열확산율 측정장치(100)에 의해 얻어지는 측정값과 이론값을 비교하여 설명하기로 한다.
- [52] 전열선(110)으로부터 거리  $r$ 만큼 떨어진 위치의 나노유체(11) 내부온도 상승은

하기 [수학식 1]과 같다.

[53] 수학식 1

$$\Delta T = \frac{q}{4\pi k} E_1 \left( \frac{r^2}{4\alpha t} \right)$$

$$E_1 = \int_x^\infty x^{-1} \exp(-x) dx$$

[54] 여기서,  $\alpha$ 는 열확산율이고  $k$ 는 열전도율이고  $q$ 는 단위길이당 발생열량을 나타낸다. 상기 식에서 함수  $E_1$ 을 수학 소프트웨어를 사용하여 산출하면 하기 [수학식 2]와 같다.

[55] 수학식 2

$$E_1 = 0.87453 \times e^{-1.2626x}$$

[56] 여기서  $r$ 은 상기 전열선(110) 및 열감지부(122) 사이의 간격으로, 대략 3mm이다. 엔진오일의 열확산율은  $0.859 \times 10^{-7}$ 이므로, 시간에 따른 변수  $r^2/4\alpha t$ 을 나타내면 하기 [수학식 3]과 같다.

[57] 수학식 3

$$\Delta T = \frac{q}{4\pi t} \times 0.87453 \times \exp\left(-1.2626 \frac{r^2}{4\alpha t}\right)$$

[58] 이때, 15초 이후에는 상기 나노유체(11) 내부에서 부력에 의한 유동이 발생되어 열확산율의 측정이 불가능하기 때문에, 본 발명의 실시예에 따른 열확산율 측정장치(100)를 사용하여 측정한 측정값은 대략 15초까지의 데이터만 사용된다.

[59] 상기 열감지부(122)는 상기 나노유체(11) 내부에서 대략  $12.963\Omega$ 의 저항값을 가지며, 제 1 고정저항(123)은  $2k\Omega$ 의 저항값을 가진다. 제 2 고정저항(125)은  $10k\Omega$ 의 저항값을 가지며, 가변저항(126)은  $1k\Omega$ 의 저항값 범위에서 조절된다.

[60] 상기 전열선(110)에서 열이 발생 되기 전, 상기 브릿지 회로(120)가 균형을 이루는 상태의 가변저항(126)의 저항값은  $64.815\Omega$ 이다. 상기 브릿지 회로(120)의 특징은 상기 제 1 고정저항(123)의 저항값이 상기 열감지부(122)의 저항값보다 매우 크다는 것이다. 온도상승에 따른 저항값의 변화는 하기 [수학식 4]와 같다.

[61] 수학식 4

$$\Delta R_t = R_{t0} \alpha \Delta T$$

[62] 여기서  $R_t$ 는 상기 열감지부(122)의 저항값이고,  $R_{t0}$ 는 상기 열감지부(122)의 본래 저항값이다. 이때, 온도상승이 크게 나타나는 엔진오일에서도 15초 동안 변화되는 온도는  $1^\circ\text{C}$ 정도이다. 이와 같이 상기 나노유체(11) 내부온도의  $1^\circ\text{C}$  온도상승에 따라 변화되는, 상기 열감지부(122)의 저항값은  $0.047\Omega (=12.023 \times 0.0039092 \times 1)$ 이다. 상기 열감지부(122)가 포함된 제 1

루프(121)의 총 저항값은 상기 나노유체(11)의 온도가 21°C인 경우 2012.963Ω(=2000Ω+12.963Ω)이고, 상기 나노유체(11)의 온도가 1°C 상승되어 22°C인 경우 2013.01Ω(=2000Ω+13.963Ω+0.047Ω)이다. 따라서, 15V가 상기 브릿지 회로(120)에 인가되면, 상기 나노유체(11)의 온도가 21°C인 경우, 열감지부(122)가 포함된 제 1 루프(121)에 흐르는 전류는 7.4517mA이다. 또한, 상기 나노유체(11)의 온도가 1°C 상승되어 22°C인 경우, 상기 열감지부(122)가 포함된 제 1 루프(121)에 흐르는 전류는 7.4515mA가 된다. 따라서 저항값의 크기가 작게 변화되는 경우, 상기 브릿지 회로(120)에는 거의 일정한 전류가 흐르게 된다. 따라서 상기 열감지부(122)의 저항값이 증가하면, 상기 제 1 노드(121)에 걸리는 전압이 증가되고, 그 결과로 제 1 루프(121) 및 제 2 루프(124) 사이의 전압차가 증가한다. 상기 제 1 루프(121) 및 제 2 루프(124) 사이의 전압차의 변화량과 온도의 변화량은 하기 [수학식 5]와 같다.

[63] 수학식 5

$$\Delta V \propto \Delta T$$

[64] 전압차의 변화량은 온도의 변화량에 비례하여 증가하므로, 상기 [수학식 3]을 상기 나노유체(11)의 질량, 열확산율, 그리고 전열선(110) 및 열감지부(122) 사이의 간격 등의 상수를 고려하면 하기 [수학식 6]과 같다.

[65] 수학식 6

$$\Delta V = C_1 \times \exp\left(-\frac{C_2}{t}\right)$$

$$C_1 = \frac{q}{4\pi t}$$

$$C_2 = 1.2626 \frac{r^2}{4\alpha}$$

[66] 상기 [수학식 6]을 변형하면, 하기 [수학식 7]과 같다.

[67] 수학식 7

$$\frac{\Delta V}{C_1} = \exp\left(-\frac{C_2}{t}\right)$$

$$\ln\left(\frac{\Delta V}{C_1}\right) = -\frac{C_2}{t}$$

$$\ln \Delta V - \ln C_1 = -\frac{1}{t} C_2$$

[68] 여기서 상기 [수학식 7]에 새로운 변수를 대입하면, 하기 [수학식 8]과 같다.

[69] 수학식 8

$$y = \ln \Delta V$$

$$x = -\frac{1}{t}$$

$$A = C_2$$

$$B = \ln C_1$$

$$y = Ax + B$$

- [70] 상기 [수학식 8]에 의해 상기 브릿지 회로(120)의 내부 전압차 상승 시간 데이터가 적절한 변환과정을 통하여, 일차 함수의 식으로 곡선맞춤 될 수 있다. 상기 [수학식 6]에서  $C_2$  열확산율의 정보를 가지고 있고, 일차함수로 변형된 상기 [수학식 8]에서 A는  $C_2$ 를 나타낸다. 측정된 실험데이터를 이용하여 계수  $C_2$ 를 구하는 과정은, 먼저 전압신호에 로그를 취하고, 다음으로 시간의 역수를 구하고, 그 다음으로 구해진 시간의 역수에 음수를 붙인다. 그리고, 도 2에 나타난 나노유체의 열확산율 측정장치(100)에 의해 구해진 전압변화데이터를 곡선맞춤을 통해 직선으로 표시하여 직선의 기울기를 구한다.

- [71] 엔진오일과 글리세린에 대한 전압변화데이터에 변환과정을 적용하여 최종적으로 열확산계수를 구하는 과정에서  $C_2$ 는 하기 [수학식 9]와 같다.

- [72] 수학식 9

$$C_2 = 1.2626 \times \frac{r^2}{4a}$$

- [73] 따라서 열확산율  $\alpha$ 는 하기 [수학식 10]과 같다.

- [74] 수학식 10

$$\alpha = 1.2626 \times \frac{r^2}{4C_2}$$

- [75] r에 상기 전열선(110) 및 열감지부(122) 사이의 간격인 3mm가 대입되고, 도 3에 나타난 엔진오일 실험결과가, 곡선맞춤을 통해 직선으로 변화된 그래프의 직선의 기울기 33.26이 상기 [수학식 10]에 대입되어 열확산율이 계산되면, 하기 [수학식 11]과 같다.

- [76] 수학식 11

$$\alpha = 1.2626 \times \frac{0.003^2}{4 \times 33.26} = 0.854 \times 10^{-7}$$

- [77] 엔진오일의 열확산율인  $0.859 \times 10^{-7}$ 과 실험을 통해 측정된 측정값을 비교하면  $0.6\% (= (0.854 - 0.859) \times 100 / 0.859)$ 의 오차가 있음을 알 수 있다.

- [78] 도 4에 나타난 글리세린 실험결과가, 곡선맞춤을 통해 직선으로 변화된 그래프의 직선의 기울기 30.862가 상기 [수학식 10]에 대입되어 열확산율이

계산되면 하기 [수학식 12]와 같다.

[79] 수학식 12

$$\alpha = 1.2626 \times \frac{0.003^2}{4 \times 30.862} = 0.920 \times 10^{-7}$$

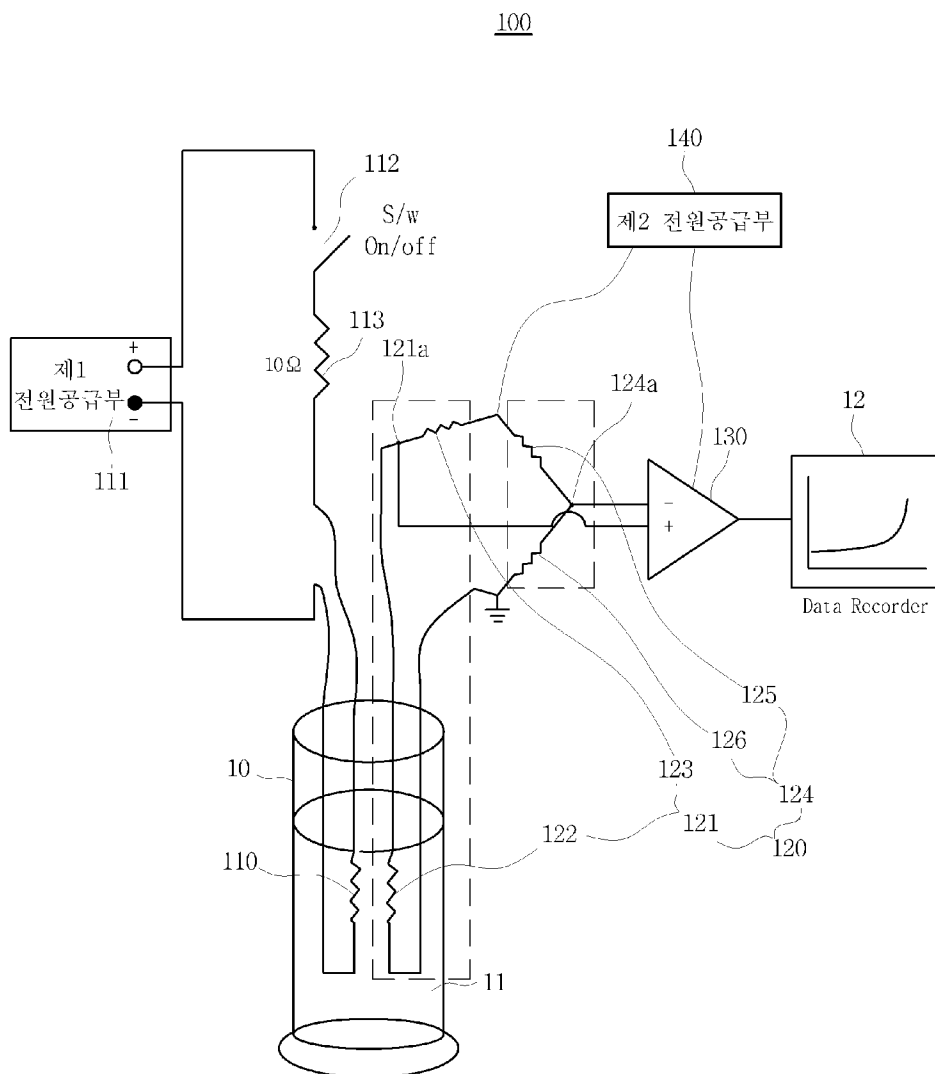
[80] 글리세린의 열확산율인  $0.935 \times 10^{-7}$ 과 실험을 통해 측정된 측정값을 비교하면  $1.6\% (= (0.920 - 0.935) \times 100 / 0.935)$ 의 오차가 있음을 알 수 있다. 즉, 상기 나노유체(11)의 이론에 따른 열확산율과 실험을 통해 측정된 열확산율간에는 오차가 거의 없다.

[81] 이상, 본 발명의 실시예에 따른 나노유체의 열확산율 측정장치에 대하여 설명하였지만, 본 발명의 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 수정, 변경 및 다양한 변형실시예가 가능함은 당업자에게 명백하다.

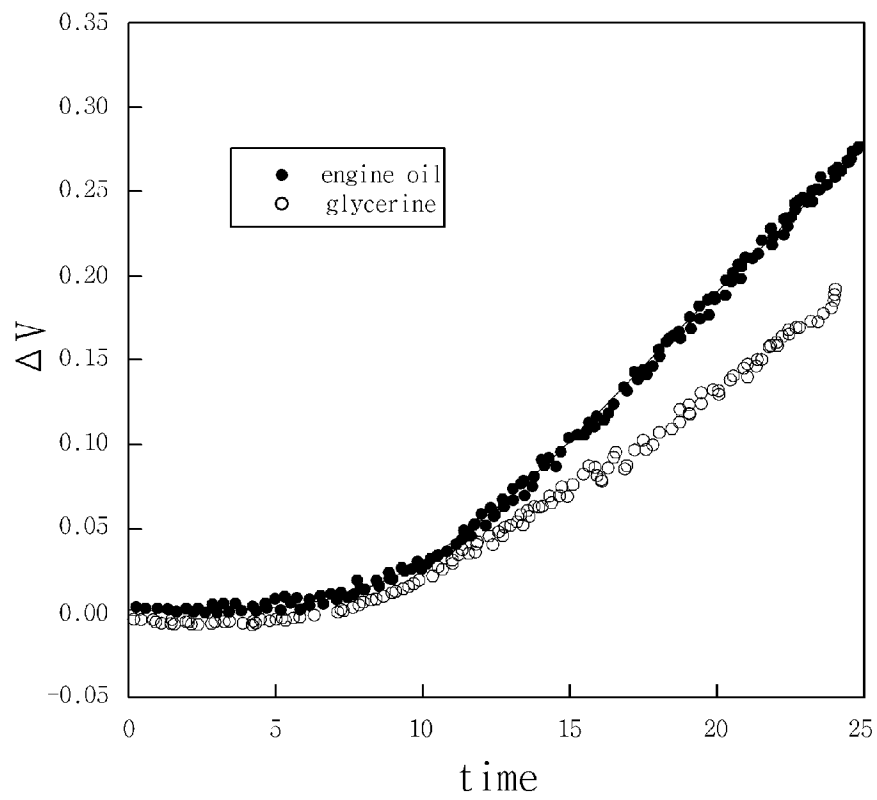
## 청구범위

- [청구항 1] 전원을 공급받아 나노유체의 내부에 삽입되어 열을 가하는 전열선;  
상기 전열선으로부터 일부분이 소정간격 이격되도록 배치되고, 상기 전열선으로부터 확산되는 열에 대응하여 변화되는 저항값에 근거하여 내부에 전압차가 발생하는 브릿지 회로; 및  
상기 브릿지 회로의 상기 전압차를 전달받아 상기 전압차를 증폭하여 출력하는 증폭부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노유체의 열확산을 측정장치.
- [청구항 2] 청구항 1에 있어서,  
상기 브릿지 회로는 상기 전열선으로부터 확산되는 열에 대응하여 저항값이 변화되는 열감지부;  
제 1 고정저항이 직렬로 연결되어 있는 제 1 루프; 및  
제 2 고정저항과 가변저항이 직렬로 연결된 제 2 루프를 포함하고, 상기 제 1 루프 및 제 2 루프는 병렬로 연결된 것을 특징으로 하는 나노유체의 열확산을 측정장치.
- [청구항 3] 청구항 2에 있어서,  
상기 열감지부는 상기 전열선에 대응되도록, 상기 나노유체의 내부에 삽입되는 것을 특징으로 하는 나노유체의 열확산을 측정장치.
- [청구항 4] 청구항 2에 있어서,  
상기 열감지부는 상기 전열선으로부터 확산되는 열에 비례하여 저항값이 증가되는 것을 특징으로 하는 나노유체의 열확산을 측정장치.
- [청구항 5] 청구항 4에 있어서,  
상기 제 1 루프 및 제 2 루프 사이의 상기 전압차는, 상기 열감지부의 저항값에 비례하여 증가되는 것을 특징으로 하는 나노유체의 열확산을 측정장치.

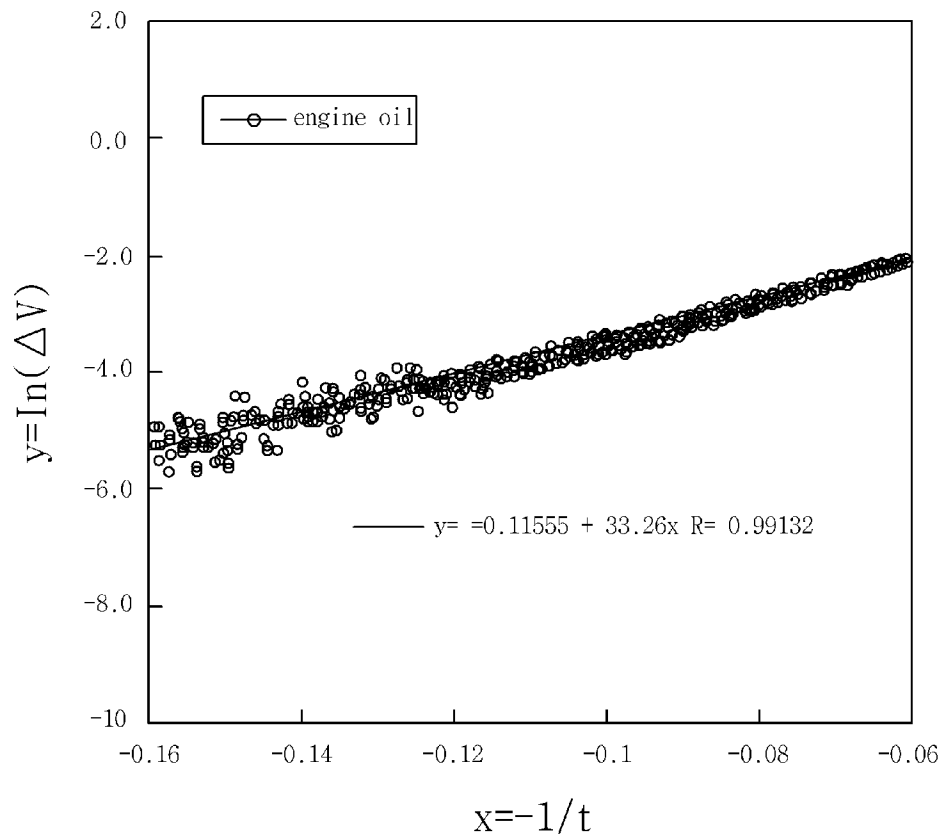
[Fig. 1]



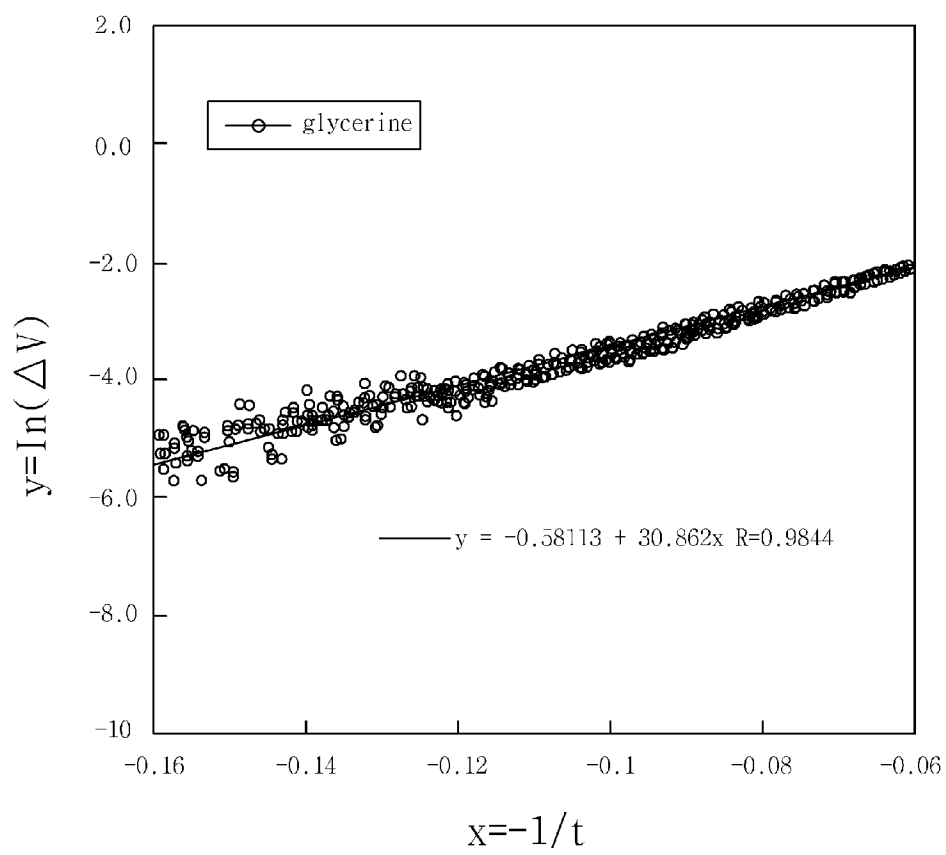
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/KR2010/003768****A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G01N 25/18(2006.01)i, G01K 7/20(2006.01)i, B82B 3/00(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)

G01N 25/18; G01N 25/08; G01N 25/00

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) &amp; Keywords: fluid, heat, transfer, circuit

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                          | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | US 5587520 A1 (RHODES; ROBERT P.) 24 December 1996<br>See detailed description of the invention (columns 4 to 5), the claims, figure 2      | 1-5                   |
| A         | US 4059006 A1 (MIZUTANI; MASUMI et al.) 22 November 1977<br>See detailed description of the invention, the claims, the figures              | 1-5                   |
| A         | EP 2009431 A1 (MITSUI MINING AND SMELTING CO., LTD.) 31 December 2008<br>See detailed description of the invention, the claims, the figures | 1-5                   |
| A         | KR 10-2001-0089057 A (LEE, HUEN) 29 September 2001<br>See detailed description of the invention, the claims, the figures                    | 1-5                   |



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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

**24 FEBRUARY 2011 (24.02.2011)**

Date of mailing of the international search report

**25 FEBRUARY 2011 (25.02.2011)**

Name and mailing address of the ISA/KR


 Korean Intellectual Property Office  
 Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,  
 Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No.

**PCT/KR2010/003768**

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member | Publication<br>date |
|-------------------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| US 5587520 A1                             | 24.12.1996          | NONE                    |                     |
| US 4059006 A1                             | 22.11.1977          | JP 52-084886 U          | 24.06.1977          |
|                                           |                     | JP 52-084887 U          | 24.06.1977          |
|                                           |                     | JP 56-013647 Y          | 30.03.1981          |
|                                           |                     | JP 56-013648 Y          | 30.03.1981          |
| EP 2009431 A1                             | 31.12.2008          | JP 2007-292730 A        | 08.11.2007          |
|                                           |                     | US 2010-0294021 A1      | 25.11.2010          |
|                                           |                     | WO 2007-111052 A1       | 04.10.2007          |
|                                           |                     | WO 2007-111052 A1       | 04.10.2007          |
| KR 10-2001-0089057 A                      | 29.09.2001          | NONE                    |                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                            |                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))</b><br><br><b><i>G01N 25/18(2006.01)i, G01K 7/20(2006.01)i, B82B 3/00(2006.01)i</i></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                            |                                                  |
| <b>B. 조사된 분야</b><br>조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)<br>G01N 25/18; G01N 25/08; G01N 25/00<br><br>조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌<br>한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC<br>일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC<br><br>국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))<br>eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: fluid, heat, transfer, circuit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                            |                                                  |
| <b>C. 관련 문헌</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                            |                                                  |
| 카테고리*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재                                                                 | 관련 청구항                                           |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | US 5587520 A1 (RHODES; ROBERT P.) 1996.12.24<br>발명의 상세한 설명(컬럼 4 내지 5), 청구범위, 도 2 참조        | 1-5                                              |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | US 4059006 A1 (MIZUTANI; MASUMI 외 2명) 1977.11.22<br>발명의 상세한 설명, 청구범위, 도면 참조                | 1-5                                              |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | EP 2009431 A1 (MITSUI MINING AND SMELTING CO., LTD.) 2008.12.31<br>발명의 상세한 설명, 청구범위, 도면 참조 | 1-5                                              |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | KR 10-2001-0089057 A (이혼) 2001.09.29<br>발명의 상세한 설명, 청구범위, 도면 참조                            | 1-5                                              |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span><input type="checkbox"/> 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.</span> <span><input checked="" type="checkbox"/> 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.</span> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                            |                                                  |
| <p>* 인용된 문헌의 특별 카테고리:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌</p> <p>“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌</p> <p>“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌</p> <p>“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌</p> <p>“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌</p> <p>“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신구성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.</p> <p>“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.</p> <p>“&amp;” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌</p> </div> </div> |                                                                                            |                                                  |
| 국제조사의 실제 완료일<br>2011년 02월 24일 (24.02.2011)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                            | 국제조사보고서 발송일<br><b>2011년 02월 25일 (25.02.2011)</b> |
| ISA/KR의 명칭 및 우편주소<br>대한민국 특허청<br>(302-701) 대전광역시 서구 선사로 139,<br>정부대전청사<br>팩스 번호 82-42-472-7140                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                            | 심사관<br>박기석<br>전화번호 82-42-481-5399<br>            |

| 국제조사보고서에서<br>인용된 특허문헌 | 공개일          | 대응특허문헌             | 공개일          |
|-----------------------|--------------|--------------------|--------------|
| US 5587520 A1         | 1996. 12. 24 | 없음                 |              |
| US 4059006 A1         | 1977. 11. 22 | JP 52-084886 U     | 1977. 06. 24 |
|                       |              | JP 52-084887 U     | 1977. 06. 24 |
|                       |              | JP 56-013647 Y     | 1981. 03. 30 |
|                       |              | JP 56-013648 Y     | 1981. 03. 30 |
| EP 2009431 A1         | 2008. 12. 31 | JP 2007-292730 A   | 2007. 11. 08 |
|                       |              | US 2010-0294021 A1 | 2010. 11. 25 |
|                       |              | WO 2007-111052 A1  | 2007. 10. 04 |
|                       |              | WO 2007-111052 A1  | 2007. 10. 04 |
| KR 10-2001-0089057 A  | 2001. 09. 29 | 없음                 |              |