(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2021 년 10 월 14 일 (14.10.2021)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2021/206330 A1

(51) 국제특허분류:
G10K 11/00 (2006.01) *G10K 11/162* (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2021/003748

(22) 국제출원일: 2021 년 3 월 26 일 (26.03.2021)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2020-0041835 2020 년 4 월 6 일 (06.04.2020) KR

(71) 출원인: 한국표준과학연구원 (**KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE**) [KR/KR]; 34113 대전시 유성구 가정로 267, Daejeon (KR). 울산과학기술원 (**UNIST(ULSAN NATIONAL INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY)**) [KR/KR]; 44919 울산시 울주군 언양읍 유니스트길 50, Ulsan (KR).

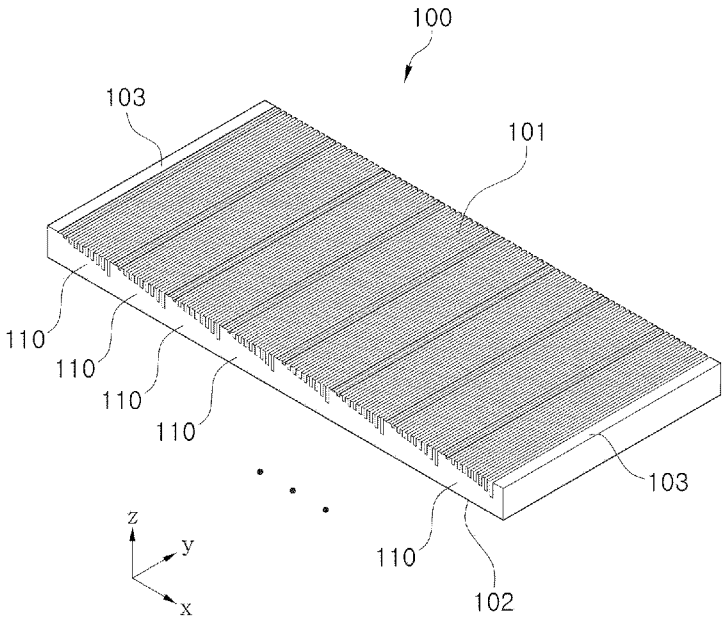
(72) 발명자: 최원재 (**CHOI, Won Jae**); 05236 서울시 강동구 고덕로27길 36, 105동 2001호., Seoul (KR). 오주환 (**OH, Joo Hwan**); 44919 울산시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 404동 203호., Ulsan (KR). 승홍민 (**SEUNG, Hong Min**); 34074 대전시 유성구 지족로190번길 36, 104동 1404호., Daejeon (KR). 하종문 (**HA, Jong Moon**); 34071 대전시 유성구 지족로 317, 110동 1504호., Daejeon (KR). 김미소 (**KIM, Mi So**); 34020 대전시 유성구 배울2로 61, 1014동 1201호., Daejeon (KR).

(74) 대리인: 특허법인 피씨알 (**PCR INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM**); 06158 서울시 강남구 테헤란로 441, 10층, 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, SC, SD,

(54) **Title:** METASURFACE HAVING ONE SMOOTH AND EXPOSED SURFACE AND METHOD FOR DESIGNING SAME

(54) **발명의 명칭:** 매끈한 일면이 노출되는 메타표면 및 이의 설계 방법



(57) **Abstract:** The present invention relates to a metasurface having a smooth and exposed surface, and provides a metasurface which is attached to a surface of a moving means operated in a fluid medium and has one smooth and exposed surface, the metasurface comprising a plurality of identical unit cells arranged in one direction, wherein each of the unit cells has n (n is a natural number greater than or equal to 4) concave parts which are formed in said one direction on one surface thereof, have different depths and identical widths, and are spaced an identical interval apart from each other, the different depths of the n concave parts enable acoustic waves, which are incident to the one smooth surface of the metasurface and reflected from the bottom surface of the n concave parts, respectively, to have phase gradients of an equal interval, and the other surface of the metasurface, on which the concave parts are formed, is attached to a surface of the moving means and the one smooth surface of the metasurface is exposed to the outside.

WO 2021/206330 A1

[다음 쪽 계속]

SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, ST, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

— 청구범위 보정 기한 만료 전의 공개이며, 보정서를 접수하는 경우 그에 관하여 별도 공개함 (규칙 48.2(h))

(57) 요약서: 본 발명은 매끈한 일면이 노출되는 메타표면에 관한 것으로, 유체 매질에서 운행되는 이동 수단의 표면에 부착되고 매끈한 일면이 노출되는 메타표면에 있어서, 일 방향으로 배열되는 동일한 단위 셀을 복수 개 포함하고, 상기 단위 셀은 일면에 상기 일 방향으로 서로 다른 깊이를 갖는 n(n은 4 이상인 자연수)개의 오목부가 동일한 폭 및 동일한 이격 간격으로 형성되고, 상기 n개의 오목부의 서로 다른 깊이는, 상기 메타표면의 매끈한 일면에 입사하고 상기 상기 n개의 오목부 각각의 바닥면에서 반사되는 음향파가 등간격의 위상 구배를 갖게 하고, 상기 오목부가 형성된 상기 메타표면의 타면이 상기 이동 수단의 표면에 부착되고, 상기 메타표면의 매끈한 일면은 외부로 노출된다.

명세서

발명의 명칭: 매끈한 일면이 노출되는 메타표면 및 이의 설계 방법

기술분야

[1] 본 발명은 매끈한 일면이 노출되는 메타표면 및 이의 설계 방법에 관한 것으로, 상세하게는 유체 매질에서 운행하는 이동 수단의 표면에 형성되어 음향파에 대해 상기 이동 수단을 은폐하는 매끈한 일면이 노출되는 메타 표면 및 이의 설계 방법에 관한 것이다.

배경기술

[2] 메타물질은 주기적인 인공구조물을 이용하여 영(0) 굴절률 및 음의 굴절률과 같은 자연 물질이 가지기 어려운 파동 특성을 구현하는 것이다. 과거에는 전자기 분야에서 활발했던 메타물질의 연구가 최근 음향 분야로 빠르게 이동하면서 음향파(acoustic wave)의 파동 특성을 이용한 음향 메타 물질에 대한 연구가 활발해지고 있다. 예를 들어 소리를 파장보다 작은 영역에 극소적으로 집중시키거나, 진행경로를 자유자재로 바꾸거나, 음파 및 초음파 이미징 화질을 개선하는데 음향 메타 물질이 이용될 수 있다. 이를 위해서는 파장보다 작은 구조체를 주기적인 배열을 통해 탄성률, 밀도, 굴절률을 자유자재로 조절하는 인공 구조체 설계 기술이 필수적이다.

[3] 최근에는 2차원 박막 위에 물리적인 원리를 통해 설계된 단위 구조들을 배열하여 만들어지는 메타표면(meta surface) 구조들에 대한 연구가 이루어지고 있으며, 음향파의 탐지 신호에 대항하는 은폐 기술, 즉 스텔스(stealth) 기능을 갖는 메타 표면의 개발이 요구된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[4] 본 발명은 음향파를 입사각도와 다른 각도로 반사하는 매끈한 일면이 노출되는 메타표면 및 이의 설계방법을 제공하려는 것이다.

기술적 해결방법

[5] 본 발명에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면은, 유체 매질에서 운행되는 이동 수단의 표면에 부착되고 매끈한 일면이 노출되는 메타표면에 있어서, 일 방향으로 배열되는 동일한 단위 셀을 복수 개 포함하고, 상기 단위 셀은 일면에 상기 일 방향으로 서로 다른 깊이를 갖는 n(n은 4 이상인 자연수)개의 오목부가 동일한 폭 및 동일한 이격 간격으로 형성되고, 상기 n개의 오목부의 서로 다른 깊이는, 상기 메타표면의 매끈한 일면에 입사하고 상기 상기 n개의 오목부 각각의 바닥면에서 반사되는 음향파가 등간격의 위상 구배를 갖게 하고, 상기 오목부가 형성된 상기 메타표면의 타면이 상기 이동 수단의 표면에 부착되고, 상기 메타표면의 매끈한 일면은 외부로 노출된다.

[6] 또한, 상기 n개의 오목부의 서로 다른 깊이는, 상기 메타표면의 매끈한 일면의

법선으로 입사하는 음향파가 상기 법선에 대하여 일정한 각도로 가지고 반사되게 한다.

[7] 또한, 상기 단위 셀은 상기 유체 매질의 음향 임피던스와 유사한 재료 중에서 선택된 하나의 재료로 가공된다.

[8] 또한, 상기 n개의 오목부는 상기 유체 매질의 음향 임피던스와 차이가 나는 재료 중에서 선택된 하나의 재료로 이루어진 보충재로 채워진다.

[9] 또한, 상기 유체 매질이 물인 경우, 상기 하나의 재료는 ABS 수지이다.

[10] 또한, 상기 유체 매질이 물인 경우, 상기 보충재는 공기 또는 알루미늄이다.

[11] 본 발명에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 설계방법은, 유체 매질에서 운행되는 이동 수단의 표면에 부착되고 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 설계방법에 있어서, 상기 메타표면의 일 단위이며, 서로 다른 깊이를 갖는 n(n은 4 이상인 자연수)개의 오목부가 동일한 폭 및 동일한 이격 간격으로 형성되는 단위 셀을 설계하는 단계; 상기 단위 셀이 상기 일 방향으로 배열되도록 상기 메타표면을 가공하는 단계; 및 상기 오목부가 형성된 상기 메타표면의 타면이 상기 이동 수단의 표면에 부착되도록 상기 이동 수단의 표면에 상기 메타표면을 부착하는 단계를 포함한다.

[12] 또한, 상기 단위 셀을 설계하는 단계는, 상기 이동 수단을 탐지하는 음향파의 파장 및 상기 메타표면의 매끈한 일면의 법선으로 입사하는 상기 음향파가 상기 n개의 오목부의 바닥에서 반사되어 진행하는 반사각으로 상기 단위 셀의 배열 주기를 선정하는 단계, 상기 n개의 오목부의 상기 폭 및 상기 이격 간격을 선정하는 단계, 및 상기 메타표면의 매끈한 일면에 입사하고 상기 상기 n개의 오목부 각각의 바닥면에서 반사되는 음향파가 등간격의 위상 구배를 갖도록 상기 n개의 오목부의 서로 다른 깊이를 도출하는 단계를 포함한다.

[13] 또한, 상기 n개의 오목부의 서로 다른 깊이를 도출하는 단계는, 상기 오목부의 깊이에 따른 상기 음향파의 위상 차를 계산하는 단계를 포함한다.

[14] 또한, 상기 메타표면을 가공하는 단계는, 상기 단위 셀의 재료 및 상기 n개의 오목부에 채워지는 보충재의 재료를 선정하는 단계, 및 상기 n개의 오목부를 가공하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[15] 본 발명에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면은 반사면의 각 지점의 깊이 변화에 따른 위상 구배 구현을 통해 상기 메타표면이 형성된 유체 매질에서 운행되는 이동 수단을 음향파의 탐지 신호에 대해 은폐시킬 수 있다.

[16] 또한, 본 발명에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면은, 오목부가 형성된 면은 유체 매질에서 운행되는 이동 수단의 표면에 부착되고 굴곡없이 매끈하게 형성된 면은 외부에 노출됨으로써, 이동 시 표면에 의한 유체의 저항을 높이는 현상이 발생되지 않으며, 이물질이 끼어 스텔스 기능이 약화되는 현상이 발생되지 않고 표면의 관리가 용이하다.

[17] 본 발명에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 설계방법은, 반사면의 각 지점의 깊이 변화에 따른 위상 구배 구현을 통해 음향파를 입사각도와 다른 각도로 반사시켜 특정 주파수의 음향파의 탐지를 회피하기 위한 물리적 구조를 가지도록 설계될 수 있다.

[18] 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[19] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 사시도이다.

[20] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 단면도이다.

[21] 도 3은 도 2의 A의 확대도로서 본 발명의 일 실시 예에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 단위 셀의 단면도이다.

[22] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면이 유체 매질에서 운행되는 이동 수단의 표면에 부착된 상태의 단면도이다.

[23] 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면에 대한 입사파 및 반사파의 거동을 나타내는 시뮬레이션 도면이다.

[24] 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 설계방법의 순서도이다.

[25] 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 단위 셀을 설계하는 방법의 순서도이다.

[26] 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 단위 셀을 설계하는 원리를 설명하는 도면이다.

[27] 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 단위 셀을 설계하는 원리를 설명하는 도면이다.

[28] 도 10은 오목부의 깊이에 따른 음향 반사파의 위상 차를 도시한 그래프이다.

[29] 도 11은 도 10의 그래프에서 오목부의 깊이를 도출하는 과정을 설명하는 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

[30] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면 및 이의 설계 방법을 설명한다.

[31] 본 문서의 다양한 실시 예들 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술적 특징들을 특정한 실시 예들로 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시 예의 다양한 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 도면의 설명과 관련하여, 유사한 또는 관련된 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다. 아이템에 대응하는 명사의 단수 형은 관련된 문맥상 명백하게 다르게

지시하지 않는 한, 상기 아이템 한 개 또는 복수 개를 포함할 수 있다. 본 문서에서, "A 또는 B", "A 및 B 중 적어도 하나","A 또는 B 중 적어도 하나,""A, B 또는 C," "A, B 및 C 중 적어도 하나,"및 "A, B, 또는 C 중 적어도 하나"와 같은 문구들 각각은 그 문구들 중 해당하는 문구에 함께 나열된 항목들 중 어느 하나, 또는 그들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다. "제 1", "제 2", 또는 "첫째" 또는 "둘째"와 같은 용어들은 단순히 해당 구성요소를 다른 해당 구성요소와 구분하기 위해 사용될 수 있으며, 해당 구성요소들을 다른 측면(예: 중요성 또는 순서)에서 한정하지 않는다.

[32]

[33] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 사시도 및 단면도이고, 도 3은 도 2의 A의 확대도로서 본 발명의 일 실시 예에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 단위 셀의 단면도이다. 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면이 유체 매질에서 운행되는 이동 수단의 표면에 부착된 상태의 단면도이다.

[34] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면(100)은, 서로 다른 깊이를 갖는 복수 개의 오목부(111)가 형성된 단위 셀(110)을 복수 개 포함하고, 오목부(111)가 형성된 메타표면의 타면(101)이 유체 매질에서 운행하는 이동 수단(10)의 표면에 부착되고, 메타표면의 매끈한 일면(102)은 외부로 노출된다. 이로써, 상기 메타표면(100)은, 상기 이동 수단(10)에 대한 음향파 탐지 신호에 대해 상기 음향파를 입사각도와 다른 각도로 반사시켜 상기 이동 수단(10)을 은폐시키는 스텔스 기능을 수행하고, 노출되는 표면이 매끈하여 이동 수단의 운행 중 이물질이 끼는 것을 방지함으로써 스텔스 기능이 열화되는 것을 막는다.

[35] 메타표면(100)에서, 복수 개의 동일한 단위 셀(110)은 일 방향(도시된 X축 방향)으로 배열된다. 단위 셀(110)은 일면에 x축 방향으로 서로 다른 깊이를 갖는 적어도 4개 이상인 개수의 오목부(111)가 동일한 폭 및 동일한 이격 간격으로 형성된다. 이 때, 적어도 4개 이상인 개수를 n이라하면, n은 4 이상인 자연수 중에서 하나이다.

[36] 메타표면(100)은 오목부(111)가 형성되지 않은 단위 셀(110)의 면이 연속적으로 배열된 매끈한 일면(102) 및 오목부(111)가 형성된 단위 셀(110)의 면이 연속적을 배열된 굴곡진 타면(101)을 가진다. 또한, 메타표면(100)은, 굴곡진 타면(101)을 이동 수단(10)의 표면에 단단히 부착시키기 위하여 단위 셀(110)의 배열의 양측으로 굴곡진 타면(101)에서 연장된 엣지부(103)을 더 가질 수 있다.

[37] 단위 셀(110)은 일면에 x축 방향으로 서로 다른 깊이를 갖는 n개의 오목부(111-1, 111-2, 111-3, 111-4,..., 111-n)가 동일한 폭 및 동일한 이격 간격으로 형성된다. 여기서, n은 4 이상인 자연수 중에서 하나이다. 도 3에 도시된 실시 예에서, n은 10이다. n개의 오목부(111-1, 111-2, 111-3, 111-4,..., 111-n)는 평평한 바닥면을 가지는 단면이 직사각형인 홈으로 각각의 깊이는 서로 다르게

형성된다.

[38] n개의 오목부(111-1, 111-2, 111-3, 111-4,..., 111-n)의 각각의 서로 다른 깊이는 메타표면의 매끈한 일면(102)에 입사되고 오목부(111)들의 평평한 바닥면에서 반사되는 음향파가 등간격의 위상 구배를 갖게 한다. 도 3에 도시된 실시 예에서, 10개의 오목부(111-1, 111-2, 111-3, 111-4,..., 111-10)의 바닥면 각각에서 반사되는 음향파는 36도의 등간격의 위상 구배를 갖는다.

[39] n개의 오목부(111-1, 111-2, 111-3, 111-4,..., 111-n) 각각의 서로 다른 깊이는 메타표면(100)의 매끈한 일면(102)의 법선으로 입사하는 음향파가 상기 법선에 대하여 일정한 각도를 가지고 반사되게 한다. 즉, n개의 오목부(111-1, 111-2, 111-3, 111-4,..., 111-n)가 서로 다른 깊이를 가짐으로 인해 입사각이 0도로 메타표면(100)에 입사한 음향 입사파는 오목부(111)들의 바닥면에서 반사되어 0도가 아닌 일정한 각도에 해당하는 반사각으로 반사하게 된다. 이로써, 메타표면(100)은 특정 주파수의 음향파의 탐지를 회피하기 위한 물리적 구조를 가지게 된다.

[40] n개의 오목부(111-1, 111-2, 111-3, 111-4,..., 111-n)의 서로 다른 깊이를 포함하여 상기 메타표면(100)의 물리적 구조를 설계하는 원리는 후술한다.

[41] 단위 셀(110)은, 음향파가 진행하는 매질의 음향 임피던스와 유사한 재료 중에서 선택된 하나의 재료로 가공된다. 이는, 유체 매질에서 운행하는 이동 수단에 메타표면(100)이 적용되고, 메타표면(100)의 매끈한 일면(102)에서 음향파의 반사가 일어나는 것을 막고 메타표면(100)의 내부로 입사한 음향파를 잘 투과시키기 위함이다. 예를 들어, 이동 수단(10)이 수중에서 운행되는 경우, 단위 셀(110)은 물의 음향 임피던스와 유사한 ABS 수지로 형성된다.

[42] 일 실시 예에서, 단위 셀(110)에 형성된 n개의 오목부(111-1, 111-2, 111-3, 111-4,..., 111-n)는 음향파가 진행하는 매질의 음향 임피던스와 차이가 나는 재료 중에서 선택된 재료로 이루어진 보충재로 채워진다. 보충재는 단위 셀을 이루는 재료의 음향 임피던스와 차이가 나서 메타표면(100)의 내부로 입사한 음향파가 오목부(111)의 바닥에서 잘 반사되도록 하기 위함이다. 예를 들어, 이동 수단(10)이 수중에서 운행되는 경우, 오목부(111)를 채우는 보충재는 물의 음향 임피던스와 차이가 나는 공기 또는 알루미늄으로 이루어진다.

[43]

[44] 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면에 대한 입사파 및 반사파의 거동을 나타내는 시뮬레이션 도면이다.

[45] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 매끈한 일면(102)이 노출되는 메타표면(100)에 대한 시뮬레이션을 통해 상기 일면(102)의 법선 방향으로, 즉, 수직으로 또는 입사각 0도로 입사하는 음향 입사파가 동일한 반사각도로 반사되지 않고, 일정한 각도로 반사하는 반사파를 확인할 수 있다. 탐지물의 평면에 대해 음향파를 입사시키고 입사방향의 반대 방향으로 반사되는 음향파를 감지하게 되면 탐지가 성공적이지만, 본 발명과 같이, 음향파를

입사각도와 다른 각도로 반사하게 되면, 예들 들어 입사각이 0도로 메타표면(100)에 입사한 음향 입사파가 반사되어 0도가 아닌 일정한 각도에 해당하는 반사각으로 반사하게 되면 음향파의 반사에 의한 탐지가 이루어지지 않는다. 따라서, 메타표면(100)은 음향파를 입사각도와 다른 각도로 반사시켜 음향파의 탐지를 회피하는 스텔스 기능을 가지게 된다.

[46]

[47] 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 설계방법의 순서도이고, 도 7는 본 발명의 일 실시 예에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 단위 셀을 설계하는 방법의 순서도이다.

[48] 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면(100)의 설계방법(S100)은 유체 매질에서 운행되는 이동 수단(10)의 표면에 부착되어 상기 이동 수단(10)에 대한 음향파 탐지 신호가 되돌아가 감지되는 것을 회피시키는 메타표면(100)을 설계하는 방법으로서, 메타표면(100)의 일 단위가 되는 단위 셀(110)을 설계하는 단계(S110), 메타표면(100)을 가공하는 단계(S120), 및 메타표면(100)을 부착하는 단계(S130)을 포함한다.

[49] 단계 S110에서 설계되는 단위 셀(110)은 메타표면(100)의 일 단위이고 일면이 일 방향으로 서로 다른 깊이를 갖는 n 개의 오목부(111)가 동일한 폭 및 동일한 이격 간격으로 형성되는 단위 셀(110)을 설계하는 단계이다. 여기서, n은 4 이상인 자연수이다.

[50] 도 7을 참조하면, 단위 셀(110)을 설계하는 단계(S110)는, 단위 셀(110)의 주기를 선정하는 단계(S111), 오목부(111)의 이격 간격 및 오목부(111)의 폭을 선정하는 단계(S113), 및 n 개의 오목부(111) 각각의 깊이를 도출하는 단계(S115)를 포함한다.

[51] 도 8 및 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 단위 셀을 설계하는 원리를 설명하는 도면이다.

[52] 도 8 및 도 9를 참조하면, 메타표면(100)의 일 단위인 단위 셀(110)은 메타표면(100)의 매끈한 일면(102)의 반대편인 타면(101)에 평평한 바닥면을 가지는 단면이 직사각형인 홈에 해당하는 오목부(111)가 서로 다른 깊이를 가지고 동일한 폭 및 동일한 이격 간격으로 형성되어 있다. 단계 S111에서, 먼저 메타표면(100)의 일 단위인 단위 셀(110)의 X축 방향으로의 크기에 해당하는 주기(M)를 선정한다. 단위 셀(110)의 주기(M)는, 메타표면(100)의 매끈한 일면(102)의 법선으로 입사하는 음향파가 상기 법선에 대하여 θ 각도를 가지고 반사되도록 탐지 신호에 해당하는 음향파의 파장(λ)에 sinθ로 나눈 값으로 선정된다.

[53] 단계 S111에서 단위 셀(110)의 주기(M)가 선정되면, 단계 S113에서, 단위 셀(110)의 주기(M) 내에 형성되는 오목부(111)의 개수(n), 오목부(111)의 이격 간격(a) 및 오목부(111)의 폭(b)을 선정한다. 오목부(111)의 이격 간격(a)은 단위

셀(110)의 주기(M)를 4로 나눈 것보다 크거나 같아야 한다. 즉, 오목부(111)의 개수가 4개 이상하여야 한다. 따라서, 단계 S113에서, 오목부(111)의 개수(n)는 4개 이상인 자연수로 선정하고 주기(M)을 n으로 나누어 오목부(111)의 이격 간격(a)을 계산한다. 도시된 실시 예에서, n은 10이다. 오목부(111)의 폭(b)은 오목부(111)의 이격 간격 보다는 작지만 음향파에 대해 저항으로 작용할 수 있는 적정한 폭으로 선정한다. 도시된 실시 예에서, n은 10이다.

[54] 단계 S115에서, n 개의 오목부(111) 각각의 서로 다른 깊이를 도출하기 위해, 이동 수단(10)의 표면에 메타표면(100)의 굴곡진 타면(101)이 부착되고 매끈한 일면(102)이 외부로 노출되어 음향파가 매끈한 일면으로 입사되는 것을 단면도로 도시한 도 9을 참조하면, 깊이(L)인 오목부(111)에 입사되는 음향 입사파(I)에 대한 오목부(111)의 바닥면에서 반사되는 반사파(R)의 반사 효율(R/I)은 아래 수학식 1과 같이 나타낸다.

[55] [수식1]

$$\frac{R}{I} = \frac{m - 1 + \exp(-i2 * k * L)\,(m + 1)}{m + 1 + \exp(-i2 * k * L)\,(m - 1)}$$

[56] 여기서, m은 (a-b)/a 이고, k는 입사파의 파수(wave number)이다.

[57] 도 10은 오목부의 깊이에 따른 음향 반사파의 위상 차를 도시한 그래프이고, 도 11은 도 10의 그래프에서 오목부의 깊이를 도출하는 과정을 설명하는 도면이다.

[58] 상기 수학식 1을 통해 깊이(L)인 오목부(111)에 입사되는 음향 입사파(I)가 오목부(111)의 바닥면에서 반사됨으로써 위상 차가 생기고 그때의 위상 차(φ)는 다음 수학식 2와 같다.

[59] [수식2]

$$\Delta\phi = \arg\left(\frac{Re\left(\frac{R}{I}\right)}{Im\left(\frac{R}{I}\right)}\right)$$

[60] 도 10을 참조하면, 단계 S115에서, n 개의 오목부(111) 각각의 서로 다른 깊이를 도출하기 위해 오목부(111)의 깊이(L)에 따른 음향 반사파의 위상 차(φ)를 수학식 1 및 2를 통해 그래프로 도시한다.

[61] 도 11을 참조하면, 단계 S115에서, 오목부(111)의 깊이(L)에 따른 음향 반사파의 위상 차(φ)를 도시한 그래프에서 n 개의 오목부(111) 각각의 서로 다른 깊이를 도출한다. n 개의 오목부(111) 각각의 서로 다른 깊이는, 상기 그래프 곡선에서 360도의 위상 차의 범위에서 동일한 위상 차를 갖는 n 개의 등간격선을 그린 후 상기 등간격선과 만나는 그래프 곡선 내의 좌표값 중 깊이(L)에 해당하는 값을 통해 도출된다. 즉, n 개의 오목부(111) 각각의 서로 다른 깊이는,

메타표면(100)의 매끈한 일면(102)에 입사하고 n개의 오목부(111) 각각의 바닥면에서 반사되는 음향파가 등간격의 위상 구배를 가지도록 도출된다.

[62] 일 실시 예에서, n이 10으로 선정되고, 10 개의 오목부(111) 각각의 서로 다른 깊이로 형성된 바닥면에서 반사된 음향파는 각각 36도씩 위상 차가 발생한다. n개의 오목부(111-1, 111-2, 111-3, 111-4,..., 111-n)가 서로 다른 깊이를 가짐으로 인해 입사각이 0도로 메타표면(100)에 입사한 음향 입사파는 오목부(111)들의 바닥면에서 반사되어 0도가 아닌 일정한 각도에 해당하는 반사각으로 반사하게 된다. 이로써, 메타표면(100)은 음향파를 입사각도와 다른 각도로 반사시켜 특정 주파수의 음향파의 탐지를 회피하기 위한 물리적 구조를 가지게 된다.

[63] 단계 S120에서, 단계 S110에서 설계된 단위 셀(110)을 일 방향으로 배열시켜 메타표면(100)을 가공한다. 오목부(111)의 가공에 앞서 단위 셀의 재료 및 오목부(111)에 삽입되는 보충재의 재료를 선정한다. 상기 재료 선정을 상기 메타표면(100)에 대한 설명에서 상술한 바와 같다. 오목부(111)가 형성된 메타표면(100)을 가공한 후 오목부(111)에 보충재를 삽입한다.

[64] 단계 S130에서, 단계 S120에서 가공한 메타표면(100)을 유체 매질에서 운행되는 이동 수단(10)에 부착한다. 이 때, 오목부(111)가 형성된 메타표면(100)의 굴곡진 타면(101)이 이동 수단(10)의 표면에 부착되고 메타표면(100)의 매끈한 일면(102)이 외부로 노출되도록 한다.

청구범위

[청구항 1] 유체 매질에서 운행되는 이동 수단의 표면에 부착되고 매끈한 일면이 노출되는 메타표면에 있어서,
일 방향으로 배열되는 동일한 단위 셀을 복수 개 포함하고,
상기 단위 셀은 일면에 상기 일 방향으로 서로 다른 깊이를 갖는 n(n은 4 이상인 자연수)개의 오목부가 동일한 폭 및 동일한 이격 간격으로 형성되고,
상기 n개의 오목부의 서로 다른 깊이는, 상기 메타표면의 매끈한 일면에 입사하고 상기 상기 n개의 오목부 각각의 바닥면에서 반사되는 음향파가 등간격의 위상 구배를 갖게 하고,
상기 오목부가 형성된 상기 메타표면의 타면이 상기 이동 수단의 표면에 부착되고, 상기 메타표면의 매끈한 일면은 외부로 노출되는, 매끈한 일면이 노출되는 메타표면.

[청구항 2] 청구항 1에 있어서,
상기 n개의 오목부의 서로 다른 깊이는,
상기 메타표면의 매끈한 일면의 법선으로 입사하는 음향파가 상기 법선에 대하여 일정한 각도로 가지고 반사되게 하는, 매끈한 일면이 노출되는 메타표면.

[청구항 3] 청구항 1에 있어서,
상기 단위 셀은 상기 유체 매질의 음향 임피던스와 유사한 재료 중에서 선택된 하나의 재료로 가공되는, 매끈한 일면이 노출되는 메타표면.

[청구항 4] 청구항 1에 있어서,
상기 n개의 오목부는 상기 유체 매질의 음향 임피던스와 차이가 나는 재료 중에서 선택된 하나의 재료로 이루어진 보충재로 채워지는, 매끈한 일면이 노출되는 메타표면.

[청구항 5] 청구항 3에 있어서,
상기 유체 매질이 물인 경우, 상기 하나의 재료는 ABS 수지인, 매끈한 일면이 노출되는 메타표면.

[청구항 6] 청구항 4에 있어서,
상기 유체 매질이 물인 경우, 상기 보충재는 공기 또는 알루미늄인, 매끈한 일면이 노출되는 메타표면.

[청구항 7] 유체 매질에서 운행되는 이동 수단의 표면에 부착되고 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 설계방법에 있어서,
상기 메타표면의 일 단위이며, 서로 다른 깊이를 갖는 n(n은 4 이상인 자연수)개의 오목부가 동일한 폭 및 동일한 이격 간격으로 형성되는 단위 셀을 설계하는 단계;
상기 단위 셀이 상기 일 방향으로 배열되도록 상기 메타표면을 가공하는

단계; 및

상기 오목부가 형성된 상기 메타표면의 타면이 상기 이동 수단의 표면에 부착되도록 상기 이동 수단의 표면에 상기 메타표면을 부착하는 단계를 포함하는, 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 설계방법.

[청구항 8] 청구항 7에 있어서,

상기 단위 셀을 설계하는 단계는,

상기 이동 수단을 탐지하는 음향파의 파장 및 상기 메타표면의 매끈한 일면의 법선으로 입사하는 상기 음향파가 상기 n개의 오목부의 바닥에서 반사되어 진행하는 반사각으로 상기 단위 셀의 배열 주기를 선정하는 단계,

상기 n개의 오목부의 상기 폭 및 상기 이격 간격을 선정하는 단계, 및

상기 메타표면의 매끈한 일면에 입사하고 상기 상기 n개의 오목부 각각의 바닥면에서 반사되는 상기 음향파가 등간격의 위상 구배를 갖도록 상기 n개의 오목부의 서로 다른 깊이를 도출하는 단계를 포함하는, 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 설계방법.

[청구항 9] 청구항 8에 있어서,

상기 n개의 오목부의 서로 다른 깊이를 도출하는 단계는,

상기 오목부의 깊이에 따른 상기 음향파의 위상 차를 계산하는 단계를 포함하는, 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 설계방법.

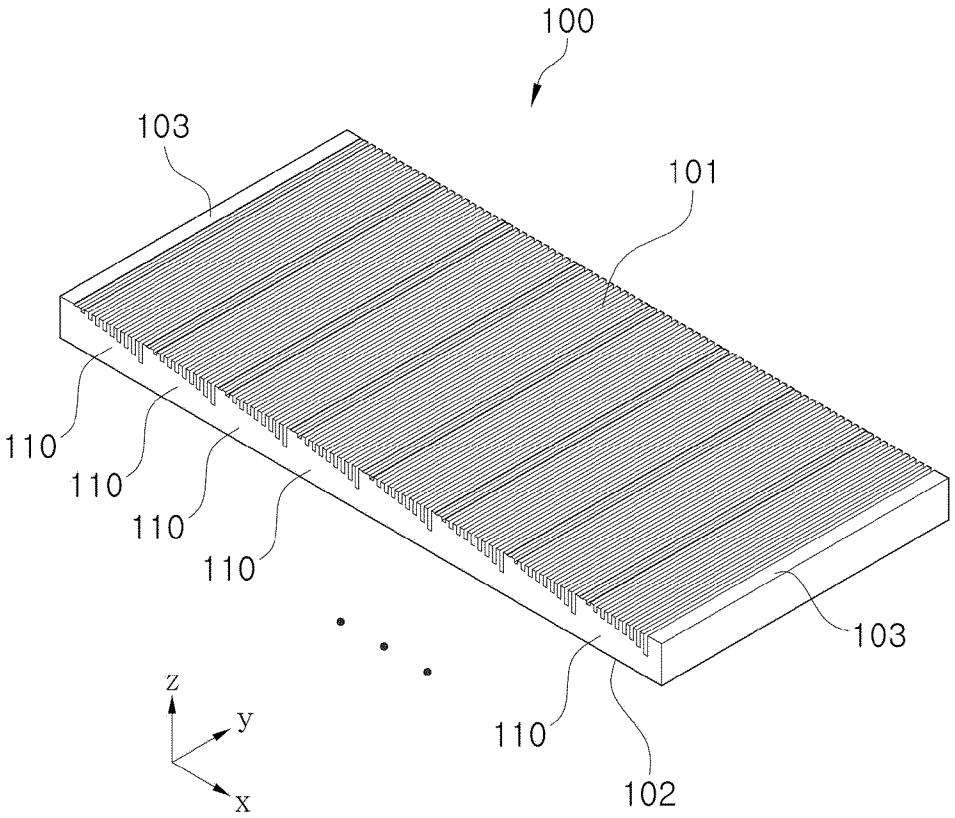
[청구항 10] 청구항 7에 있어서,

상기 메타표면을 가공하는 단계는,

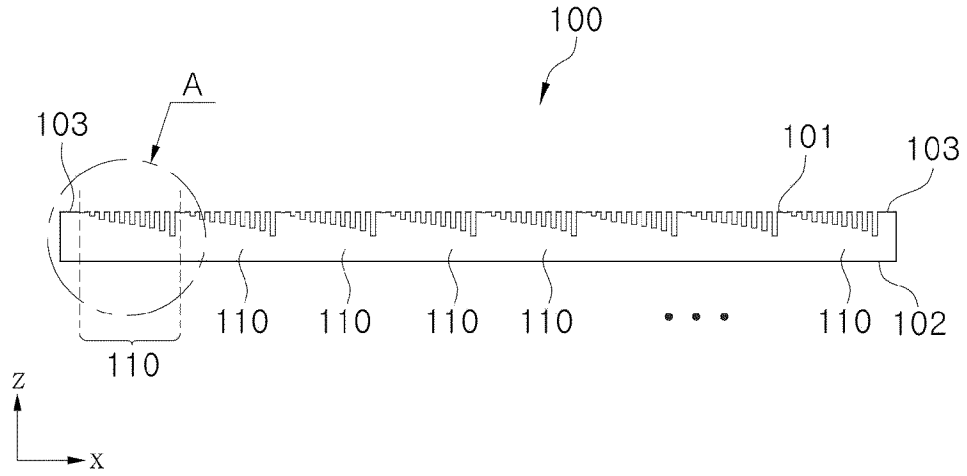
상기 단위 셀의 재료 및 상기 n개의 오목부에 채워지는 보충재의 재료를 선정하는 단계, 및

상기 n개의 오목부를 가공하는 단계를 포함하는, 매끈한 일면이 노출되는 메타표면의 설계방법.

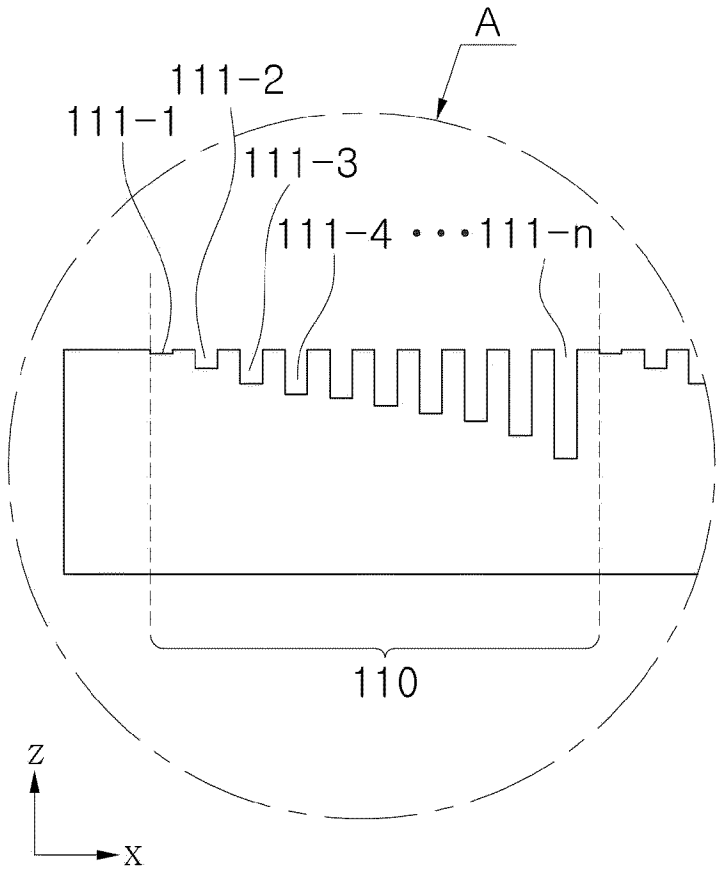
[도1]


100
103
101
110
110
110
110
103
z
y
x
110
102

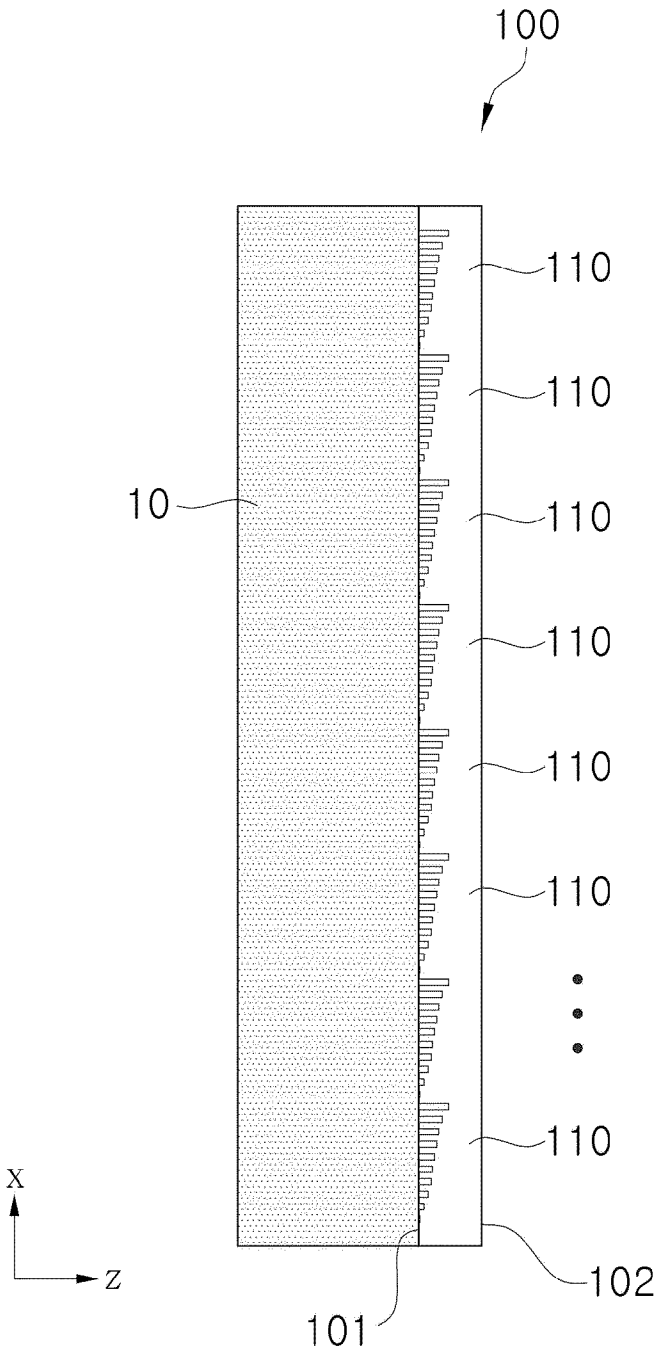
[도2]


100
A
103
101
103
110
110
110
110
110
102
110
z
x

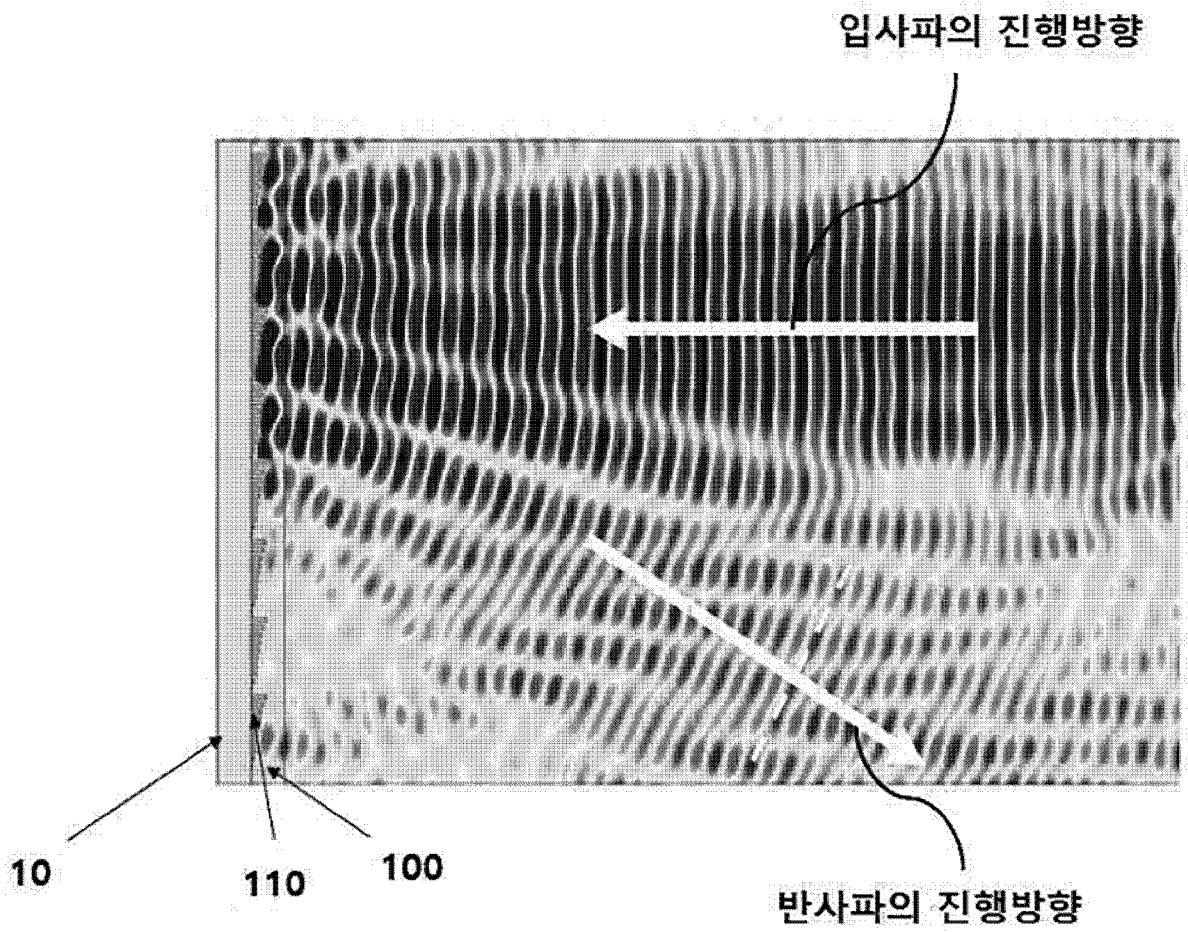
[도3]



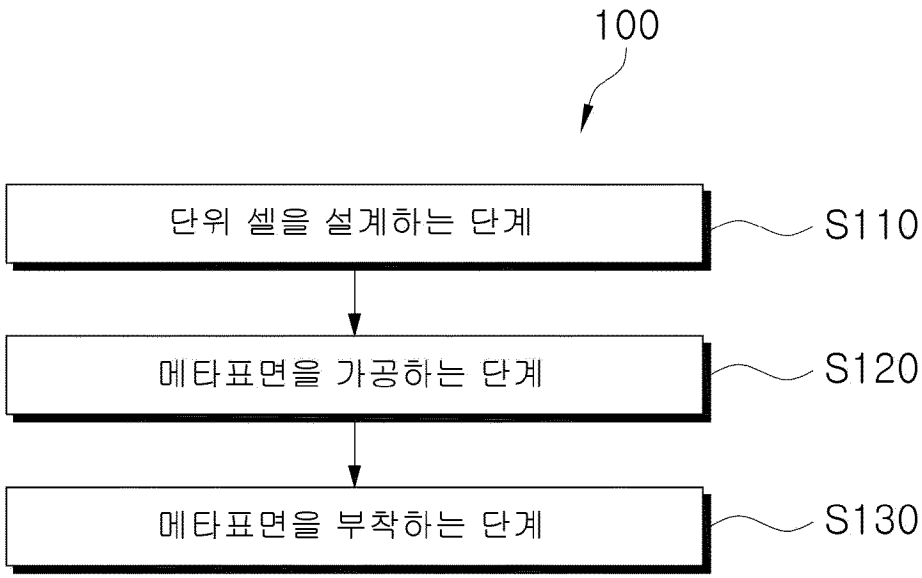
[도4]



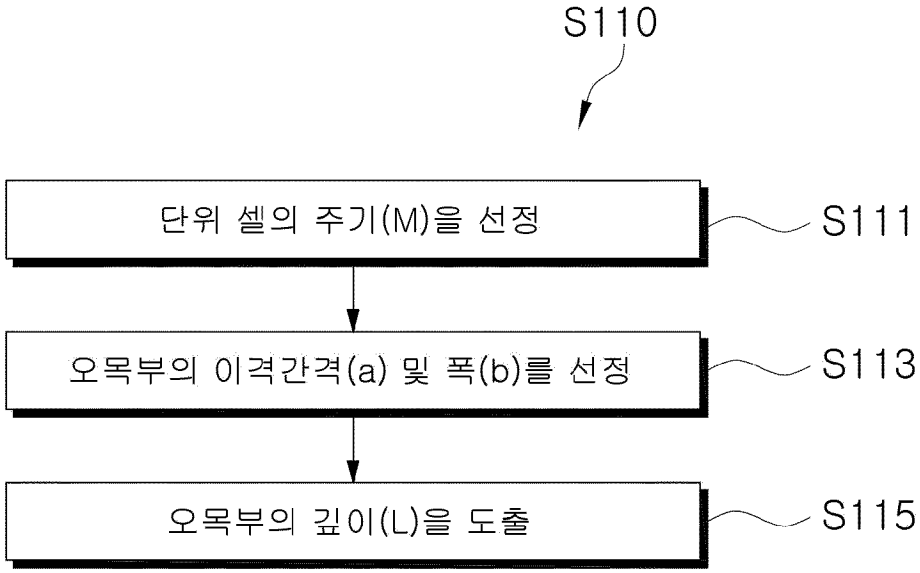
[도5]


입사파의 진행방향
10
110
100
반사파의 진행방향

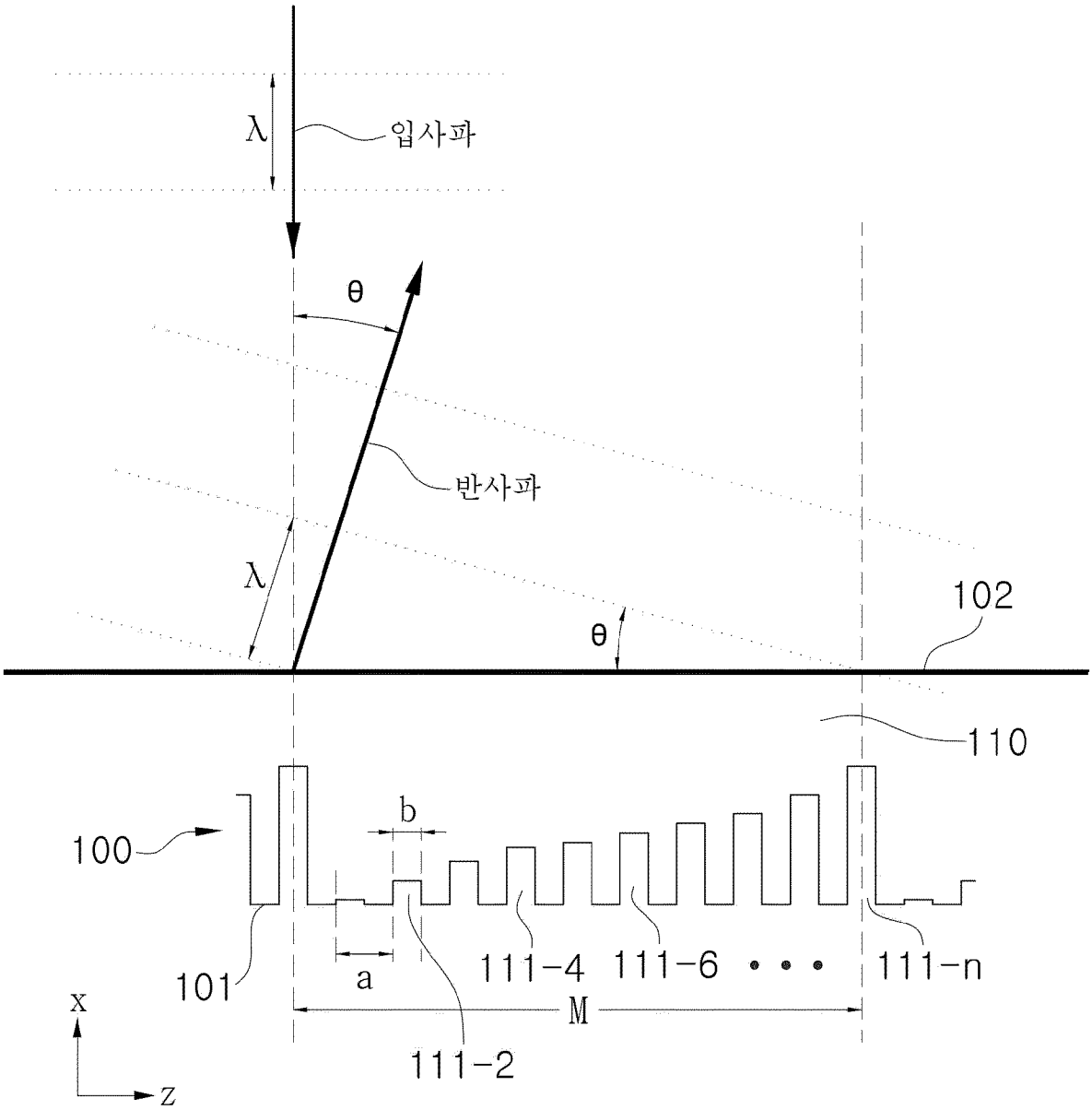
[도6]


100
단위 셀을 설계하는 단계
S110
메타표면을 가공하는 단계
S120
메타표면을 부착하는 단계
S130

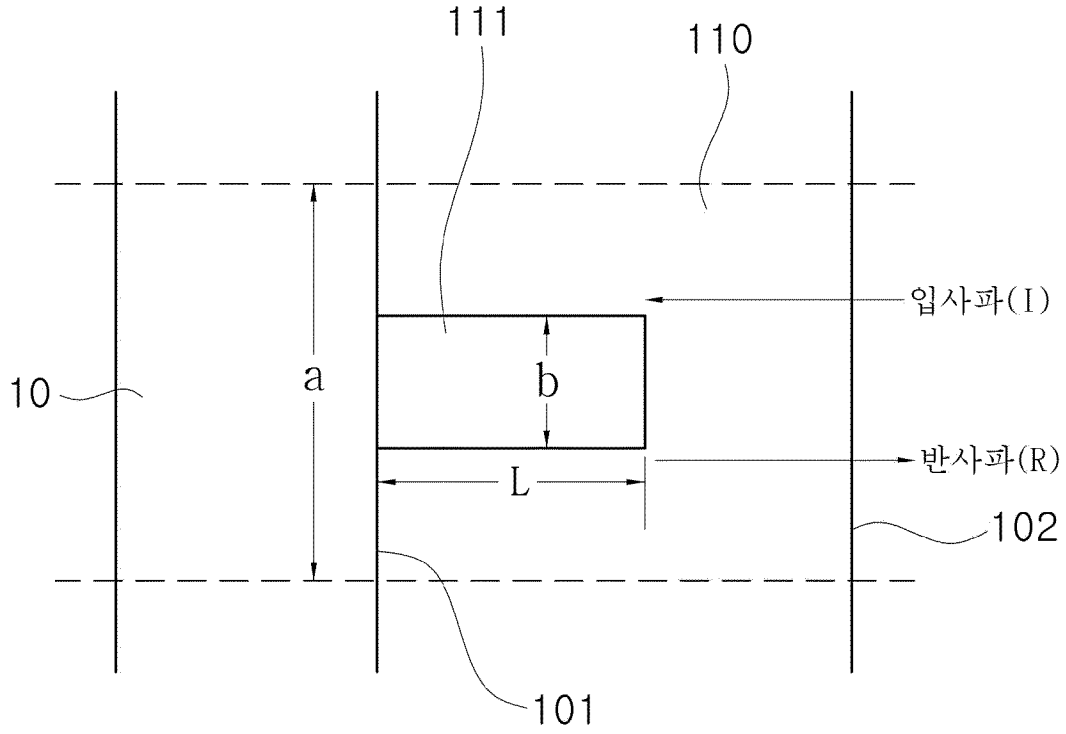
[도7]


S110
단위 셀의 주기(M)을 선정
S111
오목부의 이격간격(a) 및 폭(b)를 선정
S113
오목부의 깊이(L)을 도출
S115

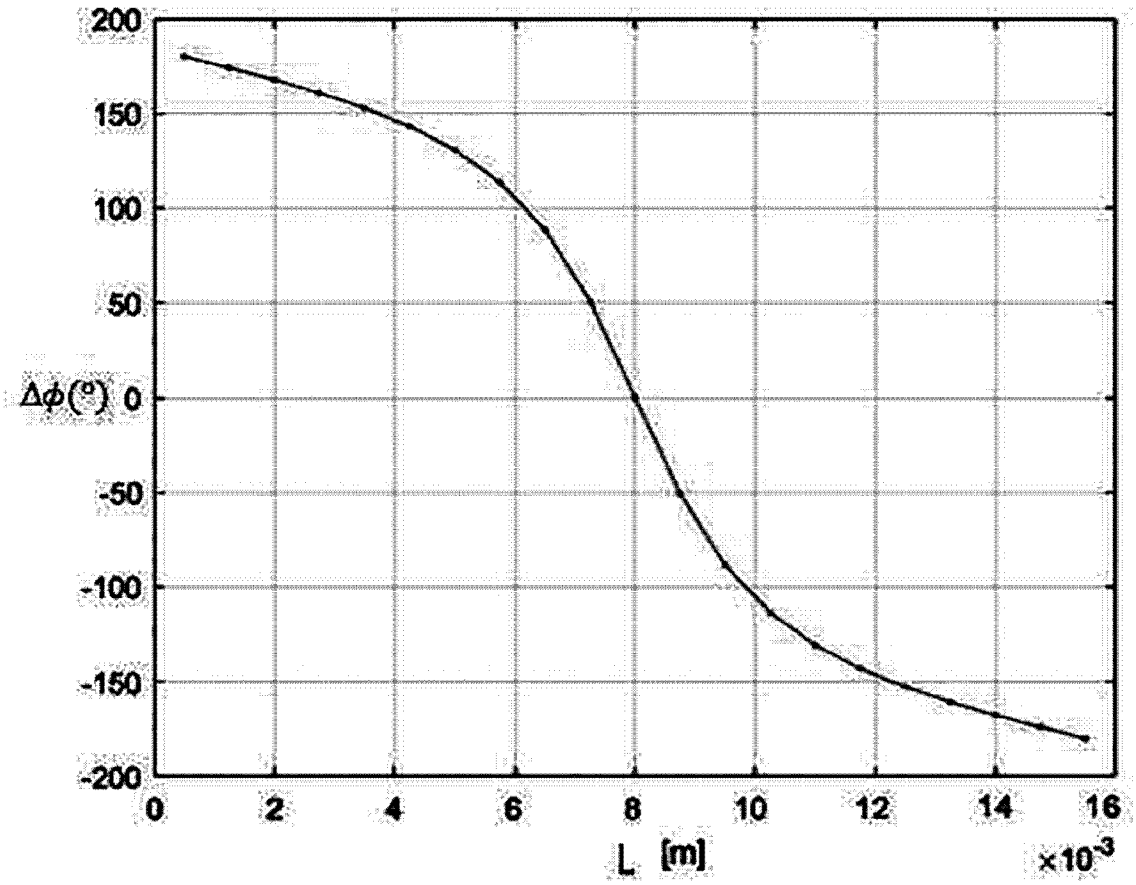
[도8]



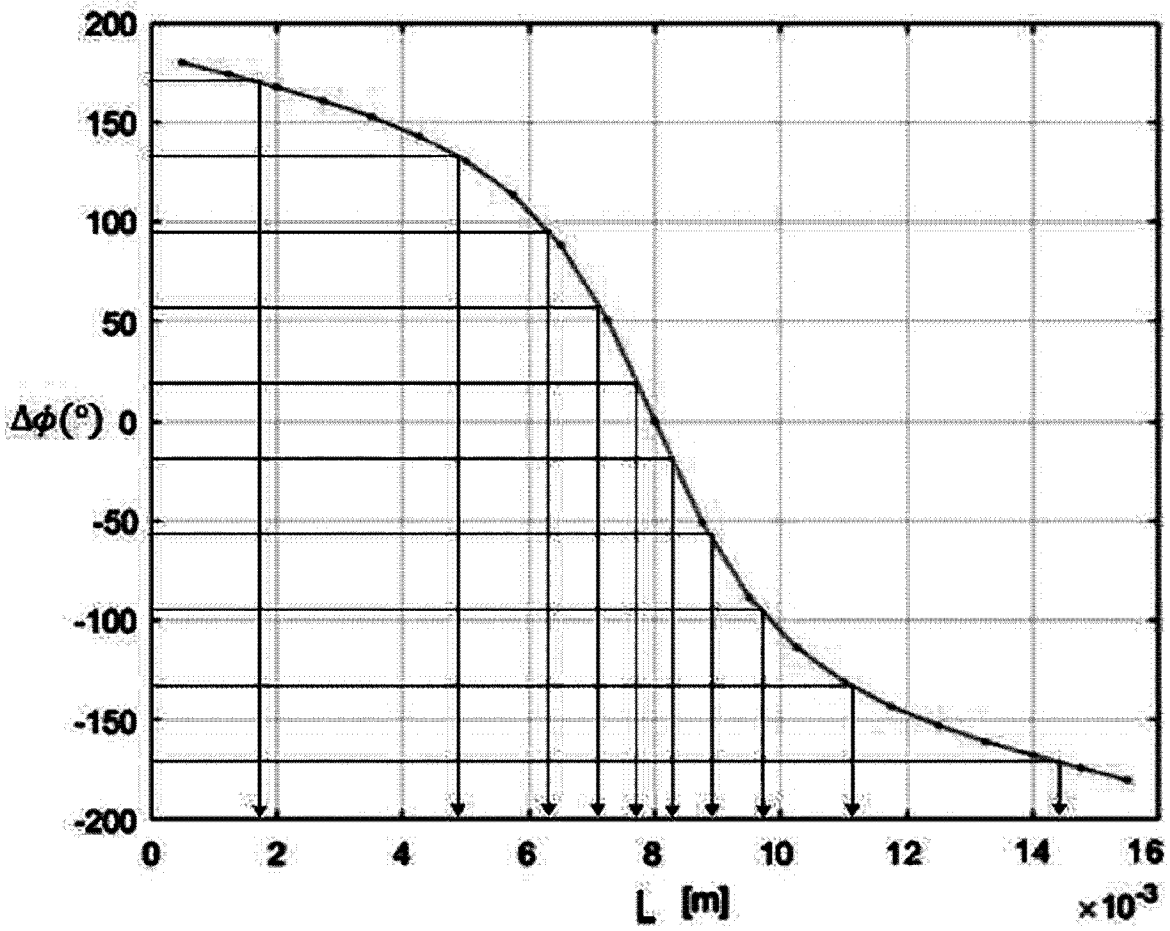
[도9]


111
110
입사파(I)
10
a
b
반사파(R)
L
102
101

[도10]


200
150
100
50
Δφ(°) 0
-50
-100
-150
-200
0
2
4
6
8
10
12
14
16
L [m]
×10-3

[도11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2021/003748

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G10K 11/00(2006.01)i; **G10K 11/162**(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)

G10K 11/00(2006.01); E01F 8/00(2006.01); E04B 1/86(2006.01); G10K 11/16(2006.01); G10K 11/162(2006.01); G10K 11/172(2006.01); G10K 11/20(2006.01); G10K 11/28(2006.01)

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: 메타표면(meta-surface), 유체 매질(fluid medium), 오목부(groove), 셀(cell), 임피던스(impedance)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2020-056337 A1 (BAKER HUGHES, A GE COMPANY, LLC.) 19 March 2020 (2020-03-19) See paragraphs [0008]-[0036] and figures 3B-4B.	1-10
Y	CN 104751841 A (NANJING UNIVERSITY) 01 July 2015 (2015-07-01) See paragraphs [0023]-[0034] and figures 1 and 2.	1-10
Y	JP 2005-098067 A (SEKISUI CHEM CO., LTD.) 14 April 2005 (2005-04-14) See abstract, paragraph [0036] and figures 3 and 10.	1-10
A	US 2019-0139529 A1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 09 May 2019 (2019-05-09) See paragraphs [0045]-[0049] and figure 1A.	1-10
A	US 2019-0266992 A1 (TOYOTA MOTOR ENGINEERING & MANUFACTURING NORTH AMERICA, INC.) 29 August 2019 (2019-08-29) See paragraph [0033] and figure 3A.	1-10

☐ 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
"D" document cited by the applicant in the international application
"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	Date of mailing of the international search report
10 August 2021	**10 August 2021**

Name and mailing address of the ISA/KR	Authorized officer
Korean Intellectual Property Office **Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon 35208**	
Facsimile No. **+82-42-481-8578**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2021/003748

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2020-056337 A1	19 March 2020	EP 3850615 A1	21 July 2021
CN 104751841 A	01 July 2015	CN 104751841 B	31 July 2018
JP 2005-098067 A	14 April 2005	None	
US 2019-0139529 A1	09 May 2019	US 1037543 B2	15 June 2021
		WO 2017-075187 A2	04 May 2017
		WO 2017-075187 A3	27 July 2017
US 2019-0266992 A1	29 August 2019	US 11004439 B2	11 May 2021

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2021/003748

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G10K 11/00(2006.01)i; **G10K 11/162**(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G10K 11/00(2006.01); E01F 8/00(2006.01); E04B 1/86(2006.01); G10K 11/16(2006.01); G10K 11/162(2006.01); G10K 11/172(2006.01); G10K 11/20(2006.01); G10K 11/28(2006.01)

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: 메타표면(meta-surface), 유체 매질(fluid medium), 오목부(groove), 셀(cell), 임피던스(impedance)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	WO 2020-056337 A1 (BAKER HUGHES, A GE COMPANY, LLC.) 2020.03.19 단락 [0008]-[0036] 및 도면 3B-4B	1-10
Y	CN 104751841 A (NANJING UNIVERSITY) 2015.07.01 단락 [0023]-[0034] 및 도면 1, 2	1-10
Y	JP 2005-098067 A (SEKISUI CHEM CO., LTD.) 2005.04.14 요약, 단락 [0036] 및 도면 3, 10	1-10
A	US 2019-0139529 A1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 2019.05.09 단락 [0045]-[0049] 및 도면 1A	1-10
A	US 2019-0266992 A1 (TOYOTA MOTOR ENGINEERING & MANUFACTURING NORTH AMERICA, INC.) 2019.08.29 단락 [0033] 및 도면 3A	1-10

☐ 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
"D" 본 국제출원에서 출원인이 인용한 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 신규성 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	국제조사보고서 발송일
2021년08월10일(10.08.2021)	**2021년08월10일(10.08.2021)**

ISA/KR의 명칭 및 우편주소	심사관
대한민국 특허청 **(35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사)**	이언수
팩스 번호 **+82-42-481-8578**	전화번호 **+82-42-481-8539**

서식 PCT/ISA/210 (두 번째 용지) (2019년 7월)

국 제 조 사 보 고 서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2021/003748

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
WO 2020-056337 A1	2020/03/19	EP 3850615 A1	2021/07/21
CN 104751841 A	2015/07/01	CN 104751841 B	2018/07/31
JP 2005-098067 A	2005/04/14	없음	
US 2019-0139529 A1	2019/05/09	US 1037543 B2	2021/06/15
		WO 2017-075187 A2	2017/05/04
		WO 2017-075187 A3	2017/07/27
US 2019-0266992 A1	2019/08/29	US 11004439 B2	2021/05/11