



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년02월22일

(11) 등록번호 10-1595824

(24) 등록일자 2016년02월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01Q 19/00 (2006.01) H01Q 3/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0188691

(22) 출원일자 2014년12월24일

심사청구일자 2014년12월24일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020070090487 A*

KR1020140038578 A

KR1020110102967 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한밭대학교 산학협력단

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(72) 발명자

이정봉

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

류광기

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(74) 대리인

추혁

전체 청구항 수 : 총 7 항

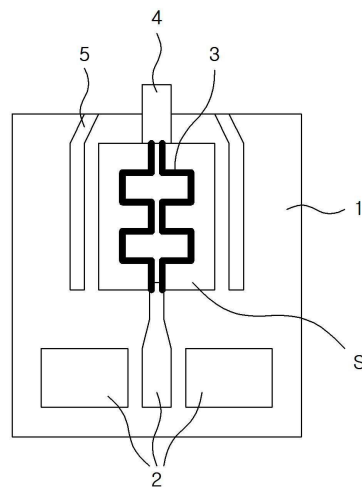
심사관 : 변종길

(54) 발명의 명칭 액체금속 기반 가변 안테나 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 액체금속 기반 가변 안테나 및 이의 제조방법에 관한 것으로서, 중공이 형성된 기판과, 기판에 형성되며, 중공으로 연장된 방사체와, 중공에 충전된 액체금속과, 방사체와 접촉되는 액체금속의 양 및 패턴을 조절하는 조절기를 포함한다. 본 발명에 따르면, 액체금속의 양 및 패턴을 변화시킬 수 있으므로 모든 주파수를 가역적으로 변화시킬 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 ITAHB616130110010001000100100

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신산업진흥원

연구사업명 해외인재 스카우팅 사업

연구과제명 나노·바이오융합 SoC 개발

기 여 율 1/1

주관기관 연구사업지원팀

연구기간 2014.02.11 ~ 2015.02.10

명세서

청구범위

청구항 1

중공이 형성된 기관;

상기 기관에 형성되며, 상기 중공으로 연장된 방사체;

상기 중공에 충전된 액체금속; 및

상기 방사체와 접촉되는 상기 액체금속의 양 및 패턴을 조절하는 조절기를 포함하며,

상기 액체금속에 형성되는 산화막을 제거하는 산화막 제거기를 상기 중공에 대응하게 형성시키는 액체금속 기반 가변 안테나.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 조절기는 상기 액체금속을 공급 및 배출할 수 있도록 상기 중공에 연결된 튜브 및 상기 튜브에 연결된 펌핑수단을 포함하는 액체금속 기반 가변 안테나.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 방사체는 상기 액체금속과 접촉되는 제1방사체와, 상기 제1방사체에 커플링되는 적어도 하나 이상의 제2방사체를 포함하는 액체금속 기반 가변 안테나.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1방사체는 모노폴 안테나인 액체금속 기반 가변 안테나.

청구항 6

제1기관 상에 방사체 패턴을 형성하는 단계;

상기 방사체에 이르는 중공을 상기 제1기관에 형성하는 단계;

상기 제1기관에 제2기관을 결합시키는 단계;

상기 중공에 액체금속을 충전하고 밀봉하는 단계; 및

상기 액체금속을 가변시키는 조절기를 형성시키는 단계를 포함하며,

상기 제1기관 또는 상기 제2기관에 상기 액체금속의 액체 특성을 유지하도록 하는 산화막 제거기를 상기 중공에 대응하게 형성시키는 액체금속 기반 가변 안테나의 제조방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

제1기판 상에 방사체 패턴을 형성하는 단계;

상기 방사체 패턴에 이르는 중공을 상기 제1기판에 형성시키는 단계;

상기 제1기판의 중공에 이르는 홀을 형성시키는 단계;

상기 제1기판에 제2기판을 결합시키는 단계;

상기 제1기판에 형성된 홀에 튜브를 연결하는 단계; 및

상기 튜브에 액체금속을 공급하는 펌핑수단을 연결하는 단계를 포함하며,

상기 제1기판 또는 상기 제2기판에 상기 액체금속에 형성되는 산화막을 제거하는 산화막 제거기를 상기 중공에 대응하게 형성시키는 액체금속 기반 가변 안테나의 제조방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

기판 상에 방사체 패턴을 형성하는 단계;

상기 기판 상에 상기 방사체 패턴에 이르는 채널을 형성하는 단계; 및

액체금속의 공급이 이루어지도록 상기 채널에 연결되는 튜브 및 상기 튜브에 연결되는 펌핑수단을 연결하는 단계를 포함하며,

상기 기판에 상기 액체금속에 형성되는 산화막을 제거하는 산화막 제거기를 상기 채널에 대응하게 형성시키는 액체금속 기반 가변 안테나의 제조방법.

청구항 11

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 액체금속 기반 가변 안테나 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 액체금속을 이용하여 공진주파수를 가역적으로 변화시키는 액체금속 기반 가변 안테나 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

갈륨화합물(갈린스탄, GaIn)은 수은에 비해 여러 가지 장점을 지니고 있다. 즉, 독성이 없을 뿐 아니라, 전기전도도와 열전도도 모두 수은보다 높다. 또한, 수은과 마찬가지로 상온에서 액체이므로 무한한 기계적 변형이 가능하다. 이러한 우수한 물질적 특성을 바탕으로 갈륨화합물은 다양한 분야에 응용되고 있다. 예를 들어 열전달, 변형가능한 전극, 전선, 기계적 변형을 이용한 가변 안테나, 가변 메타물질, 필터 등에 이용되고 있다.

[0003]

갈륨화합물 액체금속은 PDMS(polydimethylsiloxane)나 Ecoflex 같은 물질에 내장된 형태로 사용되고 있으며, 기계적 힘을 가하거나 접거나 구부리는 방식으로 가변성을 구현하고 있다. 이에, 가변 안테나의 경우 특정한 형상과 크기의 채널을 형성하고, 그 채널에 액체금속을 주입하여 안테나를 구현하고, 외부적 힘을 가하여 안테나를

기계적으로 변형시키고 있다. 이러한 방식은 액체금속이 채널 안에서 움직이는 것이 아닌 액체금속이 들어있는 채널의 기계적 변형만으로 구현되므로 그 응용에 한계가 있다[1].

[0004]

한편, 주파수를 가변시키는 다른 방안으로서, 스위칭방식이 제안된 바 있다. 즉, 스위칭을 통해 다양한 도체로의 경로를 형성시키고, 이 경로 길이의 변화를 통해 공진주파수를 변경시키는 것이다. 그러나, 이 방안은 스위칭을 위한 다양한 패턴 및 패턴으로의 접속이 이루어지는 스위치를 다수 구성하여야 하므로 그 제조 및 제어가 용이하지 않다는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005]

(특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2006-0041676호(공개일 2006.05.12.)

비특허문헌

[0006]

(비특허문헌 0001) [1] F. Scharmann, G. Cherkashinin, V. Breternitz, C. Knedlik, G. Hartung, T. Weber, and J. A. Schaefer, "Viscosity effect on GaInSn studied by XPS," Surface and Interface Analysis, vol. 36, pp. 981-985, 2004.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007]

따라서, 본 발명은 상기한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 이루어진 것으로서, 본 발명의 목적은 액체금속의 양 및 패턴을 변화시켜 공진주파수를 가역적으로 변화시킬 수 있도록 하는 액체금속 기반 가변 안테나 및 이의 제조방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0008]

상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 액체금속 기반 가변 안테나는, 중공이 형성된 기관; 상기 기관에 형성되며, 상기 중공으로 연장된 방사체; 상기 중공에 충전된 액체금속; 및 상기 방사체와 접촉되는 상기 액체금속의 양 및 패턴을 조절하는 조절기를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0009]

상기 조절기는 상기 액체금속을 공급 및 배출할 수 있도록 상기 중공에 연결된 튜브 및 상기 튜브에 연결된 펌핑수단을 포함할 수 있다.

[0010]

상기 액체금속에 형성되는 산화막을 제거하는 산화막 제거기를 상기 중공에 대응하게 형성시킬 수 있다.

[0011]

상기 방사체는 상기 액체금속과 접촉되는 제1방사체와, 상기 제1방사체에 커플링되는 적어도 하나 이상의 제2방사체를 포함할 수 있다. 이 때, 상기 제1방사체는 모노폴 안테나인 것이 바람직하다.

[0012]

한편, 본 발명의 액체금속 기반 가변 안테나의 제조방법은, 제1기관 상에 방사체 패턴을 형성하는 단계; 상기 방사체에 이르는 중공을 상기 제1기관에 형성하는 단계; 상기 제1기관에 제2기관을 결합시키는 단계; 상기 중공에 액체금속을 충전하고 밀봉하는 단계; 및 상기 액체금속을 가변시키는 조절기를 형성시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다. 이 때, 상기 제1기관 또는 상기 제2기관에 상기 액체금속의 액체 특성을 유지하도록 하는 산화막 제거기를 상기 중공에 대응하게 형성시킬 수 있다.

[0013]

또한, 본 발명의 액체금속 기반 가변 안테나의 제조방법은, 제1기관 상에 방사체 패턴을 형성하는 단계; 상기

방사체 패턴에 이르는 중공을 상기 제1기관에 형성시키는 단계; 상기 제1기관의 중공에 이르는 홀을 형성시키는 단계; 상기 제1기관에 제2기관을 결합시키는 단계; 상기 제1기관에 형성된 홀에 튜브를 연결하는 단계; 및 상기 튜브에 액체금속을 공급하는 펌핑수단을 연결하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다. 이 때, 상기 제1기관 또는 상기 제2기관에 상기 액체금속에 형성되는 산화막을 제거하는 산화막 제거기를 상기 중공에 대응하게 형성시키는 것이 바람직하다.

[0014]

그리고, 본 발명의 액체금속 기반 가변 안테나의 제조방법은, 기관 상에 방사체 패턴을 형성하는 단계; 상기 기관 상에 상기 방사체 패턴에 이르는 채널을 형성하는 단계; 및 상기 액체금속의 공급이 이루어지도록 상기 채널에 연결되는 튜브 및 상기 튜브에 연결되는 펌핑수단을 연결하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다. 이 때, 상기 기관에 상기 액체금속에 형성되는 산화막을 제거하는 산화막 제거기를 상기 채널에 대응하게 형성시키는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0015]

상술한 바와 같이, 본 발명에 의한 액체금속 기반 가변 안테나 및 이의 제조방법에 따르면, 액체금속의 양 및 패턴을 변화시킬 수 있으므로 주파수를 가역적으로 변화시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016]

도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 액체금속 기반 가변 안테나의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 액체금속 기반 가변 안테나의 제조방법 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 다른 실시예에 의한 액체금속 기반 가변 안테나의 제조방법 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 액체금속 기반 가변 안테나의 제조방법 흐름도이다.

도 5는 본 발명의 액체금속 기반 가변 안테나의 동작 개념도이다.

도 6은 본 발명의 액체금속 기반 가변 안테나의 제조과정 개념도이다.

도 7은 본 발명의 반사손실(return loss)의 시뮬레이션 및 측정 결과를 나타낸 그래프이다.

도 8은 본 발명에서 염산처리된 액체금속을 채널에 주입되기 전, 주입되어 모노폴 안테나 패턴과 접촉한 상태, 다시 액체금속이 제거되어 액체금속 주입 전 상태로 회복된 상태를 비교한 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017]

이하, 본 발명의 액체금속 기반 가변 안테나 및 이의 제조방법에 대하여 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0018]

도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 액체금속 기반 가변 안테나의 구성도이다.

[0019]

도 1을 참조하면, 본 발명의 액체금속 기반 가변 안테나는, 중공(S)이 형성된 기관(1)과, 기관(1)에 형성되며, 중공(S)으로 연장된 방사체(2)와, 중공(S)에 충전된 액체금속(3)과, 방사체(2)와 접촉되는 액체금속(3)의 양 및 패턴을 조절하는 조절기(4)를 포함한다.

[0020]

여기서, 조절기(4)는 전자기장을 형성할 수 있는 장치일 수 있다. 이에, 액체금속(3)이 전자기장에 의해 이동이 가능하도록 충전량을 조절하는 것이 바람직하다. 그리고, 액체금속(3)의 이동에 대응하여 다양한 패턴이 형성될 수 있도록 중공(S)은 3차원으로 형성되는 것이 바람직하다. 이에 기관(1)에 형성된 방사체와 중공(S)에 형성된 방사체가 서로 직각(입설)관계를 가질 수 있다.

[0021]

한편, 조절기(4)는 액체금속(3)을 공급 및 배출할 수 있도록 중공(S)에 연결된 튜브 및 튜브에 연결된 펌핑수단일 수 있다.

[0022]

여기서, 조절기(4)가 튜브 및 펌핑수단일 경우, 중공(S) 및 중공(S)과 연결된 튜브 내부가 진공상태가 아닐 수 있으므로 액체금속(3)의 산화를 고려하여 액체금속(3)에 형성되는 산화막을 제거하는 산화막 제거기(5)를 중공(S)에 대응하게 형성시키는 것도 바람직하다. 한편, 산화막 제거기(5)를 이용할 경우, 액체금속 기반 가변 안테

나는 액추에이터 등을 이용하여 액체금속(3)의 자중에 의한 가변이 가능할 수 있다.

[0023] 그리고, 방사체(2)는 액체금속(3)과 접촉되는 제1방사체와, 제1방사체에 커플링되는 적어도 하나 이상의 제2방사체를 포함할 수 있다. 여기서, 제1방사체는 모노폴 안테나일 수 있다.

[0024] 그러면, 여기서 상기와 같이 구성된 가변 안테나의 제조방법에 대해 설명하기로 한다.

[0025] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 액체금속 기반 가변 안테나의 제조방법 흐름도이다.

[0026] 도 2를 참조하면, 제1기판 상에 방사체 패턴을 형성한다(S1).

[0027] 방사체에 이르는 중공을 제1기판에 형성시킨다. 여기서, 중공은 액체금속의 이동에 대응하여 다양한 패턴이 형성될 수 있도록 3차원으로 형성되는 것이 바람직하다(S2).

[0028] 제1기판에 제2기판을 결합시킨다(S3).

[0029] 중공에 액체금속을 충전하고 밀봉한다(S4). 이 때, 충전 및 밀봉 과정은 마이크로 유체의 산화막 형성을 방지하기 위해 진공에서 이루어질 수 있다.

[0030] 여기에 액체금속을 가변시키는 조절기를 형성시킨다(S5). 이 때, 조절기는 전자기장을 형성할 수 있는 장치이면 된다. 또한, 액체금속이 전자기장에 의해 이동이 가능하도록 충전량을 조절하는 것이 바람직하다. 그리고, 액체금속의 이동에 대응하여 다양한 패턴이 형성될 수 있도록 중공은 3차원으로 형성될 수 있다.

[0031] 한편, 제1기판 또는 제2기판에 액체금속에 형성되는 산화막을 제거하는 산화막 제거기를 중공(S)에 대응하게 형성시키는 것도 바람직하다. 이 때, 산화막 제거기는 염산을 제공할 수 있는 장비이고, 제1기판 또는 제2기판은 염산의 확산이 가능한 PDMS(polydimethylsiloxane)를 이용할 수 있다. 이에, 조절기는 제1기판 및 제2기판을 결합한 결합체의 3축 이동이 가능한 액추에이터일 수 있다. 이는 자중에 의해 액체금속을 이동시키기 위한 것이다.

[0032] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 의한 액체금속 기반 가변 안테나의 제조방법 흐름도이다.

[0033] 도 3을 참조하면, 제1기판 상에 방사체 패턴을 형성한다(S11).

[0034] 방사체 패턴에 이르는 중공을 제1기판에 형성시킨다(S12). 여기서, 중공은 액체금속의 이동에 대응하여 다양한 패턴이 형성될 수 있도록 3차원으로 형성되는 것이 바람직하다.

[0035] 제1기판의 중공에 이르는 홀을 형성시킨다(S13).

[0036] 제1기판에 제2기판을 결합시킨다(S14).

[0037] 제1기판에 형성된 홀에 튜브를 연결한다(S15).

[0038] 튜브에 액체금속을 공급하는 펌핑수단을 연결한다(S16).

[0039] 한편, 제1기판 또는 제2기판에 액체금속에 형성되는 산화막을 제거하는 산화막 제거기를 중공(S)에 대응하게 형성시키는 것도 바람직하다. 이 때, 산화막 제거기는 염산을 제공할 수 있는 장비이고, 제1기판 또는 제2기판은 염산의 확산이 가능한 PDMS(polydimethylsiloxane)를 이용할 수 있다.

[0040] 도 4는 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 액체금속 기반 가변 안테나의 제조방법 흐름도이다.

[0041] 도 4를 참조하면, 기판 상에 방사체 패턴을 형성한다(S21).

[0042] 기판 상에 방사체 패턴에 이르는 채널을 형성한다(S22). 이 때, 채널은 방사체 패턴에 이르는 일측이 폐쇄된다.

[0043] 이어서, 채널의 타측에는 액체금속의 공급이 이루어지도록 튜브 및 튜브에 펌핑수단을 연결한다(S23). 여기서, 채널은 다양한 패턴으로 형성될 수 있다.

[0044] 한편, 기판에 액체금속에 형성되는 산화막을 제거하는 산화막 제거기를 채널에 대응하게 형성시키는 것도 바람직하다. 이 때, 산화막 제거기는 염산을 제공할 수 있는 장비이고, 제1기판 또는 제2기판은 염산의 확산이 가능

한 PDMS(polydimethylsiloxane)를 이용할 수 있다.

[0045] [실시예]

[0046] 본 발명의 액체금속 기반 가변 안테나는, 기관 위에 형성된 구리 패턴으로 동일평면 도파관(coplanar waveguide, CPW) 급전(fed) 모노폴 막대(stub)로 기본 안테나를 형성하고, 그 위에 마이크로 채널이 형성된 형태로 갈륨화합물 액체금속이 이 채널에 공기압을 통하여 주입/제거되는 방식의 가변 안테나이다. 갈륨화합물 액체금속이 공기와 접촉할 때 발생하는 산화막으로 인한 점착성 문제를 피하기 위해, 본 실시예에서는 염산을 이용하여 산화막을 제거한다. 직접 접촉하거나 증기를 이용하거나 염산 화학반응은 갈륨화합물의 표면산화막을 제거하는데 탁월하여 점착성이 없는 원래의 순수 액체로서의 기능성이 회복된다. 본 발명에서는 모노폴 막대 안테나의 끝단 부분에 채널을 형성하여 액체금속을 원하는대로 주입/제거함으로써 안테나의 길이를 바꿔 가변 안테나를 구현하기로 한다. 염산 증기 처리된 액체금속을 이용하여 안테나 길이를 연장/축소하면서 반사계수를 측정하고, 그 결과를 시뮬레이션과 비교하기로 한다.

[0047] 125 μm 두께의 구리가 도포된 Isola FR-406 기관 상에 안테나 패턴을 형성하여 50 ohm의 동일평면 도파관 급전형 1 cm 길이의 모노폴 막대형으로 제작하고, 그 위에 터널 형태로 polyvinyl chloride(PVC) 채널을 형성하는 방식으로 제작한다. 여기서 채널의 다른 한쪽 끝단은 PTFE(polytetrafluoroethylene) 튜브에 연결하고, 이를 다시 펌핑수단에 연결한다. 이렇게 제작된 안테나에 액체금속을 주입하고 채널 안에서의 액체금속의 위치를 조절함으로써 모노폴 안테나의 막대 선단부에 접촉하거나 끊음으로써 안테나의 길이를 가변하고, 결과적으로 안테나 공진주파수를 가변형으로 구현한다.

[0048] 도 5는 주파수 가변 방식을 예시하는 것이다. 액체금속이 주입되기 전에는(State '1') 모노폴의 길이가 1 cm 이고, 공진주파수는 4.9 GHz 이다. 액체금속이 채널에 주입되면(State '2') 모노폴의 길이가 8.1 cm로 증가하게 되고, 공진주파수는 1.1 GHz로 바뀌게 되는데 액체금속은 튜브에 연결된 펌핑수단의 공기압을 조절함으로써 위치를 제어하며 주입된 액체금속은 구리 모노폴 막대 끝부분에 직접 접촉하며 연결되게 된다. 본 실시예에서 사용한 갈륨화합물은 68.5% 갈륨, 21.5% 인듐, 10% 주석 합금인 갈린스탄으로 전기전도도는 $2.3 \times 10^6 \text{ S/m}$ 이다. 상기한 바와 같이 갈륨화합물은 공기에 노출되는 즉시 산화막을 형성하고 산화막이 형성된 액체금속은 순수 액체의 특성을 잃고 점탄성(viscoelastic)을 지니게 된다. 이러한 산화막 액체금속의 순수 액체 특성을 회복하여 자유롭게 움직일 수 있게 하기 위해, 액체금속을 염산 용액과 접촉하여 화학반응을 통해 산화막을 제거한다. 이러한 안테나의 State '1'과 State '2'는 액체금속의 주입 제거를 통하여 언제든지 복원 가능하다.

[0049] 안테나 제작 공정은 도 6에 예시되어 있다. 먼저 FR-406 기관, 구리층 및 포토레지스트를 적층하고(도 6의 (a)), 자외선 리소그래피 공정(도 6의 (b))을 통해 안테나 패턴을 형성하고(도 6의 (c)), 포토레지스트를 제거함으로써 동일평면 도파관 전송로(transmission line, 폭 = 2.3 mm, 간격 = 0.19 mm)와 모노폴 막대를 형성한다(도 6의 (d)). 여기서, 모노폴의 막대 부분은 길이 10 mm, 폭 0.055 mm 부분이 동일평면 도파관에 길이 2 mm 테이퍼를 통하여 연결된 형태로 제작한다. 이어서, 기관 상에 채널을 제작한다(도 6의 (e)). 터널 형태의 PVC 채널은 폭 3 mm, 길이 2 cm, 높이 1.5 mm로 FR-406 기관에 접착시킨다. 여기서 모노폴 막대 부분 끝의 4 mm가 채널의 선단부와 중첩되게 설계하여 액체금속 주입시 모노폴 막대에 확실하게 연결되도록 한다. 그리고, 채널에 연결된 튜브를 형성한다(도 6의 (f)).

[0050] 이렇게 제작된 가변 안테나의 고주파 특성 측정은 Agilent ENA vector network analyzer를 이용하여 측정하고, one-port short-open-load 방식으로 보정하고, 2 nH 인덕터를 이용하여 50 ohm을 매칭시킨 상태에서 진행한다. 상기한 State '1'에서 State '2', 그리고 다시 State '1'로 가변시키면서 각각의 상태에서 고주파 특성을 측정한다. 제작된 가변 안테나의 실험 측정치의 정확도를 확인하기 위해 측정 결과를 시뮬레이션과도 비교한다. 반사손실(return loss)의 시뮬레이션 결과와 측정 결과는 도 7에 도시하고 있으며, 자세한 수치는 [표 1]에 예시되어 있다.

표 1

Measurement	State	Monopole Length (cm)	f_c (GHz)	10 dB Bandwidth (%)
M1	1	1.0	4.92	15.0
M2	2	8.1	1.12	15.2
M3	1	1.0	4.83	17.4

[0051]

[0052]

첫 번째로 State '1'의 경우(액체금속이 주입되지 않은 상태) 15% 10 dB 대역폭으로 4.92 GHz에서 공진이 발생하였는데, 이는 1 cm 길이의 구리 패턴 모노폴 안테나의 공진 예상치와 일치한다.

[0053]

여기에 공기압을 통하여 염산 처리된 액체금속을 주입하여 구리 모노폴 막대 부분과 연결한다(도 8). 염산처리를 하지 않은 액체금속을 사용한 실험에서는 점탄성 산화막 때문에 액체금속의 찌꺼기가 기관과 채널 내벽에 남는 것을 확인할 수 있다. 염산 용액으로 처리한 액체금속의 경우에는 공기압의 변화에 따라 용이하게 위치 제어가 이루어졌는데 염산처리 전/후의 액체금속 자체의 전기전도도에는 변화가 없는 것으로 알려져 있다. 액체금속 주입 평균속도는 초당 7 mm이다. State '2' (M2) 터널 형태의 채널과 튜브에 주입된 7 cm 길이의 액체금속 때문에 모노폴 안테나의 길이가 길어지면서 1.12 GHz의 공진주파수를 나타내고 있다. 또한 9.1% 대역폭으로 2.21 GHz에서 발생하는 1차 고조파(first harmonic) 시뮬레이션 예상치와도 잘 매칭되는 결과가 나타나고 있다. 1.12 GHz의 공진은 15.2%의 대역폭으로 State '1' 측정치와 유사하다. 2차 이상의 다른 고조파들도(additional harmonics) 4 GHz, 5.5 GHz에서 관찰되지만 50 ohm과 잘 매칭되지 않음을 확인할 수 있다.

[0054]

이 상태에서 역 공기압을 가하여 초당 7 mm 속도로 액체금속을 제거하여 State '1'로 복원한다. 복원된 State '1'은 (M3) 중심 공진주파수 4.83 GHz, 17.4% 대역폭으로 나타나고 있다. 원래의 State '1' (M1)과 복원된 State '1' (M3)의 중심주파수는 4.92 GHz에서 4.83 GHz로 매우 근접한 결과를 나타내고 있으며, 대역폭 또한 큰 변화가 없어 안테나의 가역적 가변 특성을 잘 보여주고 있다. 안테나에 대한 시뮬레이션은 ANSYS HFSS라는 프로그램을 사용하였으며, 시뮬레이션 결과는 측정치에 비해 약간 좁은 대역폭을 나타내고 있다. 도 7에서 실선은 실험측정치 파선은 시뮬레이션 결과치이다. 이러한 차이는 실제 제작 과정에서 설계치와는 달리 패턴의 크기가 약간 달라져 생기는 현상이라고 이해할 수 있다. 또한 M1과 M3의 대역폭 차이는 염산처리 과정에서 액체금속 표면에 발생하는 미량의 물 분자 또는 미량의 잔류 염산이 끼치는 영향일 수도 있는데 두 상태의 대역폭 차이는 2.2%에 불과하여 고주파 특성에서 큰 의미가 있는 수치는 아니라 할 수 있다.

[0055]

이와 같이, 본 발명의 액체금속 기반 가변 안테나는, 기관 위에 형성된 구리 패턴으로 동일평면 도파관(coplanar waveguide, CPW) 급전(fed) 모노폴 막대(stub)로 기본 안테나를 형성하고, 그 위에 마이크로 채널이 형성된 형태로 갈륨화합물 액체금속이 이 채널에 공기압을 통하여 주입/제거된다. 갈륨화합물 액체금속은 염산 증기를 이용하여 산화막을 제거하고, 공기압으로 제어함으로써 액체금속을 모노폴 안테나의 막대 부분에 용이하게 연결하거나 끊어서 안테나의 길이를 가변하여 공진주파수의 가변 특성을 구현한다. 본 발명에서 액체금속이 연결되지 않은 상태와 연결된 상태의 공진주파수는 각각 4.9 GHz, 1.1 GHz 이다. 반사계수를 측정하여 얻어낸 안테나의 고주파 특성은 시뮬레이션 결과와 거의 일치하는 결과를 나타나고 있다.

[0056]

이상에서 몇 가지 실시예를 들어 본 발명을 더욱 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 반드시 이러한 실시예로 국한되는 것이 아니고 본 발명의 기술사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양하게 변형실시될 수 있다.

부호의 설명

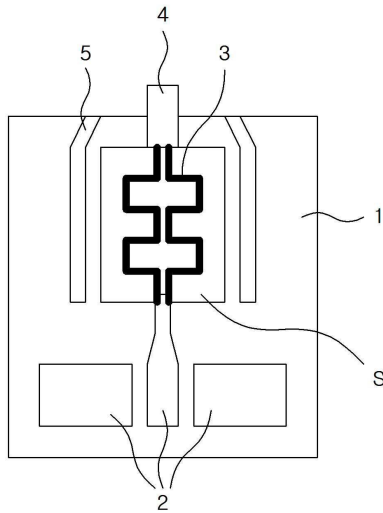
[0057]

- 1 : 기관
- 2 : 방사체
- 3 : 액체금속
- 4 : 조절기

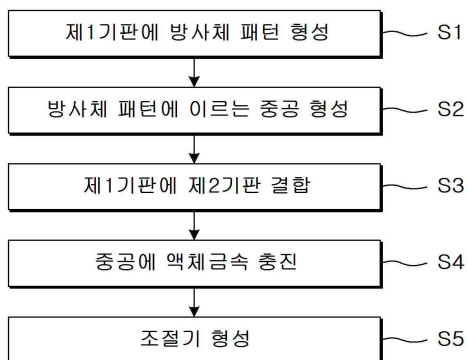
5 : 산화막 제거기

도면

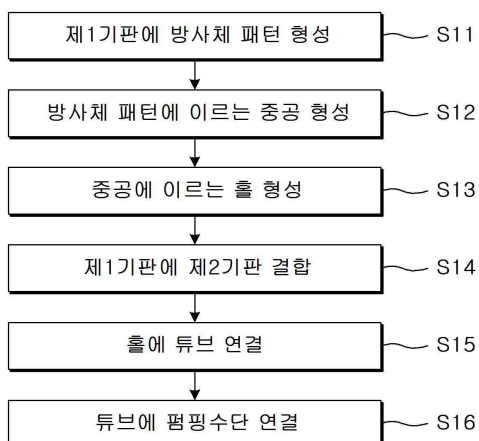
도면1



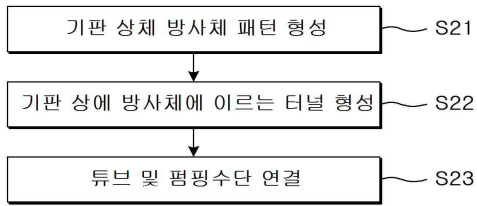
도면2



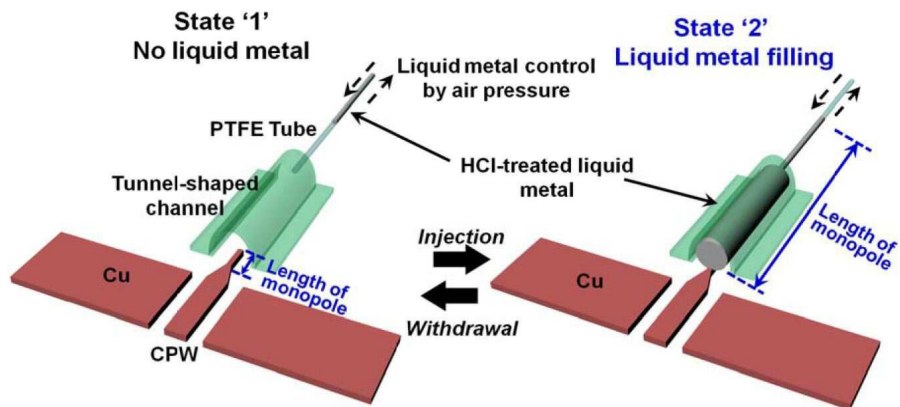
도면3



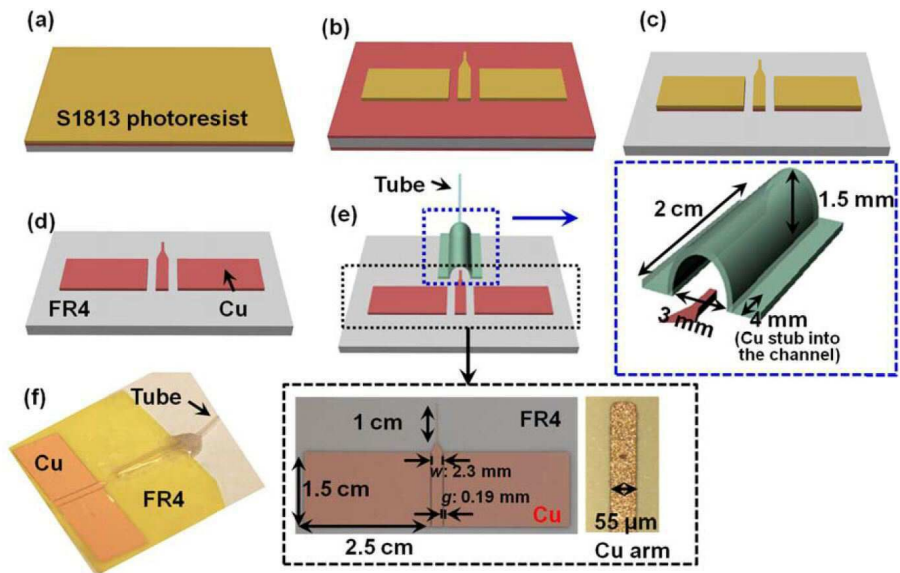
도면4



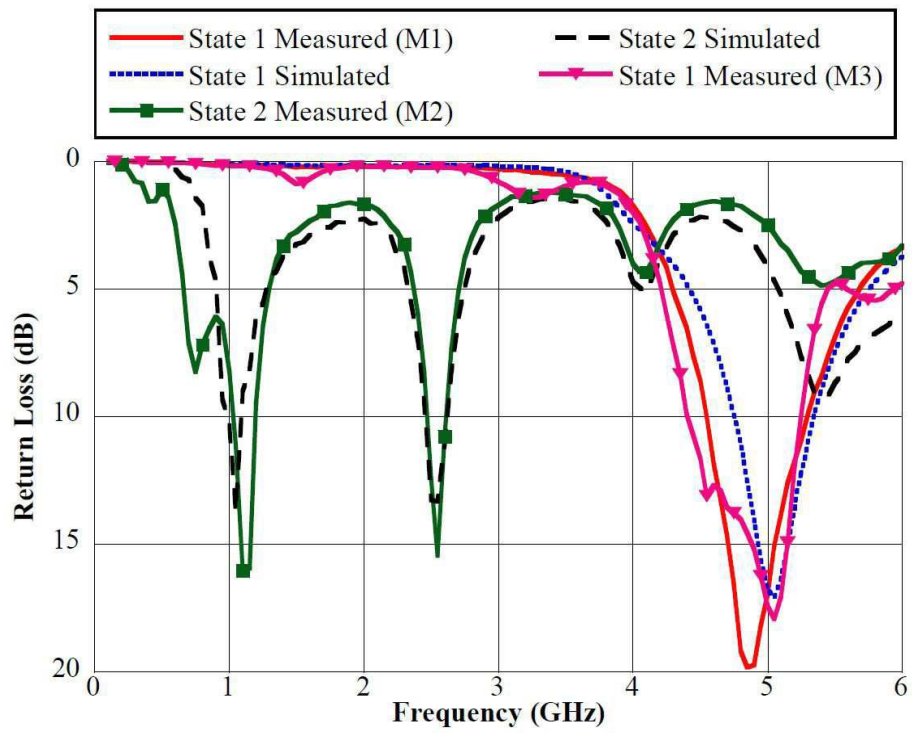
도면5



도면6



도면7



도면8

