



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년08월10일  
(11) 등록번호 10-1887484  
(24) 등록일자 2018년08월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B64G 1/52 (2006.01) B32B 37/24 (2006.01)  
B32B 5/26 (2006.01) C23C 14/20 (2006.01)  
H01Q 15/14 (2006.01) H01Q 17/00 (2018.01)

(52) CPC특허분류

B64G 1/52 (2013.01)  
B32B 5/26 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0086118

(22) 출원일자 2017년07월06일

심사청구일자 2017년07월06일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020150124502 A\*

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

한국과학기술원

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)

(72) 발명자

김천곤

대전광역시 유성구 대학로 291, 한국과학기술원  
(구성동)

남영우

대전광역시 유성구 대학로 291, 한국과학기술원  
(구성동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

박영우

전체 청구항 수 : 총 9 항

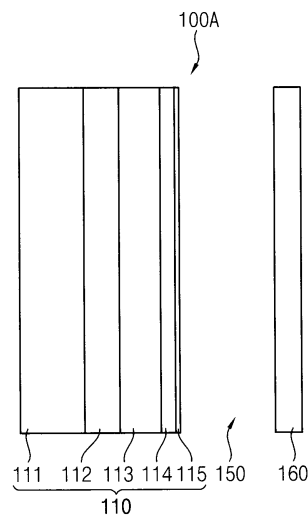
심사관 : 조병규

(54) 발명의 명칭 스텔스 기능을 포함하는 충돌 보호 구조물 및 이의 제조 방법

(57) 요약

충돌 보호 구조물은 스텔스 기능을 제공하고 외부 충격으로부터 시스템을 보호하기 위해 스퍼터링(sputtering) 방식으로 은(Ag) 및 코발트(Co) 중 적어도 하나가 코팅되고, 입사되는 전자기파를 흡수하는 적어도 하나의 아라미드(aramid) 섬유층을 포함하는 제1 범퍼(bumper), 및 제1 범퍼와 이격된 제2 범퍼를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**C23C 14/205** (2013.01)  
**H01Q 15/14** (2018.05)  
**H01Q 17/00** (2018.05)  
**B32B 2037/243** (2013.01)  
**B32B 2255/02** (2013.01)  
**B32B 2255/205** (2013.01)  
**B32B 2262/0269** (2013.01)

(72) 발명자

**최재훈**

대전광역시 유성구 대학로 291, 한국과학기술원 (구성동)

**장민수**

대전광역시 유성구 대학로 291, 한국과학기술원 (구성동)

**사티스 구말**

대전광역시 유성구 대학로 291, 한국과학기술 (구성동)

**김윤호**

대전광역시 유성구 대학로 291, 한국과학기술원 (구성동)

**최충현**

대전광역시 유성구 대학로 291, 한국과학기술원 (구성동)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020150136172 A\*  
 KR1020120086495 A\*  
 KR101744623 B1  
 US20120175467 A1  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

은(Ag) 및 코발트(Co) 중 적어도 하나가 코팅된 적어도 하나의 아라미드(aramid) 섬유층, 금속이 포함되지 않은 프리스틴(pristine) 아라미드 섬유층 및 반사판을 포함하는 에폭시 복합재를 포함하여 전자기파를 흡수하는 제1 범퍼(bumper); 및

상기 제1 범퍼와 이격된 제2 범퍼를 포함하고,

상기 코팅된 아라미드 섬유층은, 상기 프리스틴 아라미드 섬유층과 상기 반사판 사이에 배치되고, 상기 반사판은 탄소/에폭시(carbon/epoxy) 복합재를 포함하는 것을 특징으로 하는 충돌 보호 구조물.

#### 청구항 2

제1 항에 있어서, 상기 제1 범퍼는,

상기 프리스틴 아라미드 섬유층에 대응되는 제1 아라미드 섬유층;

상기 제1 아라미드 섬유층 상에 배치되고, 제1 코팅 두께로 은(Ag)이 코팅된 제2 아라미드 섬유층;

상기 제2 아라미드 섬유층 상에 배치되고, 제2 코팅 두께로 은(Ag)이 코팅된 제3 아라미드 섬유층;

상기 제3 아라미드 섬유층 상에 배치되고, 제3 코팅 두께로 은(Ag)이 코팅된 제4 아라미드 섬유층; 및

상기 제4 아라미드 섬유층 상에 배치되는 상기 반사판을 포함하고,

상기 제1 코팅 두께, 상기 제2 코팅 두께, 및 상기 제3 코팅 두께는 서로 다른 크기를 가지는 것을 특징으로 하는 충돌 보호 구조물.

#### 청구항 3

제2 항에 있어서, 상기 제1 아라미드 섬유층, 상기 제2 아라미드 섬유층, 상기 제3 아라미드 섬유층, 및 상기 제4 아라미드 섬유층은 상기 제1 범퍼의 임피던스가 자유공간 임피던스와 매칭되도록 서로 다른 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 충돌 보호 구조물.

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

제1 항에 있어서, 상기 제1 범퍼는,

상기 프리스틴 아라미드 섬유층에 대응되는 제7 아라미드 섬유층;

상기 제7 아라미드 섬유층 상에 배치되고, 제4 코팅 두께로 코발트(Co)가 코팅된 제8 아라미드 섬유층;

상기 제8 아라미드 섬유층 상에 배치되고, 제5 코팅 두께로 코발트(Co)가 코팅된 제9 아라미드 섬유층; 및

상기 제9 아라미드 섬유층 상에 배치된 상기 반사판을 포함하고,

상기 제4 코팅 두께 및 상기 제5 코팅 두께는 서로 다른 크기를 가지는 것을 특징으로 하는 충돌 보호 구조물.

#### 청구항 6

제5 항에 있어서, 상기 제7 아라미드 섬유층, 상기 제8 아라미드 섬유층, 및 상기 제9 아라미드 섬유층은 상기 제1 범퍼의 임피던스가 자유공간 임피던스와 매칭되도록 서로 다른 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 충돌 보호 구조물.

## 청구항 7

아라미드 섬유에 스퍼터링(sputtering) 방식으로 은(Ag) 또는 코발트(Co)를 코팅함으로써 적어도 하나의 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계;

상기 코팅 아라미드 섬유층을 프리스틴(pristine) 아라미드 섬유층과 적층하여 적층 구조물을 생성하는 단계;

상기 적층 구조물과 에폭시 수지를 경화하여 에폭시 복합재를 형성하는 단계; 및

상기 적층 구조물과 카본/에폭시(carbon/epoxy) 복합재를 포함하는 반사판을 결합하는 단계를 포함하고,

상기 코팅된 아라미드(aramid) 섬유층은, 상기 프리스틴 아라미드 섬유층과 상기 반사판 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는 충돌 보호 구조물의 제조 방법.

## 청구항 8

제7 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계는,

제1 시간동안 스퍼터링 방식으로 은(Ag)을 코팅함으로써 제1 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계;

제2 시간동안 스퍼터링 방식으로 은(Ag)을 코팅함으로써 제2 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계; 및

제3 시간동안 스퍼터링 방식으로 은(Ag)을 코팅함으로써 제3 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계를 포함하고,

상기 적층 구조물은 상기 프리스틴 아라미드 섬유층, 상기 제1 코팅 아라미드 섬유층, 상기 제2 코팅 아라미드 섬유층, 및 상기 제3 코팅 아라미드 섬유층을 순차적으로 적층함으로써 생성되며,

상기 제1 시간, 상기 제2 시간, 및 상기 제3 시간은 서로 다른 것을 특징으로 하는 충돌 보호 구조물의 제조 방법.

## 청구항 9

제7 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계는,

제4 시간동안 스퍼터링 방식으로 코발트(Co)를 코팅함으로써 제4 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계를 포함하고,

상기 제4 코팅 아라미드 섬유층 및 상기 프리스틴 아라미드 섬유층은 상기 충돌 보호 구조물의 임피던스가 자유 공간 임피던스와 매칭되도록 서로 다른 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 충돌 보호 구조물의 제조 방법.

## 청구항 10

제7 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계는,

제5 시간동안 스퍼터링 방식으로 코발트(Co)를 코팅함으로써 제5 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계; 및

제6 시간동안 스퍼터링 방식으로 코발트(Co)를 코팅함으로써 제6 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계를 포함하고,

상기 적층 구조물은 상기 프리스틴 아라미드 섬유층, 상기 제5 코팅 아라미드 섬유층, 및 상기 제6 코팅 아라미드 섬유층을 순차적으로 적층함으로써 생성되며,

상기 제5 시간 및 상기 제6 시간은 서로 다른 것을 특징으로 하는 충돌 보호 구조물의 제조 방법.

## 발명의 설명

## 기술 분야

[0001]

본 발명은 충돌 보호 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 레이더에서 발생한 전자기파(electromagnetic wave)를 흡수 또는 산란시키는 스텔스 성능(stealth performance)을 포함하는 충돌 보호 구조물 및 충돌 보호 구조물의 제조 방법에 관한 것이다.

## 배경 기술

- [0002] 인공위성 등과 같은 우주 구조물의 약 30%가 정찰, 첩보, 감시, 조기 경보 등의 군사적 목적으로 이용되고 있다. 우주 구조물을 군사적으로 이용함에 따라, 각 나라들은 타국의 인공위성을 감시하고 임무를 방해하기 위한 노력을 하고 있으며, 또한, 자국의 우주 구조물의 존재를 숨기기 위한 연구가 이루어지고 있다.
- [0003] 스텔스 기술(stealth technology)은 레이더, 적외선 탐지기, 음향 탐지기, 및 육안에 의한 탐지를 포함하는 탐지 방법에 대항하는 음폐 기술을 나타낸다. 일반적으로, 스텔스 기술 중 레이더에서 발생한 전자기파(electromagnetic wave)를 흡수 또는 산란시킴으로써 탐지되지 않도록 음폐하는 기술이 스텔스 기술의 핵심이 될 수 있다.
- [0004] 예를 들어, 레이더에서 발생한 전자기파를 산란 또는 흡수하기 위해 구조물의 설계 단계에서 레이더로부터 입사하는 전자기파를 레이더 방향이 아닌 다른 방향으로 산란시키는 형상 설계(shaping design) 방법, 전자기파를 직접 흡수할 수 있는 레이더 흡수 물질(radar Absorbing Material, RAM)을 구조물 표면에 직접 칠하는 방법, 형상 설계 방법 및 RAM 방법이 갖는 취약한 내구성을 보완하기 위해 전자파 흡수 물질 자체가 전자기파를 흡수하는 동시에 하중을 지지하는 구조물의 역할을 수행하는 전자파 흡수 구조체 또는 레이더 흡수 구조체(radar Absorbing Structure, RAS) 방법, 등으로 스텔스 기술을 구현하고 있다.
- [0005] 전자파 흡수 구조체는 높은 무게 분율(weight percentage, wt.%)의 유성 및 자성 손실 재료를 복합재료 기지(matrix)에 분산함으로써 우수한 성능을 발휘할 수 있다. 하지만, 전자파 흡수 구조체의 제작 단계에서 불확실성을 포함하여(uncertainty) 물성의 변화를 제어해야 하고 섬유체의 체적 분율(volume fraction, vf%)을 감소시켜 기계적 물성을 감소시킨다.
- [0006] 특허문헌 1(한국출원특허 10-2016-0150304)은 종래의 나노 입자를 포함하는 전자기파 흡수체의 기계적 물성과 전자기적 물성의 한계점을 극복하기 위해 진공 증착법의 일종인 스퍼터링(sputtering)을 활용하여 코팅 시간에 따라 유리섬유에 얇은 코팅 막(thin film)을 형성함으로써 이에 따른 다양한 전자파 흡수체 설계 및 제작 방법을 제안하였다.
- [0007] 우주 구조물은 수많은 미소운석, 우주파편 MMOD (micro meteoroid and orbital debris)에 대해 8-70km/s의 속도로 초고속 충돌 위험에 노출되어 있다. 이러한 충격으로부터 우주 구조물을 보호하기 위해 무게가 가볍고 성능이 좋은 위플 쉴드(whipple shield)가 사용되고 있다. 초기의 위플 쉴드는 두 개의 알루미늄으로 일정한 공간(standoff)이 반드시 필요하기 때문에 부피 증가를 피할 수 없다.
- [0008] 최근에는 이러한 문제점을 해결하기 위해 멀티-레이어드 쉴드(multi-layered shield), 스텔스 위플 쉴드(stuffed whipple shield), 등 중간층에 방탄 효과가 좋은 재료를 사용하는 형태가 연구되고 있다. 위플 쉴드는 우주 정거장(International Space Station; ISS)뿐만 아니라 인공위성 등에도 적용되고 있다.
- [0009] 또한, 특허문헌 2(미국등록특허 제 5,345,238호)와 같은 위성 스텔스 기술은 우주선의 존재를 숨기기 위해 풍선처럼 팽창 가능한 원뿔 모양을 갖는다. 원뿔 각은 위성의 고도와 기상의 감소소가 우주선을 바라볼 수 있는 각에 따라 결정된다. 이와 같은 기술은 상대방의 레이더로부터 방패에서 반사된 방사파가 다시 본체에서 반사되는 것을 방지하고, 우주선에서 산란되는 스펙큘라 반사(specular reflection)를 감소시킴으로써 레이더의 포착 면적(radar cross section; RCS)을 줄일 수 있다. 하지만, 이러한 기술은 송수신 위치가 다른 바이-스테틱(Bi-static) 또는 멀티-스테틱(Multi-static) 레이더의 경우에서 성능을 보장 할 수 없으며, 적절한 쉴딩 시스템이 없기 때문에 미세운석 및 우주파편으로부터 초고속 충돌 위험에 노출되어 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 한국출원특허 제 10-2016-0150304호  
(특허문헌 0002) 미국등록특허 제 5,345,238호

## 발명의 내용

## 해결하려는 과제

- [0011] 본 발명의 일 목적은 외부 충격으로부터 시스템을 보호하고 스텔스 기능을 제공할 수 있는 충돌 보호 구조물을 제공하는 것이다.
- [0012] 본 발명의 다른 목적은 상기 충돌 보호 구조물의 제조 방법을 제공하는 것이다.
- [0013] 다만, 본 발명의 목적은 상기 목적들로 한정되는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위에서 다양하게 확장될 수 있을 것이다.

## 과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명의 일 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예들에 따른 충돌 보호 구조물은 은(Ag) 및 코발트(Co) 중 적어도 하나가 코팅되고, 입사되는 전자기파를 흡수하는 적어도 하나의 아라미드(aramid) 섬유층을 포함하는 제1 범퍼(bumper), 상기 제1 범퍼와 이격된 제2 범퍼를 포함할 수 있다.
- [0015] 일 실시예에 의하면, 상기 제1 범퍼는 제1 아라미드 섬유층, 상기 제1 아라미드 섬유층 상에 배치되고, 제1 코팅 두께로 은(Ag)이 코팅된 제2 아라미드 섬유층, 상기 제2 아라미드 섬유층 상에 배치되고, 제2 코팅 두께로 은(Ag)이 코팅된 제3 아라미드 섬유층, 상기 제3 아라미드 섬유층 상에 배치되고, 제3 코팅 두께로 은(Ag)이 코팅된 제4 아라미드 섬유층, 및 상기 제4 아라미드 섬유층 상에 배치되는 반사판을 포함할 수 있다. 상기 제1 코팅 두께, 상기 제2 코팅 두께, 및 상기 제3 코팅 두께는 서로 다른 크기를 가질 수 있다.
- [0016] 일 실시예에 의하면, 상기 제1 아라미드 섬유층, 상기 제2 아라미드 섬유층, 상기 제3 아라미드 섬유층, 및 상기 제4 아라미드 섬유층은 상기 제1 범퍼의 임피던스가 자유공간 임피던스와 매칭되도록 서로 다른 두께를 가질 수 있다.
- [0017] 일 실시예에 의하면, 상기 제1 범퍼는, 코발트(Co)가 코팅된 제5 아라미드 섬유층, 상기 제5 아라미드 섬유층 상에 배치된 제6 아라미드 섬유층, 및 상기 제6 아라미드 섬유층 상에 배치된 반사판을 포함할 수 있다. 상기 제5 아라미드 섬유층 및 상기 제6 아라미드 섬유층은 상기 제1 범퍼의 임피던스가 자유공간 임피던스와 매칭되도록 서로 다른 두께를 가질 수 있다.
- [0018] 일 실시예에 의하면, 상기 제1 범퍼는 제7 아라미드 섬유층, 상기 제7 아라미드 섬유층 상에 배치되고, 제4 코팅 두께로 코발트(Co)가 코팅된 제8 아라미드 섬유층, 상기 제8 아라미드 섬유층 상에 배치되고, 제5 코팅 두께로 코발트(Co)가 코팅된 제9 아라미드 섬유층, 및 상기 제9 아라미드 섬유층 상에 배치된 반사판을 포함할 수 있다. 상기 제4 코팅 두께 및 상기 제5 코팅 두께는 서로 다른 크기를 가질 수 있다.
- [0019] 일 실시예에 의하면, 상기 제7 아라미드 섬유층, 상기 제8 아라미드 섬유층, 및 상기 제9 아라미드 섬유층은 상기 제1 범퍼의 임피던스가 자유공간 임피던스와 매칭되도록 서로 다른 두께를 가질 수 있다.
- [0020] 본 발명의 다른 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예들에 따른 충돌 보호 구조물의 제조 방법은 아라미드 섬유에 스퍼터링(sputtering) 방식으로 은(Ag) 또는 코발트(Co)를 코팅함으로써 적어도 하나의 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계, 상기 코팅 아라미드 섬유층을 프리스틴(pristine) 아라미드 섬유층과 적층하여 적층 구조물을 생성하는 단계, 및 충돌 보호 구조물을 생성하기 위해 상기 적층 구조물을 경화하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0021] 일 실시예에 의하면, 상기 적어도 하나의 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계는, 제1 시간동안 스퍼터링 방식으로 은(Ag)을 코팅함으로써 제1 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계, 제2 시간동안 스퍼터링 방식으로 은(Ag)을 코팅함으로써 제2 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계, 및 제3 시간동안 스퍼터링 방식으로 은(Ag)을 코팅함으로써 제3 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 적층 구조물은 상기 프리스틴 아라미드 섬유층, 상기 제1 코팅 아라미드 섬유층, 상기 제2 코팅 아라미드 섬유층, 및 상기 제3 코팅 아라미드 섬유층을 순차적으로 적층함으로써 생성될 수 있다. 상기 제1 시간, 상기 제2 시간, 및 상기 제3 시간은 서로 다를 수 있다.
- [0022] 일 실시예에 의하면, 상기 적어도 하나의 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계는, 제4 시간동안 스퍼터링 방식으로 코발트(Co)를 코팅함으로써 제4 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 제4 코팅 아라미드 섬유층 및 상기 프리스틴 아라미드 섬유층은 상기 충돌 보호 구조물의 임피던스가 자유공간 임피던스와 매칭되도록 서로 다른 두께를 가질 수 있다.

[0023] 일 실시예에 의하면, 상기 적어도 하나의 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계는, 제5 시간동안 스퍼터링 방식으로 코발트(Co)를 코팅함으로써 제5 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계, 및 제6 시간동안 스퍼터링 방식으로 코발트(Co)를 코팅함으로써 제6 코팅 아라미드 섬유층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 적층 구조물은 상기 프리스틴 아라미드 섬유층, 상기 제5 코팅 아라미드 섬유층, 및 상기 제6 코팅 아라미드 섬유층을 순차적으로 적층함으로써 생성될 수 있다. 상기 제5 시간 및 상기 제6 시간은 서로 다를 수 있다.

### 발명의 효과

[0024] 본 발명의 실시예들에 따른 충돌 보호 구조물 및 충돌 보호 구조물의 제조 방법은 스퍼터링 방식으로 은(Ag) 또는 코발트(Co)를 코팅한 하나 이상의 아라미드 섬유층으로 제1 범퍼 및 제1 범퍼와 이격된 제2 범퍼를 포함함으로써, 무게 및 부피의 증가 없이 스텔스 능력을 갖는 다기능 복합재료 쉴드(multi-functional composite shield)를 구현할 수 있다.

[0025] 상기 충돌 보호 구조물은 아라미드 섬유층을 포함함으로써 갖는 강도, 강성, 탄성, 진동 흡수력이 우수하며, 은(Ag) 또는 코발트(Co)의 코팅층으로 인해 전자기 물성을 가질 수 있어 대역 C-Ku 밴드 (4-18GHz) 및 협대역 X 밴드 (8.2-12.4GHz)에서 우수한 스텔스 기능을 가질 수 있다.

[0026] 또한, 상기 충돌 보호 구조물은 우주 환경에서 소운석과 우주파편(micro meteoroid and orbital debris; MMOD)의 큰 운동에너지를 효과적으로 흡수할 수 있다.

[0027] 다만, 본 발명의 효과는 상기 효과들로 한정되는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위에서 다양하게 확장될 수 있을 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 충돌 보호 구조물을 나타내는 블록도이다.

도 2a 및 도 2b는 도 1의 충돌 보호 구조물의 효과를 설명하기 위한 도면들이다.

도 3a 내지 도 3c는 도 1의 충돌 보호 구조물을 생성하기 위해 아라미드 섬유층에 스퍼터링(sputtering) 방식으로 은(Ag)을 코팅하는 일 예를 나타내는 도면들이다.

도 4 내지 도 6은 은(Ag)이 코팅된 아라미드 섬유층의 특성을 설명하기 위한 그래프이다.

도 7은 도 1의 충돌 보호 구조물의 스텔스 성능을 나타내는 그래프이다.

도 8A 및 도 8B는 도 1의 충돌 보호 구조물의 충격 보호 성능을 나타내는 그래프이다.

도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 충돌 보호 구조물을 나타내는 블록도이다.

도 10은 도 9의 충돌 보호 구조물의 스텔스 성능을 나타내는 그래프이다.

도 11은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 충돌 보호 구조물을 나타내는 블록도이다.

도 12는 도 11의 충돌 보호 구조물의 스텔스 성능을 나타내는 그래프이다.

도 13은 본 발명의 실시예들에 따른 충돌 보호 구조물의 제조 방법을 나타내는 순서도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 실시예들을 보다 상세하게 설명하고자 한다. 도면상의 동일한 구성 요소에 대해서는 동일하거나 유사한 참조 부호를 사용한다.

[0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 충돌 보호 구조물을 나타내는 블록도이다.

[0031] 도 1을 참조하면, 충돌 보호 구조물(100A)은 제1 범퍼(110) 및 제2 범퍼(160)를 포함할 수 있다. 충돌 보호 구조물(100A)은 아라미드(aramid) 섬유에 스퍼터링(sputtering) 방식으로 은(Ag)을 코팅한 복수의 아라미드 섬유층들을 포함하는 제1 범퍼(110)를 구비함으로써 스텔스 기능을 제공하고 외부 충격을 흡수할 수 있다.

[0032] 아라미드 섬유에 스퍼터링 방식으로 은(Ag)을 코팅한 복수의 아라미드 섬유층들은 외부로부터 입사되는 전자기파를 흡수할 수 있으므로, 충돌 보호 구조물(100A)은 제1 범퍼(110)를 통해 스텔스 기능이 구현될 수 있다. 즉, 제1 범퍼(110)는 제1 범퍼(110)의 임피던스가 자유공간 임피던스와 매칭(matching)되도록 구현된 복수의 아라미드



드 섬유층들을 포함할 수 있다.

- [0033] 또한, 아라미드 섬유는 낮은 열 변형률, 높은 강도, 강성을 가지며, 인장강도가 높아 쉽게 끊어지지 않고, 열에 의한 수축률도 적다. 또한, 아라미드 섬유는 벤젠 등에 의해 쉽게 녹지 않는 내화학적 물질이며, 전기절연성, 내화성, 절단 저항성, 등의 성질을 갖는다. 아라미드 섬유는 강철과 같은 굵기의 섬유로 만들었을 때 강철보다 약 5배 정도 강도가 높고, 가벼운 무게를 가지며, 유연한 특징이 있다. 아라미드 섬유는 은(Ag) 또는 코발트(Co) 등을 증착하여 복합 재료로 사용하는 경우에도 상기와 같은 우수한 성능이 유지되므로, 충돌 보호 구조물(100A)은 복수의 아라미드 섬유층들을 포함함으로써 스텔스 기능을 제공함과 동시에 외부 충격으로부터 시스템을 보호할 수 있다.
- [0034] 제1 범퍼(110)는 스퍼터링 방식으로 은(Ag)이 코팅되고, 입사되는 전자기파를 흡수하는 복수의 아라미드 섬유층들을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 제1 범퍼(110)는 제1 아라미드 섬유층(111), 제2 아라미드 섬유층(112), 제3 아라미드 섬유층(113), 제4 아라미드 섬유층(114), 및 반사판(115)을 포함할 수 있다. 제1 범퍼(110)에 포함된 아라미드 섬유층들은 에폭시(epoxy)를 포함하는 복합재일 수 있다.
- [0035] 제1 아라미드 섬유층(111)은 금속 재료가 코팅되지 않은 프리스틴(pristine) 아라미드 섬유층일 수 있다. 제1 아라미드 섬유층(111)은 제1 두께(예를 들어, 약 2.790mm)를 가질 수 있다.
- [0036] 제2 아라미드 섬유층(112)은 제1 아라미드 섬유층(111) 상에 배치되고, 제1 코팅 두께로 은(Ag)이 코팅될 수 있다. 예를 들어, 제2 아라미드 섬유층(112)은 약 2분간 스퍼터링 방식으로 은(Ag)을 증착함으로써 생성될 수 있다. 제2 아라미드 섬유층(112)은 제2 두께(예를 들어, 약 0.861mm)를 가질 수 있다.
- [0037] 제3 아라미드 섬유층(113)은 제2 아라미드 섬유층(112) 상에 배치되고, 제2 코팅 두께로 은(Ag)이 코팅될 수 있다. 예를 들어, 제3 아라미드 섬유층(113)은 약 4분간 스퍼터링 방식으로 은(Ag)을 증착함으로써 생성될 수 있다. 제3 아라미드 섬유층(113)은 제3 두께(예를 들어, 약 0.977mm)를 가질 수 있다.
- [0038] 제4 아라미드 섬유층(114)은 제3 아라미드 섬유층(113) 상에 배치되고, 제3 코팅 두께로 은(Ag)이 코팅될 수 있다. 예를 들어, 제4 아라미드 섬유층(114)은 약 6분간 스퍼터링 방식으로 은(Ag)을 증착함으로써 생성될 수 있다. 제4 아라미드 섬유층(114)은 제4 두께(예를 들어, 약 0.389mm)를 가질 수 있다.
- [0039] 제1 내지 제4 아라미드 섬유층들(111 내지 114)은 서로 다른 두께를 갖고, 제2 내지 제3 아라미드 섬유층들(112 내지 114)은 서로 다른 시간 동안 스퍼터링 방식으로 은(Ag)이 증착될 수 있다. 즉, 제1 범퍼가 전자기파를 효율적으로 흡수할 수 있도록 임피던스 매칭을 고려하여 제1 내지 제4 아라미드 섬유층들(111 내지 114)의 두께 및 제2 내지 제3 아라미드 섬유층들(112 내지 114)의 증착 시간을 결정할 수 있다.
- [0040] 반사판(115)은 제4 아라미드 섬유층(114) 상에 배치될 수 있다. 반사판(115)은 전자파 흡수체로서 완전 전기 도체(perfect electric conductor; PEC)일 수 있다. 또한, 반사판(115)은 얇은 도체층(예를 들어, 알루미늄(Al)) 또는 전기 전도성이 뛰어난 카본/에폭시(carbon/epoxy) 복합재를 포함할 수 있다.
- [0041] 제2 범퍼(160)는 스페이스(150)를 두고 일정 거리에서 제1 범퍼(110)와 이격될 수 있다. 제2 범퍼(160)는 외부 충격이 제1 범퍼(110)에 가해지는 경우, 충격 효과를 완화시키고 파편을 막는 기능을 수행할 수 있다. 예를 들어, 제2 범퍼(160)는 도체층(예를 들어, 알루미늄(Al)), 고분자 수지, 또는 카본/에폭시(carbon/epoxy) 복합재 등을 포함할 수 있다.
- [0042] 이와 같이, 충돌 보호 구조물(100A)은 기존의 전자파 흡수체에서 구현하는 유리 섬유 대신 고강력 섬유로 강도, 탄성, 진동 흡수력이 등이 뛰어난 아라미드 섬유(polyamide aramid fiber)를 전도성 재료(즉, 은(Ag)) 및/또는 자성 재료(Co)를 스퍼터링 방법으로 증착함으로써 섬유 자체에 전자기 물성을 부여할 수 있다. 즉, 충돌 보호 구조물(100A)은 은(Ag) 코팅된 아라미드/에폭시 복합재를 제1 범퍼(110)로 사용함으로써 얇은 두께로 다기능 복합 재료 쉴드를 구현할 수 있다.
- [0043] 비록, 도 1의 충돌 보호 구조물(100A)은 제1 범퍼(110) 및 제2 범퍼 사이의 스페이스(150)는 빈 공간으로 형성되는 것으로 도시하였으나, 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 제1 범퍼(110) 및 제2 범퍼 사이의 스페이스(150)에 방탄 효과를 높이기 위한 중간층을 추가로 형성할 수 있다.
- [0044] 도 2a 및 도 2b는 도 1의 충돌 보호 구조물의 효과를 설명하기 위한 도면들이다.
- [0045] 도 2a 및 도 2b를 참조하면, 충돌 보호 구조물(100A)은 우주 궤도상에 존재하는 미소운석과 우주파편의 초고속 충돌로부터 보호할 수 있는 위플 쉴드(whipple shield) 및 전자파 흡수 재료 자체가 전자파를 흡수하는 동시에



하중을 지지하는 구조물의 역할을 수행하는 전자파 흡수 구조체(radar Absorbing Structure, RAS)의 특징을 가질 수 있다. 또한, 충돌 보호 구조물(100A)은 은(Ag) 코팅된 아라미드 섬유를 포함하는 복합 재료를 이용하여 구현됨으로써, 알루미늄으로 구현된 위플 쉴드보다 가벼우면서도 에너지 흡수 성능을 높일 수 있다.

[0046] 도 2a에 도시된 바와 같이, 충돌 보호 구조물(100A)은 제1 범퍼(110)로 입사되는 입사 전자기파(IW)를 흡수할 수 있다. 즉, 스텔스 기능은 입사 전자기파(IW)의 반사하여 생성되는 반사 전자기파(RW)가 발생하지 않도록 입사 전자기파(IW)를 흡수하고, 반사되는 반사 전자기파(RW)의 크기를 현저히 줄임으로써 구현될 수 있다. 예를 들어, 스텔스 성능은 외부 레이더가 방출한 전자기파(electromagnetic wave) (즉, 입사 전자기파(IW))가 충돌 보호 구조물(100A)을 통해 되돌아오는 반사 전자기파(RW)를 측정함으로써 측정될 수 있다. 충돌 보호 구조물(100A)은 제1 범퍼(100)를 통해 C-Ku 밴드 (4-18GHz) 및 X 밴드 (8.2-12.4GHz)에서 입사 전자기파(IW)를 상당 부분 흡수할 수 있으므로, 충분한 스텔스 성능을 얻을 수 있다.

[0047] 도 2b에 도시된 바와 같이, 충돌 보호 구조물(100A)은 미소운석, 우주파편 (micro meteoroid and orbital debris; MMOD)와 같은 초고속(예를 들어, 약 8-70km/s) 외부 충격체(MO)로부터의 외부 충격을 완화시킬 수 있다. 즉, 제1 범퍼(110)는 고강력 섬유로 강도, 탄성, 진동 흡수력이 등이 뛰어난 복수의 아라미드 섬유층들을 포함하므로, 외부 충격체(MO)로부터의 충격을 완화시키고, 내부 시스템을 보호할 수 있다.

[0048] 도 3a 내지 도 3c는 도 1의 충돌 보호 구조물을 생성하기 위해 아라미드 섬유층에 스퍼터링(sputtering) 방식으로 은(Ag)을 코팅하는 일 예를 나타내는 도면들이다.

[0049] 도 3a 내지 도 3c를 참조하면, 물리적 기상 증착법인 스퍼터링 방식으로 플라즈마 상태에서 은(Ag)을 아라미드 섬유에 코팅함으로써, 전자기적 물성을 변화시킬 수 있다.

[0050] 도 3a에 도시된 바와 같이, 본 발명의 충돌 보호 구조물은 제1 범퍼의 얇은 막 형태로 스텔스 기능을 구현하기 때문에, 많은 양의 유전 및 자성 나노 손실 재료를 폴리머 에폭시(polymer epoxy)에 분산하여 기계적 및 전자기 물성의 불확실성(uncertainty)를 포함하는 방법이 아닌 폴리 아마이드 섬유(즉, 아라미드 섬유)에 손실 재료로서 은(Ag)을 코팅하여 구현하였다.

[0051] 이에 따라, 도 3b 및 도 3c에 도시된 바와 같이, 전도성 재료인 은(Ag)이 코팅된 아라미드 섬유의 표면과 단면을 나타내는 SEM (Scanning electron microscope) 이미지를 촬영하였다. 아라미드 섬유에 증착되는 은(Ag) 입자의 코팅 두께는 약 300-800 nm 수준으로 측정되었다.

[0052] 도 4 내지 도 6은 은(Ag)이 코팅된 아라미드 섬유층의 특성을 설명하기 위한 그래프이다.

[0053] 도 4 내지 도 6을 참조하면, 아라미드 섬유에 은(Ag)을 코팅함으로써 아라미드 섬유층의 특성(유전율, 화학적 결정, 회절 특성, 등)이 변화됨을 확인할 수 있다.

[0054] 도 4에 도시된 바와 같이, 스퍼터링 방식을 이용하여 전도성 재료인 은(Ag)이 코팅된 아라미드/에폭시(aramid/epoxy) 복합 재료의 X-band 주파수에서 유전율의 실수부(real permittivity) 및 허수부(imaginary permittivity)를 측정하였다. 일반적으로, 전도성이 없는 아라미드 섬유에 대해, X-band에서 실수부 유전율은 약 3.0이며, 허수부 유전율은 거의 0으로 수렴한다. 하지만 고 진공 상태에서 은(Ag) 나노 입자의 코팅 시간이 약 2분, 약 4분, 약 6분, 약 8분으로 순차적으로 증가됨에 따라 실수부 유전율 및 허수부 유전율이 각각 증가되는 것을 확인하였다. 이러한 현상은 분극화 현상으로 설명할 수 있다. 즉, 측정되는 주파수 범위에서 쌍극자가 장의 변화를 따라가지 못할 만큼 매질의 점성이 크게 되어 장의 에너지가 흡수되는 형태인 유전완화(Dielectric relaxation)와 유전 손실항(Dielectric lossy component)이 증가되므로, 유전 손실항(Dielectric lossy component) 증가를 야기하게 되는 것이다.

[0055] 도 5에 도시된 바와 같이, 스퍼터링 방식을 이용하여 전도성 재료인 은(Ag)이 코팅된 아라미드/에폭시 복합 재료에 대해 화학적 결정 분석을 X-ray 회절 분석법 (X-Ray Diffraction; XRD)으로 분석하였다. 분석된 은(Ag)의 주 피크(main peak)는  $2\theta = 38.78^\circ, 44.75^\circ, 64.71^\circ, 79.65^\circ$  에서 분석되었으며 은(Ag)의 결정성 이외에 다른 성분의 피크는 검출되지 않았다. 또한 코팅 시간의 증가함에 따라 메인 피크의 강도의 크기가 커지는 것을 확인할 수 있다.

[0056] 또한, 도 6에 도시된 바와 같이, 스퍼터링 방식을 이용하여 전도성 재료인 은(Ag)이 코팅된 아라미드/에폭시 복합 재료에 대해 화학적 함량 분석하기 위한 에너지 분광(Energy dispersive spectroscopy; EDS) 방법으로 각 원소의 weight%(이하 wt.%) 및 atomic%(이하, at.%)를 분석하였다. 코팅되지 않은 아라미드 섬유의 경우 69.10 at.% (63.70 wt.%) 탄소(C), 14.8 at.% (15.9 wt.%) 질소(N), 15.5 at.% (19.0 wt.%) 산소(O), 0.5 at.% (0.9

wt.%) 나트륨(Na), 0.2 at.% (0.5 wt.%) 황(S), 0.0 at.% (0.0 wt.%) 은(Ag)로 분석되었다. 하지만, 스퍼터링 방식으로 은(Ag)을 아라미드 섬유에 코팅(코팅 시간 약 6분)한 경우, 32.1 at.% (6.3 wt.%) 탄소(C), 5.6 at.% (1.36 wt.%) 질소(N), 9.8 at.% (2.6 wt.%) 산소(O), 1.9 at.% (0.7 wt.%) 나트륨(Na), 0.2 at.% (0.1 wt.%) 황(S), 50.4 at.% (89.0 wt.%) 은(Ag)으로 은(Ag)의 함량이 증가되었다.

[0057] 도 7은 도 1의 충돌 보호 구조물의 스텔스 성능을 나타내는 그래프이다.

[0058] 도 7을 참조하면, 본 발명의 충돌 보호 구조물은 스퍼터링 방식을 이용하여 전도성 재료인 은(Ag)이 코팅된 아라미드/에폭시 복합 재료를 포함함으로써 스텔스 기능을 구현할 수 있다. 즉, 도 1의 충돌 보호 구조물(100A)에 대한 광대역 반사 손실 측정결과 및 시뮬레이션 결과 6.67-18.0GHz의 광대역 주파수 범위에서 -10 dB 이상의 흡수 성능을 만족하였다. 즉, 충돌 보호 구조물(100A)은 X-band 및 Ku-band에 이르는 광대역 주파수 범위에서 입사되는 전자기파의 90% 이상을 흡수하고, 스텔스 기능을 가짐을 확인하였다.

[0059] 도 8A 및 도 8B는 도 1의 충돌 보호 구조물의 충격 보호 성능을 나타내는 그래프이다.

[0060] 도 8A 및 도 8B를 참조하면, 약 1~5 km/s의 초고속 탄환을 발사할 수 있는 가스건을 이용하여, 본 발명의 충돌 보호 구조물에 대한 충격 완화 성능을 측정하였다. 여기서, 가스건은 2단 경가스건(two stage Light Gas Gun; LGG)으로, 아르곤(Ar) 가스를 이용해 1차 압축으로 격막(diaphragm)을 파열시킨 후 펌프 튜브(pump tube)에 있는 헬륨(He) 가스를 확산시키고, 확산된 헬륨(He) 가스가 2차 격막(diaphragm)을 파열시키며 순간적으로 분출되는 가스가 베릴(barrel) 내부의 탄두를 밀어내는 방식이다.

[0061] 도 8a에 도시된 바와 같이, 2단 경가스건(LGG)을 이용하여 본 발명의 충돌 보호 구조물에 대한 에너지 흡수 성능을 측정한 결과, 충돌전 속도에 비해 충돌후 속도가 은(Ag)이 코팅되지 않은 위플 쉴드(비교 실시예)의 경우와 유사한 정도의 에너지 흡수 성능이 측정되었다.

[0062] 또한, 도 8b에 도시된 바와 같이, 은(Ag) 코팅된 아라미드/에폭시 복합 재료층을 포함하는 본 발명의 충돌 보호 구조물은 은(Ag)이 코팅되지 않은 위플 쉴드(비교 실시예)와 비슷한 에너지 흡수율을 보였다. 따라서, 충돌 보호 구조물은 은(Ag) 코팅된 아라미드/에폭시 복합 재료층을 이용하여, 가벼우면서도 충격 흡수 성능을 기대할 수 있으며, 구조적인 안정성과 신뢰성이 확보할 수 있다.

[0063] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 충돌 보호 구조물을 나타내는 블록도이다. 도 10은 도 9의 충돌 보호 구조물의 스텔스 성능을 나타내는 그래프이다.

[0064] 도 9 및 도 10을 참조하면, 충돌 보호 구조물(100B)은 제1 범퍼(120) 및 제2 범퍼(160)를 포함할 수 있다. 충돌 보호 구조물(100B)은 아라미드 섬유에 스퍼터링 방식으로 코발트(Co)를 코팅한 복수의 아라미드 섬유층들을 포함하는 제1 범퍼(120)를 구비함으로써 스텔스 기능을 제공하고 외부 충격을 흡수할 수 있다. 예를 들어, 충돌 보호 구조물(100B)은 위플 쉴드(whipple shield)와 동일/유사한 구조에 스퍼터링 방식으로 코발트(Co)를 코팅한 아라미드/에폭시 복합재의 박막(thin-film)을 프론트(front) 범퍼에 적용한 구조로 구현될 수 있다. 이에 따라, 충돌 보호 구조물(100B)은 외부 충격으로부터 시스템을 보호할 수 있다.

[0065] 또한, 아라미드 섬유에 스퍼터링 방식으로 코발트(Co)를 코팅한 복수의 아라미드 섬유층들은 외부로부터 입사되는 전자기파를 흡수할 수 있으므로, 충돌 보호 구조물(100B)은 제1 범퍼(120)를 통해 스텔스 기능이 구현될 수 있다. 즉, 제1 범퍼(120)는 제1 범퍼(120)의 임피던스가 자유공간 임피던스와 매칭되도록 구현된 복수의 아라미드 섬유층들을 포함할 수 있다.

[0066] 도 9에 도시된 바와 같이, 제1 범퍼(120)는 스퍼터링 방식으로 코발트(Co)가 코팅되고, 입사되는 전자기파를 흡수하는 복수의 아라미드 섬유층들을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 제1 범퍼(120)는 제7 아라미드 섬유층(121), 제8 아라미드 섬유층(122), 제9 아라미드 섬유층(123), 및 프론트 범퍼(114)를 포함할 수 있다. 제1 범퍼(120)에 포함된 아라미드 섬유층들은 에폭시(epoxy)를 포함하는 복합재일 수 있다.

[0067] 제7 아라미드 섬유층(121)은 금속 재료가 코팅되지 않은 프리스틴(pristine) 아라미드 섬유층일 수 있다. 제7 아라미드 섬유층(121)은 제7 두께(예를 들어, 약 2.7mm 내지 약 2.9mm)를 가질 수 있다.

[0068] 제8 아라미드 섬유층(122)은 제7 아라미드 섬유층(121) 상에 배치되고, 제4 코팅 두께로 코발트(Co)가 코팅될 수 있다. 예를 들어, 제8 아라미드 섬유층(122)은 스퍼터링 방식으로 코발트(Co)를 약 4분간 증착함으로써 생성될 수 있다. 제8 아라미드 섬유층(122)은 제8 두께(예를 들어, 약 1.1mm 내지 1.5mm)를 가질 수 있다.

[0069] 제9 아라미드 섬유층(123)은 제8 아라미드 섬유층(122) 상에 배치되고, 제5 코팅 두께로 코발트(Co)가 코팅될

수 있다. 예를 들어, 제9 아라미드 섬유층(123)은 스퍼터링 방식으로 약 2분간 코발트(Co)를 증착함으로써 생성될 수 있다. 제9 아라미드 섬유층(123)은 제9 두께(예를 들어, 약 0.1mm 내지 0.5mm)를 가질 수 있다.

[0070] 프론트 범퍼(114) (또는 반사판)는 제9 아라미드 섬유층(123) 상에 배치될 수 있다. 프론트 범퍼(114)는 전자파 흡수체로서의 반사판 역할을 수행하며, 제7 내지 제9 아라미드 섬유층들(121 내지 123)을 지지할 수 있다. 프론트 범퍼(114)는 완전 전기 도체(perfect electric conductor; PEC)를 포함할 수 있다. 프론트 범퍼(114)는 얇은 도체층(예를 들어, 알루미늄(Al)) 또는 전기 전도성이 뛰어난 카본/에폭시(carbon/epoxy) 복합재를 더 포함할 수 있다.

[0071] 제2 범퍼(160)는 스페이스(150)를 두고 일정 거리에서 제1 범퍼(120)와 이격될 수 있다. 다만, 스페이스(150) 및 제2 범퍼(160)는 도 1의 스페이스(150) 및 제2 범퍼(160)와 실질적으로 동일하므로, 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0072] 도 10에 도시된 바와 같이, 도 9의 충돌 보호 구조물(100B)에 대한 광대역 반사 손실 측정 및 시뮬레이션을 수행하였다. 제1 실시예 충돌 보호 구조물(S1)은 제7 내지 제9 아라미드 섬유층들(121 내지 123)의 제7 내지 제9 두께를 각각 약 2.732mm, 약 1.223mm, 약 0.1mm로 설정(즉, 아라미드 층들의 총 두께 = 4.055mm)하였다. 제2 실시예 충돌 보호 구조물(S2)은 제7 내지 제9 아라미드 섬유층들(121 내지 123)의 제7 내지 제9 두께를 각각 약 2.862mm, 약 1.439mm, 약 0.1mm로 설정(즉, 아라미드 층들의 총 두께 = 4.401mm)하였다. 제3 실시예 충돌 보호 구조물(S3)은 제7 내지 제9 아라미드 섬유층들(121 내지 123)의 제7 내지 제9 두께를 각각 약 2.843mm, 약 1.114mm, 약 0.5mm로 설정(즉, 아라미드 층들의 총 두께 = 4.457mm)하였다. 제1 실시예 충돌 보호 구조물(S1), 제2 실시예 충돌 보호 구조물(S2), 및 제3 실시예 충돌 보호 구조물(S3)에서, 광대역 반사 손실 측정 결과 및 시뮬레이션 결과 6.01-18.0 GHz의 광대역 주파수 범위에서 -10 dB 이상의 흡수 성능을 만족하였다. 즉, 충돌 보호 구조물(100B)은 X-band 및 Ku-band에 이르는 광대역 주파수 범위에서 입사되는 전자기파의 90% 이상을 흡수할 수 있다.

[0073] 도 11은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 충돌 보호 구조물을 나타내는 블록도이다. 도 12는 도 11의 충돌 보호 구조물의 스텔스 성능을 나타내는 그래프이다.

[0074] 도 11 및 도 12를 참조하면, 충돌 보호 구조물(100C)은 제1 범퍼(120) 및 제2 범퍼(130)를 포함할 수 있다. 충돌 보호 구조물(100C)은 아라미드 섬유에 스퍼터링 방식으로 코발트(Co)를 복수의 아라미드 섬유층을 포함하는 제1 범퍼(130)를 구비함으로써 스텔스 기능을 제공하고 외부 충격을 흡수할 수 있다. 다만, 본 실시예에 따른 충돌 보호 구조물(100C)은 제1 범퍼(130)의 구조를 제외된 것을 제외하면, 도 9의 충돌 보호 구조물(100B)와 실질적으로 동일하므로, 동일 또는 유사한 구성 요소에 대해서는 동일한 참조 번호를 사용하고, 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0075] 도 11에 도시된 바와 같이, 제1 범퍼(130)는 스퍼터링 방식으로 코발트(Co)가 코팅되고, 입사되는 전자기파를 흡수하는 아라미드 섬유층을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 제1 범퍼(130)는 제5 아라미드 섬유층(131), 제6 아라미드 섬유층(132), 및 프론트 범퍼(133)를 포함할 수 있다.

[0076] 제5 아라미드 섬유층(131)에는 코발트(Co)가 코팅될 수 있다. 예를 들어, 제5 아라미드 섬유층(131)은 스퍼터링 방식으로 코발트(Co)를 증착함으로써 생성될 수 있다. 제5 아라미드 섬유층(131)은 제5 두께(예를 들어, 약 0.3mm 내지 0.8mm)를 가질 수 있다.

[0077] 제6 아라미드 섬유층(132)은 제5 아라미드 섬유층(131) 상에 배치되고, 금속 재료가 코팅되지 않은 프리스틴(pristine) 아라미드 섬유층일 수 있다. 제6 아라미드 섬유층(132)은 제6 두께(예를 들어, 약 1.1mm 내지 2.3mm)를 가질 수 있다.

[0078] 프론트 범퍼(133) (또는 반사판)는 제6 아라미드 섬유층(132) 상에 배치될 수 있다. 프론트 범퍼(133)는 전자파 흡수체로서의 반사판 역할과 함께 제5 및 제6 아라미드 섬유층들(131 내지 132)을 지지할 수 있다.

[0079] 제2 범퍼(160)는 스페이스(150)를 두고 일정 거리에서 제1 범퍼(120)와 이격될 수 있다.

[0080] 도 12에 도시된 바와 같이, 도 11의 충돌 보호 구조물(100C)에 대한 광대역 반사 손실 측정 및 시뮬레이션을 수행하였다. 제4 실시예 충돌 보호 구조물(S4)은 제5 및 제6 아라미드 섬유층들(131 및 132)의 제5 및 제6 두께를 각각 약 0.795mm, 약 1.143mm로 설정(즉, 아라미드 층들의 총 두께 = 1.938mm)하였다. 제5 실시예 충돌 보호 구조물(S5)은 제5 및 제6 아라미드 섬유층들(131 및 132)의 제5 및 제6 두께를 각각 약 0.665mm, 약 1.321mm로 설정(즉, 아라미드 층들의 총 두께 = 1.986mm)하였다. 제6 실시예 충돌 보호 구조물(S6)은 제5 및 제6 아라미드

섬유층들(131 및 132)의 제5 및 제6 두께를 각각 약 0.365mm, 약 2.070mm로 설정(즉, 아라미드 층들의 총 두께 = 2.435mm)하였다. 제7 실시예 층돌 보호 구조물(S7)은 제5 및 제6 아라미드 섬유층들(131 및 132)의 제5 및 제6 두께를 각각 약 0.317mm, 약 2.232mm로 설정(즉, 아라미드 층들의 총 두께 = 2.549mm)하였다. 제4 내지 제7 실시예 층돌 보호 구조물(S4 내지 S7)에서, 광대역 반사 손실 측정 결과 및 시뮬레이션 결과 8.2-12.4 GHz의 광대역 주파수 범위에서 -10 dB 이상의 흡수 성능을 만족하였다. 이 경우, 스텔스 기능을 갖는 층돌 보호 구조물을 도 9 및 도 10의 실시예들에 비해 더 얇고 가볍게 형성할 수 있다.

[0081] 도 13은 본 발명의 실시예들에 따른 층돌 보호 구조물의 제조 방법을 나타내는 순서도이다.

[0082] 도 13을 참조하면, 층돌 보호 구조물의 제조 방법은 아라미드 섬유에 스퍼터링 방식으로 은(Ag) 또는 코발트(Co)를 코팅(S100)할 수 있다. 아라미드 섬유는 낮은 열 변형률, 높은 강도, 강성을 가지며, 인장강도가 높아 쉽게 끊어지지 않고, 열에 의한 수축률도 적다. 또한, 아라미드 섬유는 벤젠 등에 의해 쉽게 녹지 않는 내화학성 물질이며, 전기절연성, 내화성, 절단 저항성, 등의 성질을 갖는다. 이러한 아라미드 섬유에 전도성 재료(즉, 은(Ag)) 및/또는 자성 재료(즉, 코발트(Co))를 스퍼터링 방법으로 증착함으로써 섬유 자체에 전자기 물성을 부여할 수 있다.

[0083] 은(Ag) 또는 코발트(Co)로 코팅된 적어도 하나 이상의 아라미드 섬유들(즉, 코팅 아라미드 섬유층)을 프리스틴(pristine) 아라미드 섬유(즉, 코팅 아라미드 섬유층)와 중첩 또는 적층(S200)할 수 있다. 즉, 층돌 보호 구조물이 스텔스 기능을 갖기 위해 층돌 보호 구조물의 임피던스가 자유공간 임피던스와 매칭(matching)되도록 층돌 보호 구조물의 각 층의 두께를 결정하고, 결정된 두께에 따라 형성된 아라미드 섬유층들을 적층할 수 있다.

[0084] 적층된 아라미드 섬유층들(즉, 적층 구조물 또는 제1 범퍼)을 경화함으로써 하여 다층 구조의 층돌 보호 구조물을 생성(S300)할 수 있다. 즉, 적층된 아라미드 섬유층들을 성형에 필요한 성형 부자재, 천공이형필름(perforated release film, bleeder), 및 진공백(vacuum bag), 등을 이용하여 오토클레이브(autoclave)의 경화 조건(예를 들어, 7기압 섭씨 80도에서 30분, 섭씨 130도에서 120분 경화)에서 성형함으로써 층돌 보호 구조물을 생성할 수 있다.

[0085] 즉, 적층 구조물을 경화시키고, 제1 범퍼 및 제2 범퍼를 구현한 층돌 보호 구조물은 도 1, 도 9, 및 도 11 중 하나의 구조를 가질 수 있다. 일 실시예에서, 제1 시간동안 스퍼터링 방식으로 은(Ag)을 코팅함으로써 제1 코팅 아라미드 섬유층을 형성하고, 제2 시간동안 스퍼터링 방식으로 은(Ag)을 코팅함으로써 제2 코팅 아라미드 섬유층을 형성하며, 제3 시간동안 스퍼터링 방식으로 은(Ag)을 코팅함으로써 제3 코팅 아라미드 섬유층을 형성할 수 있다. 상기 제1 시간, 상기 제2 시간, 및 상기 제3 시간은 서로 다를 수 있다. 적층 구조물은 프리스틴 아라미드 섬유층, 제1 코팅 아라미드 섬유층, 제2 코팅 아라미드 섬유층, 및 제3 코팅 아라미드 섬유층을 순차적으로 적층함으로써 생성될 수 있다. 이와 같은 방식으로, 도 1에 개시된 층돌 보호 구조물이 형성될 수 있다. 다른 실시예에서, 제4 시간동안 스퍼터링 방식으로 코발트(Co)를 코팅함으로써 제4 코팅 아라미드 섬유층을 형성하고, 제4 코팅 아라미드 섬유층 및 프리스틴 아라미드 섬유층은 적층 구조물의 임피던스가 자유공간 임피던스와 매칭되도록 서로 다른 두께를 가질 수 있다. 이와 같은 방식으로, 도 9에 개시된 층돌 보호 구조물이 형성될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 제5 시간동안 스퍼터링 방식으로 코발트(Co)를 코팅함으로써 제5 코팅 아라미드 섬유층을 형성하고, 제6 시간동안 스퍼터링 방식으로 코발트(Co)를 코팅함으로써 제6 코팅 아라미드 섬유층을 형성할 수 있다. 제5 시간, 및 제6 시간은 서로 다를 수 있다. 적층 구조물은 프리스틴 아라미드 섬유층, 제5 코팅 아라미드 섬유층, 및 제6 코팅 아라미드 섬유층을 순차적으로 적층함으로써 생성될 수 있다. 이와 같은 방식으로, 도 11에 개시된 층돌 보호 구조물이 형성될 수 있다.

[0086] 이상, 본 발명의 실시예들에 따른 층돌 보호 구조물에 대하여 도면을 참조하여 설명하였지만, 상기 설명은 예시적인 것으로서 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위에서 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 수정 및 변경될 수 있을 것이다.

## 산업상 이용가능성

[0087] 본 발명은 층돌 보호 구조물을 구비하는 다양한 시스템에 적용될 수 있다. 예를 들어, 본 발명은 인공 위성, 우주 정거장, 등과 같은 우주 구조물, 군함, 탱크, 장갑차 등과 같은 군장비, 및 방탄용 헬멧, 위장막, 전투화 등과 같은 방탄 소재 섬유 등에 적용될 수 있다.

## 부호의 설명

[0088] 100A: 층돌 보호 구조물                      110: 제1 범퍼

- 111: 제1 아라미드 섬유층

112: 제2 아라미드 섬유층

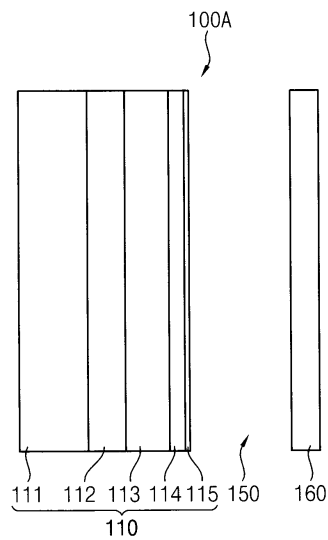
113: 제3 아라미드 섬유층

114: 제4 아라미드 섬유층

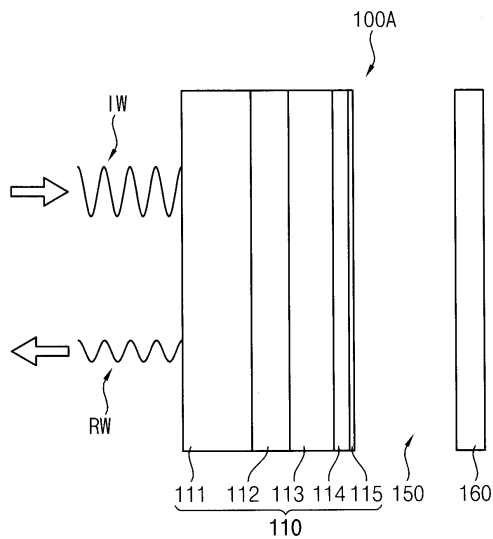
115: 반사판
- 160: 제2 범퍼

도면

도면1

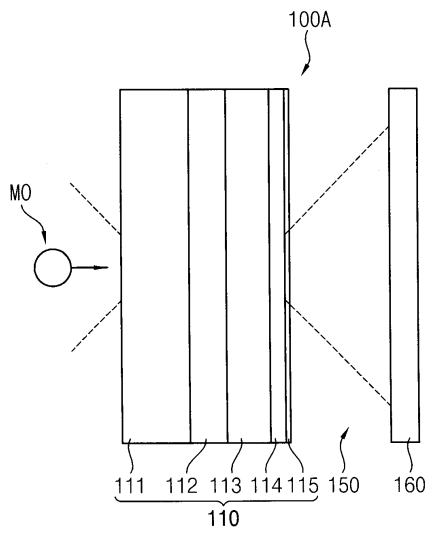


도면2a

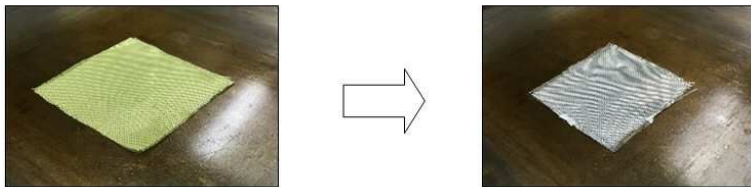




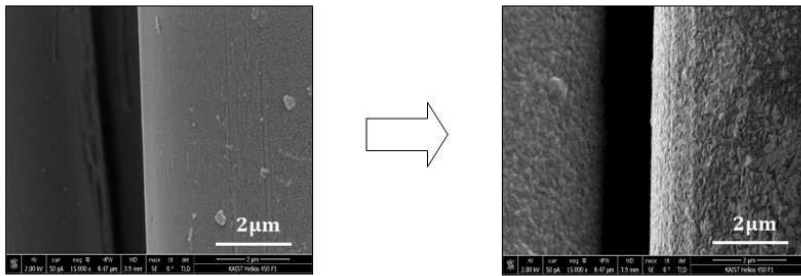
도면2b



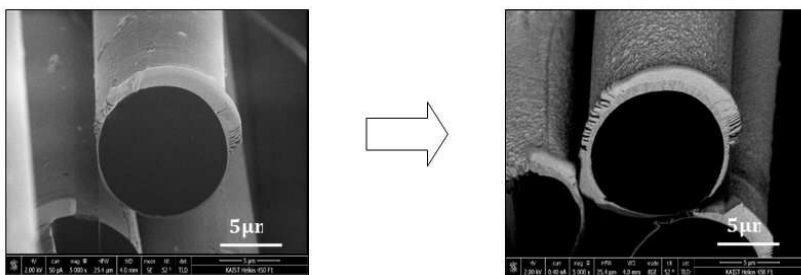
도면3a



도면3b

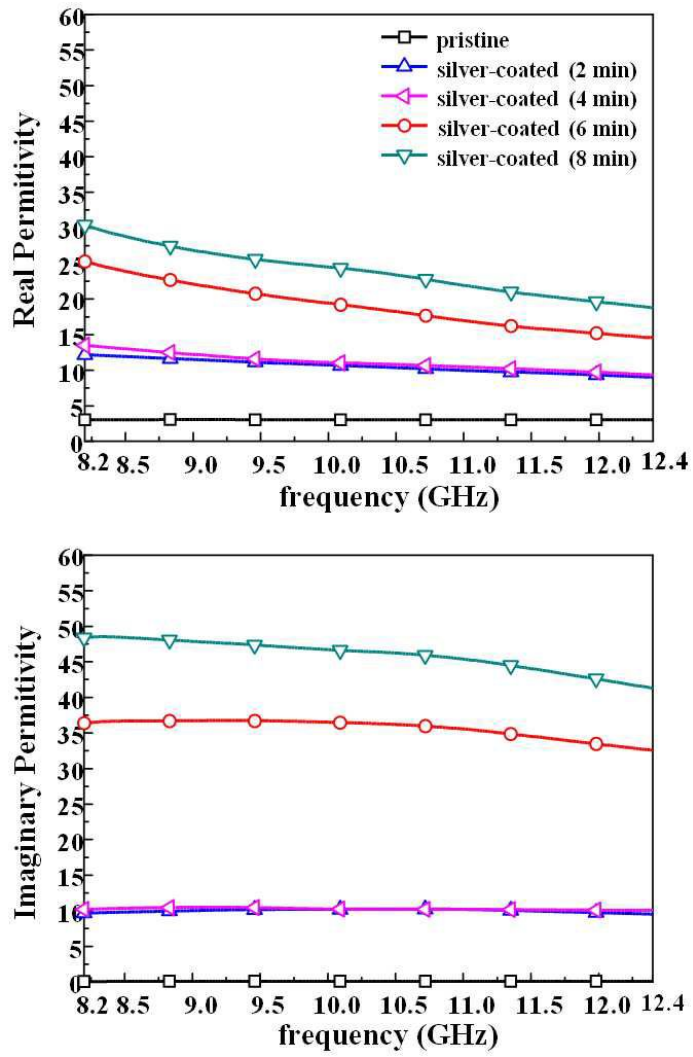


도면3c

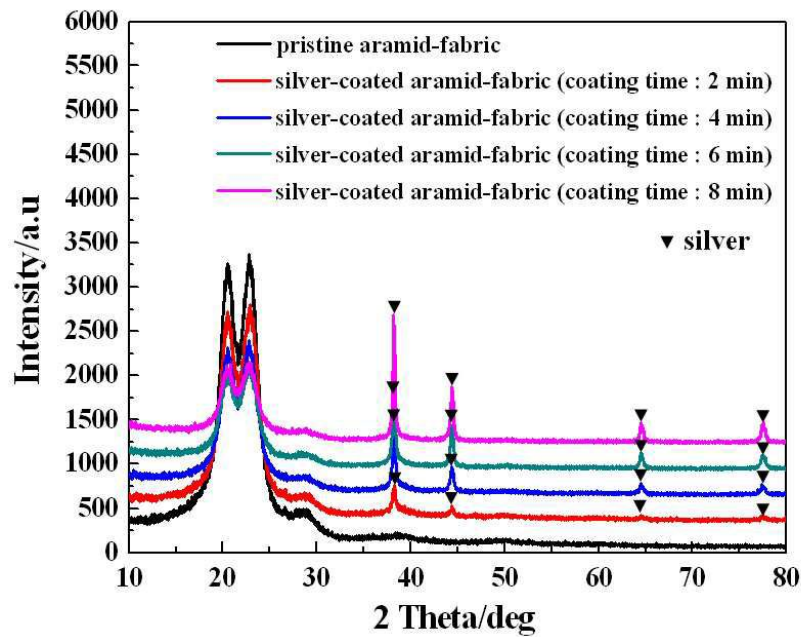




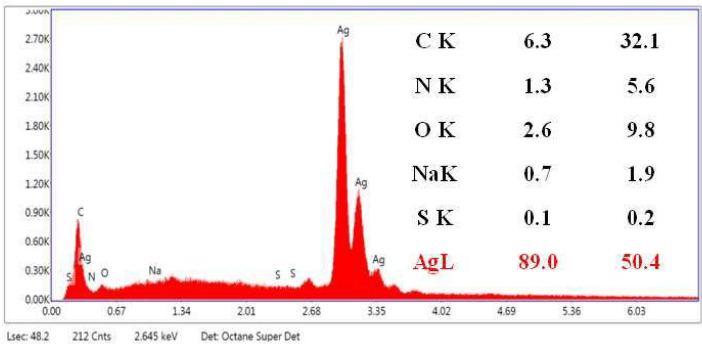
도면4



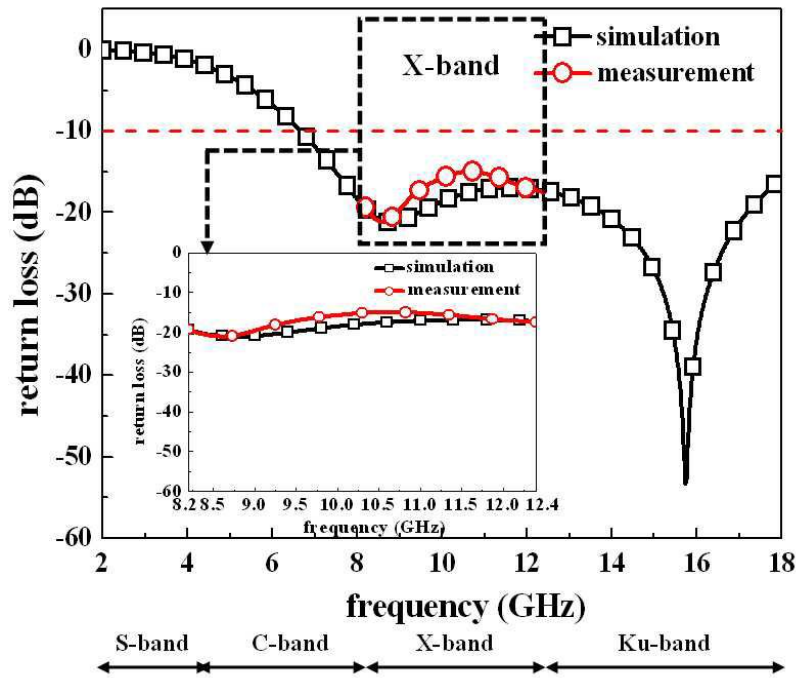
도면5



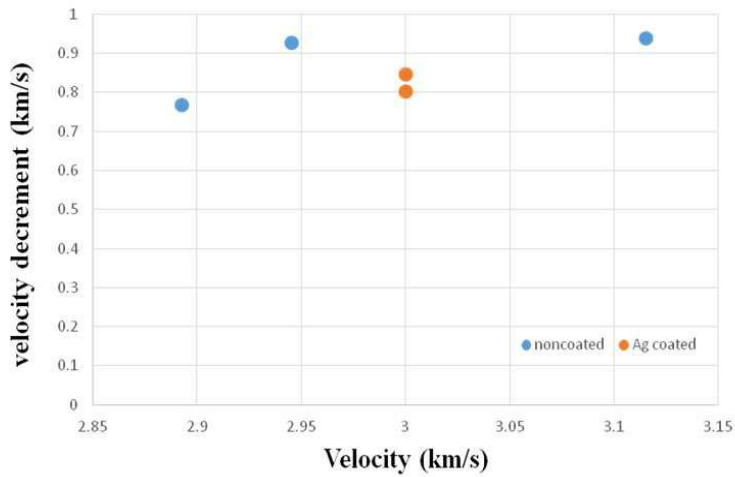
도면6



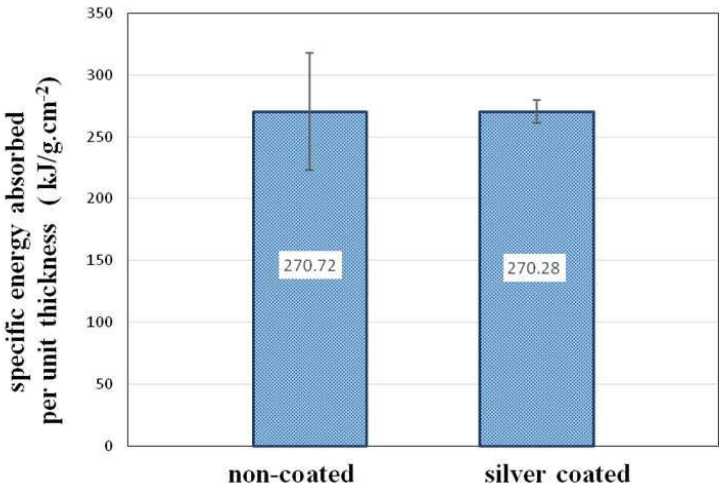
도면7



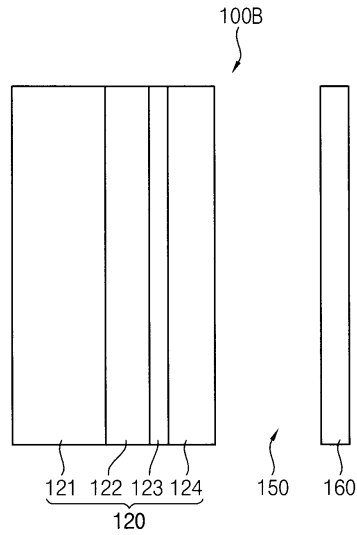
도면8a



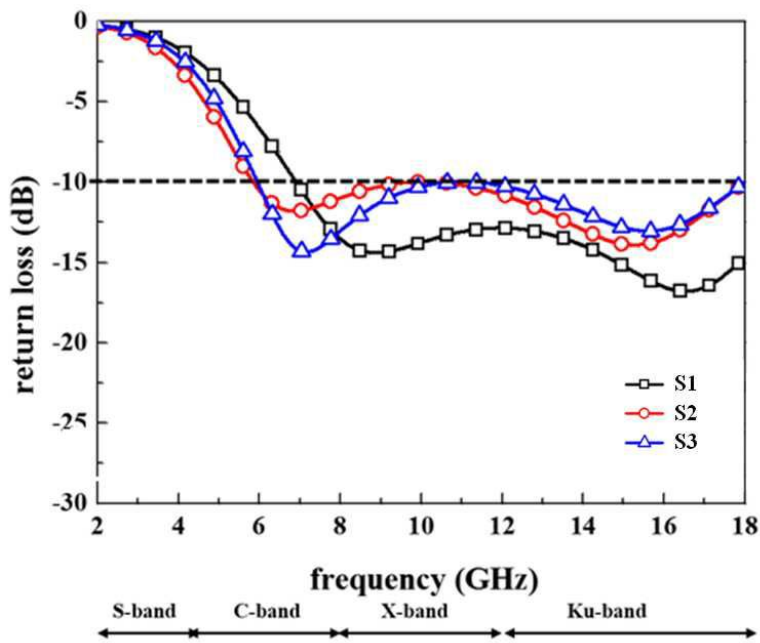
도면8b



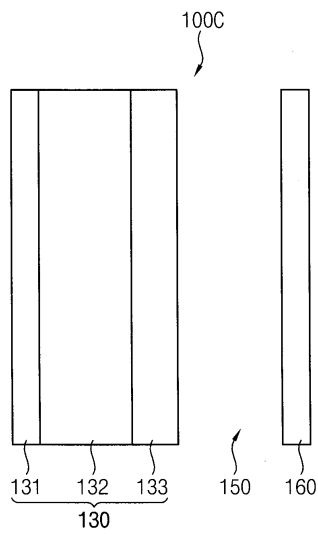
도면9



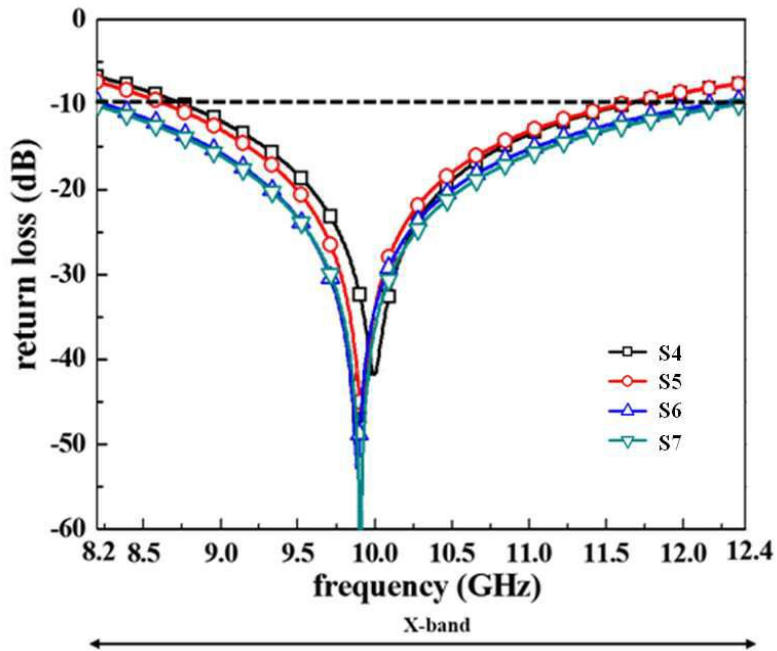
도면10



도면11



도면12



도면13

