(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0105042
(43) 공개일자 2025년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
D06M 17/00 (2006.01) *D03D 1/00* (2006.01)
D03D 15/275 (2021.01) *D03D 15/513* (2021.01)
F41H 1/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
D06M 17/00 (2013.01)
D03D 1/0035 (2021.05)
(21) 출원번호 10-2024-0005586
(22) 출원일자 2024년01월12일
심사청구일자 2024년01월12일
(30) 우선권주장
1020230197515 2023년12월29일 대한민국(KR)

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
이상의
인천광역시 연수구 해송로 143 (송도동, 송도웰카운티1단지) 124동 201호
김성준
인천광역시 미추홀구 독배로 382번길 30(용현동, 대웅빌라) 2동 403호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이은철, 이수찬

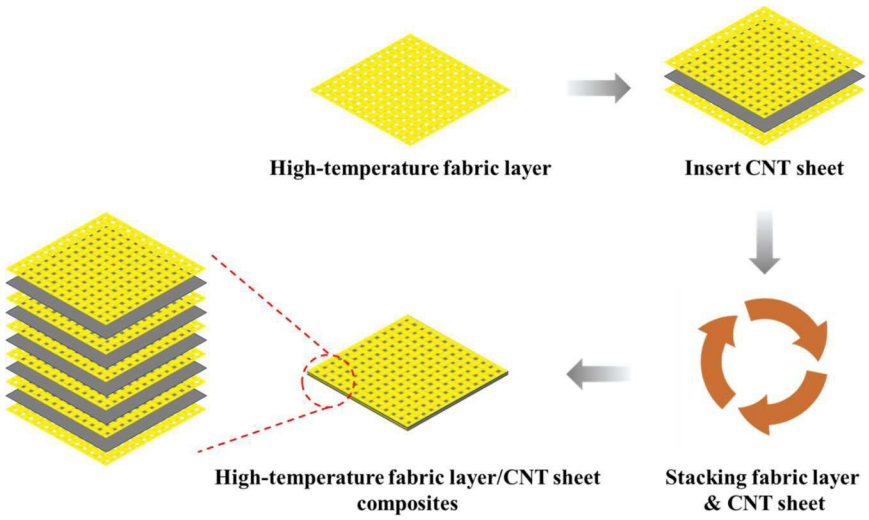
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **레이저 방호용 복합소재**

(57) 요 약

본 발명은, 섬유층; 및 탄소나노튜브(CNT)를 포함하는 탄소나노튜브(CNT) 시트;를 포함하는 레이저 방호용 복합소재를 제공한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
D03D 15/275 (2021.01)
D03D 15/513 (2022.08)
F41H 1/02 (2013.01)
D10B 2101/06 (2013.01)
D10B 2101/08 (2013.01)
D10B 2321/0211 (2013.01)
D10B 2331/021 (2013.01)
D10B 2401/04 (2013.01)
D10B 2401/063 (2013.01)

(72) 발명자
이상원
서울특별시 관악구 문성로 86(신림동, 라이프아파트) 101동 707호

신승철
인천광역시 미추홀구 재넘이길 128 (용현동) 리가하우스 2층 203호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711153980
과제번호	2021M3F6A1085884
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	미래국방혁신기술개발
연구과제명	멀티밴드 레이저 방어용 다차원 구조체 개발
과제수행기관명	인하대학교
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

섬유층; 및

탄소나노튜브(CNT)를 포함하는 탄소나노튜브(CNT) 시트;를 포함하는 레이저 방호용 복합소재.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 레이저 방호용 복합소재는,

상기 섬유층 및 상기 탄소나노튜브(CNT) 시트가 각각 1층 이상 적층된 것을 특징으로 하는 레이저 방호용 복합소재.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 섬유층은 열분해온도가 300 ℃ 이상인 섬유로 구성된 것을 특징으로 하는 레이저 방호용 복합소재.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 섬유층은 고분자 섬유, 세라믹 섬유, 금속 섬유 중에서 선택된 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 방호용 복합소재.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 섬유층은 아라미드 섬유, 초고분자량폴리에틸렌 (UHMWPE), PBO (poly-phenylene benzobisoxazole) 섬유, 유리 섬유, 현무암 섬유, 알루미나 섬유, 탄소 섬유, 실리콘 카바이드, 알루미늄 섬유, 티타늄 섬유, 강철 섬유 중에서 선택된 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 방호용 복합소재.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 섬유층은 폴리머, 세라믹, 금속 또는 이들 중에서 선택된 2종 이상을 포함하는 혼합물로 코팅된 것을 특징으로 하는 레이저 방호용 복합소재.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 섬유층은 표면에 레이저 유도 그래핀 (laser induced graphene)이 포함된 것을 특징으로 하는 레이저 방호용 복합소재.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 섬유층은 표면에 레이저 유도 그래핀 (laser induced graphene)이 포함된 것을 특징으로 하는 레이저 방호용 복합소재.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브(CNT) 시트의 두께가 10㎛이상인 것을 특징으로 하는 레이저 방호용 복합소재.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브(CNT) 시트의 면내 방향 열전도도는 20 W/mK 이상인 것을 특징으로 하는 레이저 방호용 복합소재.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브(CNT) 시트의 결정도(I_G/I_D)는 1.0 이상인 것을 특징으로 하는 레이저 방호용 복합소재.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브(CNT) 시트는 TGA상 5% 질량감소 온도가 400 ℃ 이상인 것을 특징으로 하는 레이저 방호용 복합소재.

청구항 13

제 6 항에 있어서,

상기 세라믹은 실리콘, 카본, 보론, 질소 원자를 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 방호용 복합소재.

청구항 14

제 6 항에 있어서,

상기 세라믹은 실리콘, 실리콘 카바이드, 보론나이트라이드, 실리콘 나이트라이드 중에서 선택된 하나 이상인 것을 특징으로 하는 레이저 방호용 복합소재.

청구항 15

제 6 항에 있어서,

상기 금속은 티타늄, 알루미늄, 마그네슘, 철, 니켈, 코발트 중에서 선택된 하나 이상을 포함하는 순수 금속 또는 합금인 것을 특징으로 하는 레이저 방호용 복합소재.

청구항 16

제 1 항에 있어서,

상기 레이저 방호용 복합소재는 레이저가 일면에 조사되었을 때, 레이지 조사 시간이 4초 이상일때, 후면 온도가 60℃ 이하인 것을 특징으로 하는 레이저 방호용 복합소재.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 레이저 방호용 복합소재에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 고내열 섬유층과 고전도성/고강도 탄소나노튜브(CNT) 섬유 기반의 탄소나노튜브(CNT) 시트를 포함하여 기계적 물성이 우수하며 섬유층 소재로 인해 형상 변경이 자유로운 레이저 방호용 복합소재에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 미래 전쟁 환경의 변화에 따라 재래식 무기의 발전 및 핵무기의 지속적인 위협이 증가하고 있으며, 최근 4차산업의 발전으로 미래 무기체계에 획기적인 변화가 예측되고 있다.

[0004] 특히 미래 전장의 게임 체인저로 레이저 무기가 부상하고 있다. 현재 개발 중인 레이저 무기는 근적외선 영역의 파장을 사용하고 있다. 구체적으로 LWSD(Laser Weapon System Demonstrator, USA)는 레이저 출력 150Kw로 항공기도 격추할 수 있으며, 레이저 돌격 소총(ZKZM-500, China)은 레이저 출력 20kW로 피부 화상 및 실명 피해 등의 인명 피해를 유발할 수 있다.

[0005] 이와 같은 레이저 무기에 대해 이를 방호하는 연구는 미흡한 실정이며, 이에 본 발명자는 탄소나노튜브(CNT) 시트의 빠른 열확산을 통해 레이저를 방호할 수 있는 레이저 방호용 복합소재에 대한 발명을 완성하였다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2014-0017268호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은, 고내열 섬유층과 고전도성/고강도 탄소나노튜브(CNT) 섬유 기반의 탄소나노튜브(CNT) 시트를 포함하여 기계적 물성이 우수하며 섬유층 소재로 인해 형상 변경이 자유로운 레이저 방호용 복합소재를 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 목적을 달성하기 위한 제1측면에 따른 본 발명은, 섬유층; 및 탄소나노튜브(CNT)를 포함하는 탄소나노튜브(CNT) 시트;를 포함하는 레이저 방호용 복합소재를 제공한다.

[0011] 바람직하게는, 상기 레이저 방호용 복합소재는, 상기 섬유층 및 상기 탄소나노튜브(CNT) 시트가 각각 1층 이상 적층된 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0012] 바람직하게는, 상기 섬유층은 열분해온도가 300 ℃ 이상인 섬유로 구성된 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0013] 바람직하게는, 상기 섬유층은 고분자 섬유, 세라믹 섬유, 금속 섬유 중에서 선택된 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0014] 바람직하게는, 상기 섬유층은 아라미드 섬유, 초고분자량폴리에틸렌 (UHMWPE), PBO (poly-phenylene benzobisoxazole) 섬유, 유리 섬유, 현무암 섬유, 알루미나 섬유, 탄소 섬유, 실리콘 카바이드, 알루미늄 섬유, 티타늄 섬유, 강철 섬유 중에서 선택된 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0015] 바람직하게는, 상기 섬유층은 폴리머, 세라믹, 금속 또는 이들 중에서 선택된 2종 이상을 포함하는 혼합물로 코팅된 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0016] 바람직하게는, 상기 섬유층은 표면에 레이저 유도 그래핀 (laser induced graphene)이 포함된 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0017] 바람직하게는, 상기 섬유층은 표면에 레이저 유도 그래핀 (laser induced graphene)이 포함된 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0018] 바람직하게는, 상기 탄소나노튜브(CNT) 시트의 두께가 10㎛이상인 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0019] 바람직하게는, 상기 탄소나노튜브(CNT) 시트의 면내 방향 열전도도는 20 W/mK 이상인 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0020] 바람직하게는, 상기 탄소나노튜브(CNT) 시트의 결정도(I_G/I_D)는 1.0 이상인 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0021] 바람직하게는, 상기 탄소나노튜브(CNT) 시트는 TGA상 5% 질량감소 온도가 400 ℃ 이상인 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0022] 바람직하게는, 상기 세라믹은 실리콘, 카본, 보론, 질소 원자를 포함하는 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0023] 바람직하게는, 상기 세라믹은 실리콘, 실리콘 카바이드, 보론나이트라이드, 실리콘 나이트라이드 중에서 선택된 하나 이상인 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0024] 바람직하게는, 상기 금속은 티타늄, 알루미늄, 마그네슘, 철, 니켈, 코발트 중에서 선택된 하나 이상을 포함하는 순수 금속 또는 합금인 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0025] 바람직하게는, 상기 레이저 방호용 복합소재는 레이저가 일면에 조사되었을 때, 레이지 조사 시간이 4초 이상일 때, 후면 온도가 60℃ 이하인 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

발명의 효과

[0027] 본 발명은 고내열 섬유층과 고전도성/고강도 탄소나노튜브(CNT) 섬유 기반의 탄소나노튜브(CNT) 시트를 포함하여 기계적 물성이 우수하며 섬유층 소재로 인해 형상 변경이 자유로운 레이저 방호용 복합소재를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 고내열 섬유층과 탄소나노튜브(CNT) 시트를 포함하는 레이저 방호용 복합소재 제작 방법을 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 종류에 따른 CNT 시트의 마이크로 구조 확인을 위한 SEM 이미지를 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 CNT시트를 구성하는 탄소나노튜브의 나노 구조 확인을 위한 TEM 이미지를 나타내는 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 CNT시트의 종류에 따른 결정화도 확인을 위한 Raman spectrum 측정 결과를 나타내는 도면이다. I_G/I_D는 G-band의 강도와 D-band 강도의 비를 의미한다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 CNT시트 종류에 따른 열적 특성 확인을 위한 TGA (thermogravimetric analysis) 및 DTG (derivative thermogravimetry) 측정 결과를 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 CNT시트 종류에 따른 열적 물성을 확인하기 위해 밀도 (density), 비열 (specific heat), 열확산도 (diffusivity) 및 열전도도 (thermal conductivity) 를 측정한 결과를 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 CNT시트 종류에 따른 기본 물성과 열 물성을 정리한 표를 나타내는 도면이다.

도8은 본 발명의 일 실시예에 따른 고내열 섬유층/CNT시트로 구성된 레이저 방호용 복합소재의 레이저 방호 특성 시험인 T60 시험을 나타내는 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 방호용 복합소재의 T60 시험에 대한 IR카메라로 측정한 이미지를 나타내는 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 CNT시트 종류에 따른 레이저 방호용 복합소재의 T60시험의 시간에 따른 온

도 그래프와 4초 일 때 온도 그래프를 나타내는 도면이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 CNT시트 종류에 따른 레이저 방호용 복합소재의 레이저 빔에 의한 층별 손상 이미지를 나타내는 도면이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 방호용 복합소재내 CNT시트 (R-CNT 혹은 UD-CNT) 삽입시 레이저 빔에 의한 열의 확산 메커니즘을 설명하는 이미지를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록, 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.

[0032] 상기 목적을 달성하기 위한 제1측면에 따른 본 발명은, 섬유층; 및 탄소나노튜브(CNT)를 포함하는 탄소나노튜브(CNT) 시트;를 포함하는 레이저 방호용 복합소재를 제공한다.

[0033] 상기 섬유층은 직물, 부직포 또는 일방향으로 배향된 섬유층일 수 있다. 상기 섬유층을 포함함으로써, 형상의 변형이 가능하여 다른 구조물을 감쌀 수 있다. 또한 이 섬유층이 내열성을 가짐으로써, 레이저 방호층의 역할도 수행하게 된다.

[0034] 상기 탄소나노튜브(CNT) 시트를 포함함으로써, 고내열성을 갖기 때문에 레이저 빔에 의한 고온에서 내구성을 가진다. 또한 레이저 빔에 의한 고온을 수평 혹은 수직 방향으로 빠르게 열을 확산시켜 소산시킬 수 있기 때문에 우수한 레이저 방호 효과를 가질 수 있다. 열확산도, 두께, 이방성을 조절함으로써 레이저 방호성능을 최적화할 수 있다.

[0035] 바람직하게는, 상기 레이저 방호용 복합소재는, 상기 섬유층 및 상기 탄소나노튜브(CNT) 시트가 각각 1층 이상 적층된 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0036] 상기 섬유층 및 상기 탄소나노튜브(CNT) 시트가 각각 1층 이상 적층됨으로써, 레이저 빔의 출력 및 환경에 맞게 사용자가 원하는 만큼 상기 섬유층 및 상기 탄소나노튜브(CNT) 시트를 적층하여 레이저 방호용 복합소재 두께를 조절할 수 있다.

[0037] 바람직하게는, 상기 섬유층은 열분해온도가 300 ℃ 이상인 섬유로 구성된 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0038] 상기 섬유층은 열분해온도가 300 ℃ 이상인 섬유로 구성됨으로써, 레이저 빔에 의한 고온 내구성을 가질 수 있어 쉽게 타지 않고, 열분해 시간을 확보하고, 형태를 유지할 수 있다.

[0040] 바람직하게는, 상기 섬유층은 고분자 섬유, 세라믹 섬유, 금속 섬유 중에서 선택된 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0041] 상기 섬유층은 고분자 섬유, 세라믹 섬유, 금속 섬유 중에서 선택된 하나 이상을 포함함으로써, 고내열성을 갖는 다양한 섬유를 사용하여 다양한 섬유층 형태로 제작이 가능하며 1종 이상의 섬유로 구성된 복합섬유층을 제작하여 포함할 수 있다. 한 예로 아라미드 섬유 얀 (yarn)이나 로빙 (roving)과 탄소 섬유 얀이나 로빙을 혼합 혹은 교차로 직조하거나, 여러 방향으로 직조할 수 있다. 이를 통해 레이저 방호 성능을 향상시킬 수 있다.

[0042] 바람직하게는, 상기 섬유층은 아라미드 섬유, 초고분자량폴리에틸렌 (UHMWPE), PBO (poly-phenylene benzobisoxazole) 섬유, 유리 섬유, 현무암 섬유, 알루미나 섬유, 탄소 섬유, 실리콘 카바이드, 알루미늄 섬유, 티타늄 섬유, 강철 섬유 중에서 선택된 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0043] 바람직하게는, 상기 섬유층은 폴리머, 세라믹, 금속 또는 이들 중에서 선택된 2종 이상을 포함하는 혼합물로 코팅된 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0044] 상기 섬유층은 폴리머, 세라믹, 금속 또는 이들 중에서 선택된 2종 이상을 포함하는 혼합물로 코팅됨으로써, 고내열 섬유로 제작된 섬유층의 보유 내열성보다 더 높은 온도까지 견딜 수 있는 섬유층을 제작하여 레이저 방호성능이 향상될 수 있다. 또한 채용하는 금속 혹은 세라믹 조성에 따라 레이저 방호 성능 외의 성능이 부여될 수

있다. 예로 총알 등을 막는 방탄 특성이 부여될 수 있다.

[0046] 바람직하게는, 상기 섬유층은 표면에 레이저 유도 그래핀 (laser induced graphene)이 포함된 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0047] 상기 섬유층은 표면에 레이저 유도 그래핀 (laser induced graphene)이 포함됨으로써, 고열전도성을 갖는 레이저 유도 그래핀을 통해 수평 방향으로 빠르게 열 확산이 가능하여 레이저 방호 성능이 향상될 수 있다. 레이저 유도 그래핀과 CNT sheet의 상호 작용으로 레이저 방호 성능이 향상될 수 있다.

[0049] 바람직하게는, 상기 탄소나노튜브(CNT) 시트의 두께가 10㎛이상인 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0050] 상기 탄소나노튜브(CNT) 시트의 두께가 10㎛이상임으로써, 고내열성 섬유층 사이에 포함이 되어도 두께가 얇기 때문에 적층시 두께 증가가 크지 않기 때문에 부피 감소 및 경량화에 장점이 있다. CNT sheet를 두껍게 함으로써 빠른 열확산을 유도하여 레이저에 의한 고내열 섬유층의 손상을 지연할 수 있다.

[0051] 바람직하게는, 상기 탄소나노튜브(CNT) 시트의 면내 방향 열전도도는 20 W/mK 이상인 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0052] 상기 탄소나노튜브(CNT) 시트의 면내 방향 열전도도는 20 W/mK 이상임으로써, 면내 방향 열전도도가 증가할수록 레이저 빔에 의한 열의 확산 및 소산이 빠르게 진행되어 레이저 방호 성능이 향상될 수 있다.

[0053] 바람직하게는, 상기 탄소나노튜브(CNT) 시트의 결정도(I_G/I_D)는 1.0 이상인 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0054] 상기 탄소나노튜브(CNT) 시트의 결정도(I_G/I_D)는 1.0 이상임으로써, CNT의 결정도가 증가할수록, CNT 자체의 열전도도가 증가하고, 이로 구성된 CNT sheet의 열전도도 및 열확산도가 증가하여 레이저 방호 성능이 향상될 수 있다.

[0055] 바람직하게는, 상기 탄소나노튜브(CNT) 시트는 TGA상 5% 질량감소 온도가 400 ℃ 이상인 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0056] 상기 탄소나노튜브(CNT) 시트는 TGA상 5% 질량감소 온도가 400 ℃ 이상임으로써, 탄소나노튜브(CNT)시트의 고온에 대한 열분해 온도가 증가할수록 고온에서 레이저 빔에 의한 내열성이 증가하고 면내 열확산을 원활하게 하여 레이저 방호 성능이 향상 될 수 있다.

[0057] 바람직하게는, 상기 세라믹은 실리콘, 카본, 보론, 질소 원자를 포함하는 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0058] 상기 세라믹은 실리콘, 카본, 보론, 질소 원자를 포함함으로써, 고온에 대한 열내구성이 우수한 원자를 포함하여 코팅시 기존 섬유층 대비 고온 내구성이 우수해지며 레이저 방호 성능이 향상될 수 있다. 또한 레이저 파장에 공진하지 않는 원자를 포함시킴으로써 레이저 반사를 유도할 수 있다. 한편으로는 이상의 원자가 포함된 세라믹은 나이트라이드, 카바이드, 보라이드와 같은 내열성이 우수한 세라믹으로서, 이를 포함할 경우 레이저 방호 성능이 향상될 수 있다. 단순히 이상의 원자를 포함한 산화물이라 하더라도 레이저에 노출되어 열분해될 때 CNT sheet나 고내열 섬유층이 갖는 탄소 원자들이 화학반응을 일으켜 고내열성을 갖는 나이트라이드, 카바이드, 보라이드와 같은 일종 이상의 세라믹이 합성되며, 이 과정동안 레이저 에너지를 흡수함으로써 레이저 방호 성능이 향상될 수 있다.

[0059] 바람직하게는, 상기 세라믹은 실리콘, 실리콘 카바이드, 보론나이트라이드, 실리콘 나이트라이드 중에서 선택된 하나 이상인 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0060] 상기 세라믹은 실리콘, 실리콘 카바이드, 보론나이트라이드, 실리콘 나이트라이드 중에서 선택된 하나 이상으로써, 고온에 대한 열내구성이 우수한 원자를 포함하여 코팅시 기존 섬유층 대비 고온 내구성이 우수해지며 레이저 방호 성능이 향상될 수 있다.

[0061] 바람직하게는, 상기 금속은 티타늄, 알루미늄, 마그네슘, 철, 니켈, 코발트 중에서 선택된 하나 이상을 포함하는 순수 금속 또는 합금인 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0062] 상기 금속은 티타늄, 알루미늄, 마그네슘, 철, 니켈, 코발트 중에서 선택된 하나 이상을 포함하는 순수 금속 또는 합금임으로써, 고온에 대한 내열성이 우수한 금속 및 합금을 포함하여, 코팅시 기존 섬유층 대비 고온 내구

성이 우수해지며 레이저 방호 성능이 향상될 수 있다. 또한 금속을 통한 레이저 반사가 가능하며, 고온에서 금속이 산소와 만나 산화물로 바뀌면서 상변화를 통한 레이저 에너지 흡수를 유도하여, 레이저 방호 성능이 향상될 수 있다.

[0063] 바람직하게는, 상기 레이저 방호용 복합소재는 레이저가 일면에 조사되었을 때, 레이지 조사 시간이 4초 이상일 때, 후면 온도가 60℃ 이하인 것을 특징으로 하는 것일 수 있다.

[0064] 상기 레이저 방호용 복합소재는 레이저가 일면에 조사되었을 때, 레이지 조사 시간이 4초 이상일때, 후면 온도가 60℃ 이하임으로써, 레이저 방호용 복합소재에 레이저 빔에 의한 고온이 수 초의 시간으로 소요되어 급격한 온도 상승에 의한 화상 위험이 없기 때문에 4초 이상일 때 후면 온도가 낮을수록 레이저 방호 성능이 우수하다. 이는 사람이나 구조물이 방호 소재의 열이 올라가고 있음을 느끼거나 센싱하여, 조치를 취할 수 있는 최소한의 시간일 수 있다. 그러나 반드시 4초에서 60도 이상이라 하더라도 조치를 위하여 방호 소재 내부에서 보호되고 있는 사람이나 구조물의 손상을 최소화하는 조치를 취할 수 있다면 T60을 반드시 만족할 필요는 없다.

[0066] 이하, 실시예 또는 실험예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시예 또는 실험예는 오로지 본 발명을 예시하기 위한 것으로서, 본 발명의 범위가 이들 실시예 또는 실험예에 의해 제한되는 것으로 해석되지는 않는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.

[0068] **[실시예 1 : CNT 시트 제조 공정]**

[0069] 가스 혼합물을 반응로에 투입하여 열화학 기상증착법 (Thermal Chemical Vapor Deposition)을 통해 합성된 CNT aerogel을 통해 CNT 시트를 제작하였다. R-CNT (Randomly CNT) 시트, DR-CNT (Densified-randomly CNT) 시트, UD-CNT (Uni-directional CNT) 시트 총 3종의 CNT 시트를 제작하였다. R-CNT 시트의 경우 CNT aerogel 합성 후 물 처리를 하지 않고 감아 제작한 CNT 시트이고, DR-CNT 시트의 경우 R-CNT를 아세톤을 이용해 고밀도화 된 CNT 시트이며, UD-CNT 시트는 CNT aerogel 합성 후 물 처리를 통해 일방향으로 배향된 CNT 시트이다.

[0072] **[실시예 2 : 고내열 섬유층/CNT 시트 복합소재 제조 공정]**

[0073] 일정한 크기를 갖는 고내열 섬유층을 준비하였다. 고내열 섬유층 사이 CNT 시트를 삽입하여 고내열 섬유층-CNT 시트-고내열 섬유층이 되도록 적층하였다. 원하는 두께 만큼 고내열 섬유층과 CNT 시트를 교차로 적층하였다. 적층된 층이 서로 분리되지 않도록 접착을 하여 고내열 섬유층/CNT 시트 복합소재를 제작하였다. 해당 소재는 두께 1.5㎜ 기준으로 고내열 섬유층 6장, CNT 시트 5장으로 구성하였고, 해당 결과를 도 1에 나타내었다.

[0076] **[실시예 3 : 세라믹 및 금속 코팅된 고내열 섬유층/CNT 시트 복합소재 제조 공정]**

[0077] 일정한 크기를 갖는 고내열 섬유층을 준비 후 표면 위 세라믹 및 금속 코팅을 하였다. 고내열 섬유층 사이 CNT 시트를 삽입하여 고내열 섬유층-CNT 시트-고내열 섬유층이 되도록 적층하였다. 원하는 두께 만큼 고내열 섬유층과 CNT 시트를 교차로 적층하였다. 적층된 층이 서로 분리되지 않도록 접착을 하여 고내열 섬유층/CNT 시트 복합소재를 제작하였다. 해당 소재는 두께 1.5㎜ 기준으로 고내열 섬유층 6장, CNT 시트 5장으로 구성하였고, 해당 결과를 도 1에 나타내었다.

[0080] **[실험예 1 : CNT 시트 마이크로 구조 평가]**

[0081] 실시예 1에서 제조된 CNT 시트의 마이크로 구조 확인을 위해 주사전자현미경 (scanning electron microscope)과 투과전자현미경 (transmission Electron Microscope)을 통해 측정하였고, 해당 결과를 도 2, 도 3에 나타내었다. 도2의 이미지에서 R-CNT 시트와 DR-CNT 시트는 섬유 배향이 무작위로 되어 있고 UD-CNT는 X 방향으로 일방

향 배향된 것을 확인하였다. 3종류 CNT 시트 모두 double-walled CNT로 구성되어 있다. 도 3의 이미지에서 R-CNT 시트와 DR-CNT 시트 대비 UD-CNT는 섬유가 배향이 되어 있어 단면 확인이 용이하였고 배향성의 차이로 CNT 시트간 물리적 특성에 영향이 있을 것으로 판단되었다.

[0083] **[실험예 2 : CNT 시트 결정도 분석]**

[0084] 실시예 1에서 제조된 CNT 시트의 결정도 확인을 위해 라만 분광법 (Raman Spectroscopy)을 통해 확인하였고, 해당 결과를 도 4에 나타내었다. CNT 시트 제조시 물 처리로 인해 R-CNT 시트, DR-CNT 시트 대비 UD-CNT 시트의 결정화도가 낮은 것을 확인하였다.

[0086] **[실험예 3 : CNT 시트 TGA 분석]**

[0087] 실시예 1에서 제조된 CNT 시트의 온도에 따른 중량 변화 확인을 위해 열중량 분석(Thermogravimetric analysis)을 통해 확인하였고, 해당 결과를 도 5에 나타내었다. 열중량 분석 결과, UD-CNT 시트, DR-CNT 시트, R-CNT 시트 순으로 분해가 진행됨을 확인하였다.

[0089] **[실험예 4 : CNT 시트 in-plane 방향 열전도도 측정]**

[0090] 실시예 1에서 제조된 CNT 시트의 열전도도는 밀도, 비열, 열전도율을 측정한 후 해당 측정값들을 통해 열전도도를 계산할 수 있다. 해당 열전도도 계산은 하기 식들을 이용하여 변환하였다.

[0091) $\lambda = k C_p \rho \rightarrow k = \lambda/(C_p \rho)$ (λ : 열전도율, k : 열전도도, C_p : 비열, ρ : 밀도)

[0092] 밀도는 해당 소재의 부피와 무게를 측정하여 구할 수 있었다. 비열은 시차주사 열량계(Differential Scanning Calorimeter, DSC)을 통해 측정이 가능하였다. 열전도율의 경우 열전도율 측정기 (Thermal conductivity analyzer)을 사용하여 측정이 가능하였다.

[0093] 열전도율 측정기를 통해 3가지 종류의 CNT 시트의 in-plane 방향 열전도도를 측정하고, 그 결과를 도 6, 도 7에 나타내었다. 2종의 CNT 시트는 약 40 W/mK 이상의 우수한 in-plane 방향 열전도도를 갖는 것을 확인하였다.

[0095] **[실험예 5 : T60 시험 측정]**

[0096] 레이저 방호 성능 시험 T60은 UL2200 규격에 근거하여 Nonmetallic surface에 대한 피부 노출 한계 온도는 60℃ 및 Skiemann에 의해 열원으로 인한 2도 화상 발생 기준이 4초인 것을 감안하여 레이저 방호 성능 기준을 설정하였다. 실시예 1에서 제조된 복합소재의 전면에 레이저를 조사하고 후면 온도를 IR 카메라로 측정하여 4초 뒤 60℃를 초과하는지 확인하였고, 해당 실험 방법을 를 각각 도 8에 나타내었다. IR카메라로 복합소재의 후면을 측정시 레이저 조사 전 후면 온도 변화가 없지만 레이저 조사 후 복합소재 후면 온도를 확인할 수 있고, 해당 결과를 도 9에 나타내었다.

[0098] **[실험예 6 : CNT 시트 종류에 따른 방호 성능]**

[0099] 실시예 2에서 제조된 복합소재에 대해 실시예 1에서 제조된 CNT 시트 종류에 따른 T60 시험 진행 후 후면 온도 및 각 층 별 레이저에 의한 피해 상태를 확인하였고, 해당 결과를 도 10, 도 11에 나타내었다. UD-CNT 시트, DR-CNT 시트, R-CNT 시트가 포함된 복합소재 순으로 T60 시험에서 후면온도가 낮게 측정됨을 확인하였다. 해당 결과로 방향별 열전도도가 다른 CNT 시트 종류에 따라 레이저 방호 성능에 영향을 줄 수 있음을 확인하였다. 레이저 빔에 의한 각 층별 피해 상태를 확인하였을 때, 5번째 층까지 피해를 받음을 확인하였다.

[0102] **[실험예 7 : CNT 시트 열소산 메커니즘]**

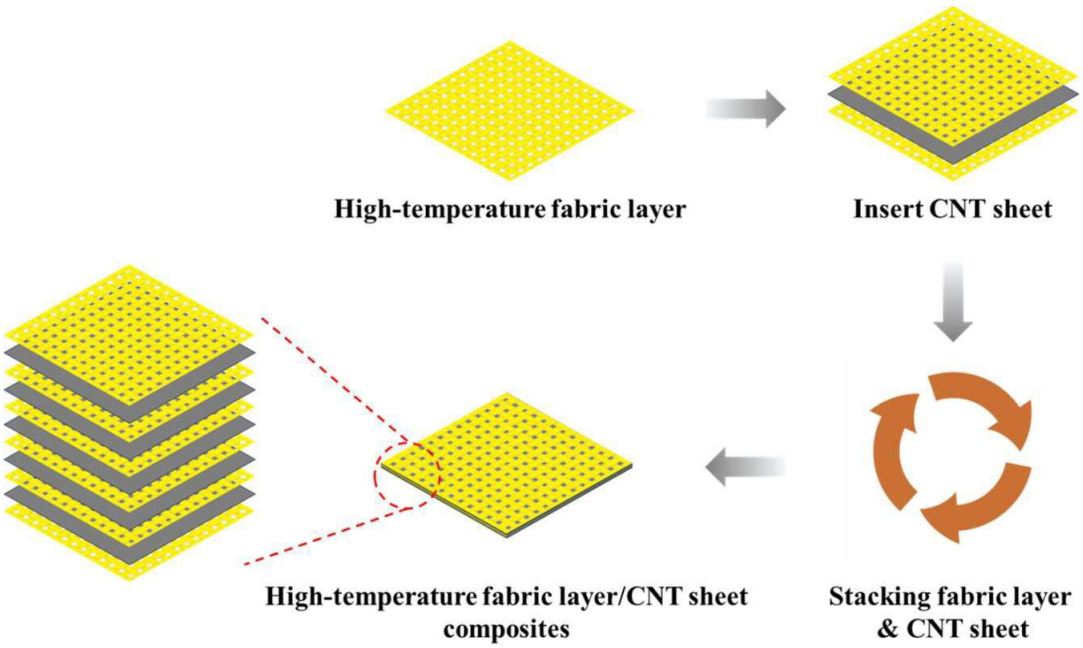
[0103] T60 시험을 통해 방향별 열전도도가 다른 CNT 시트 종류에 따라 열소산 메커니즘을 확인하였고, 해당 결과를 도 12에 나타내었다. 레이저 조사 4초 후 후면 온도의 차이를 확인하였는데 해당 결과는 CNT 시트의 물성에 영향을 미치는 것을 확인하였다. UD-CNT 시트와 R-CNT 시트를 비교했을 때, R-CNT 시트의 낮은 밀도, 낮은 in-plane 열전도도, 높은 out-of-plane 열전도도로 인해 빠르게 다음층으로 레이저로 인한 열전달이 발생하였다. 밀도와 방향별 열전도도 및 시트의 두께에 따라 레이저 방호 성능의 차이를 확인하였다.

[0106] 이상, 본 발명내용의 특정한 부분을 상세히 기술하였는바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서, 이러한 구체적인 기술은 단지 바람직한 실시 양태일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다.

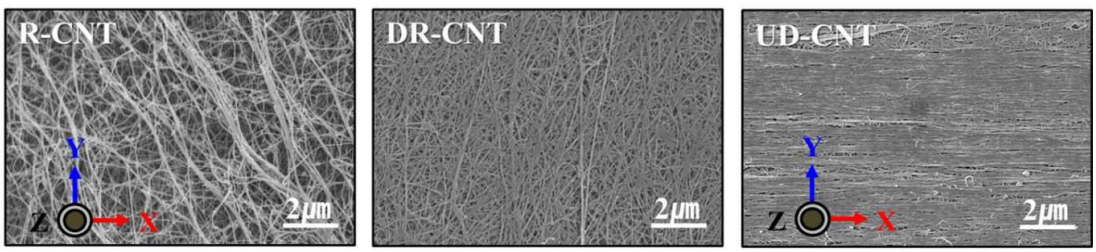
[0107] 따라서 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의해 정의된다고 할 것이다.

도면

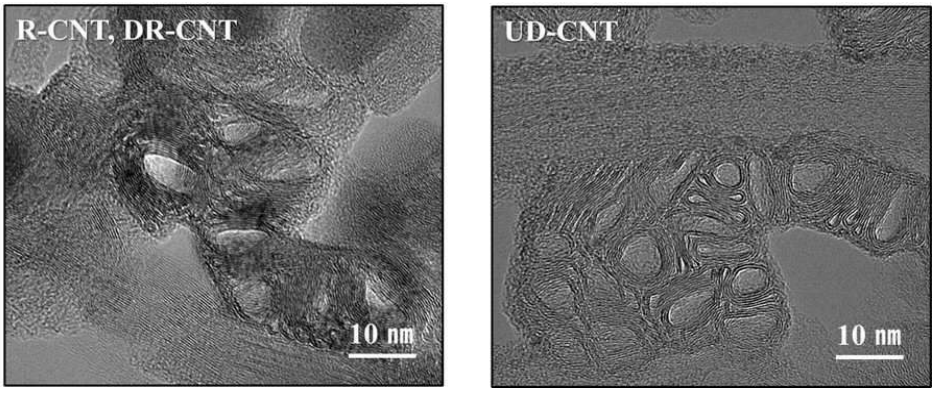
도면1



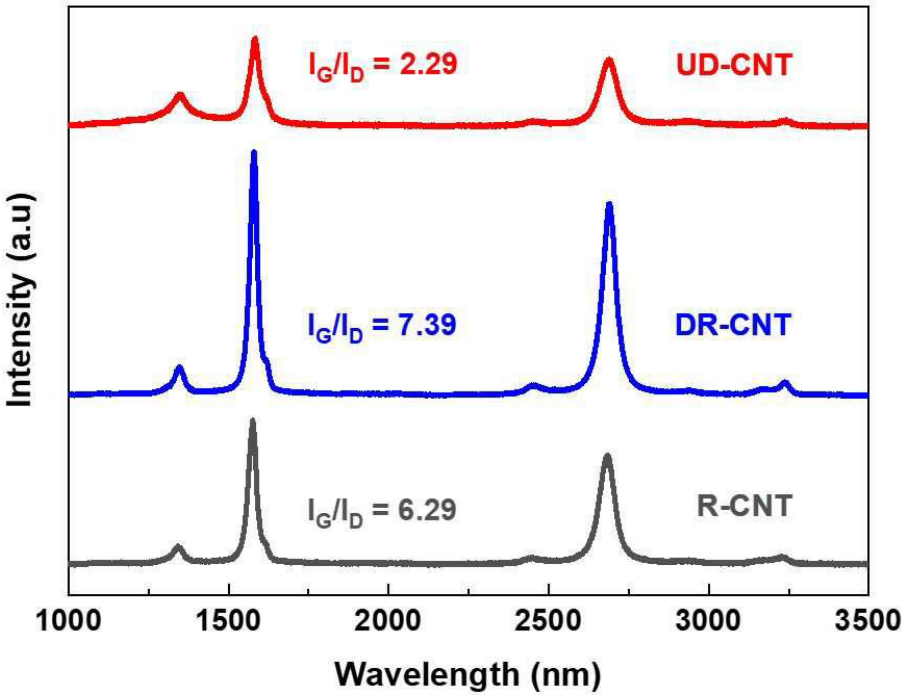
도면2



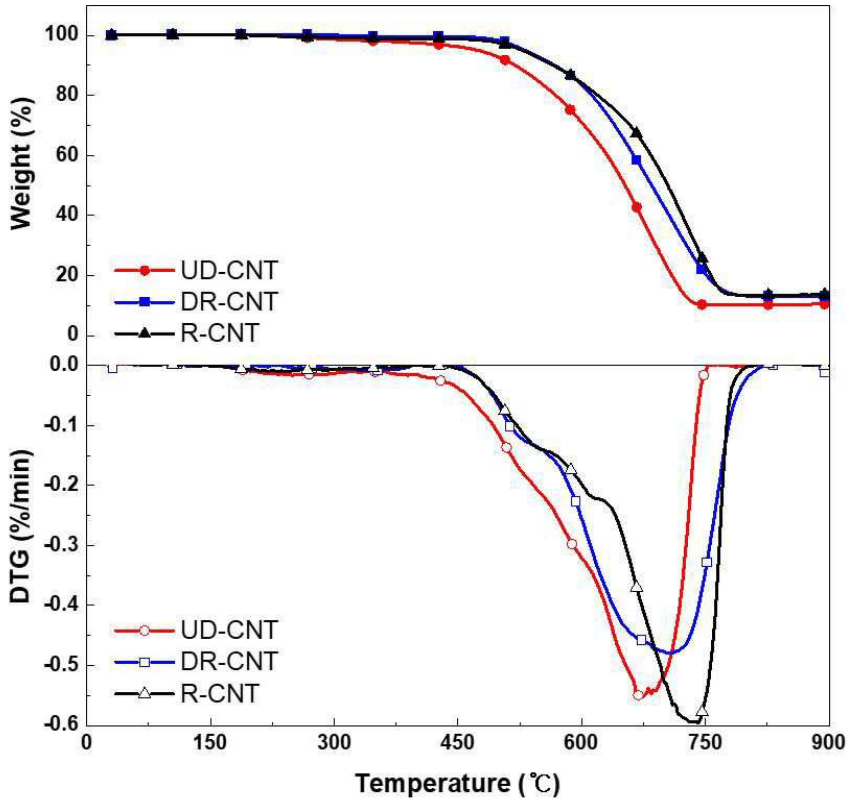
도면3


R-CNT, DR-CNT
10 nm
UD-CNT
10 nm

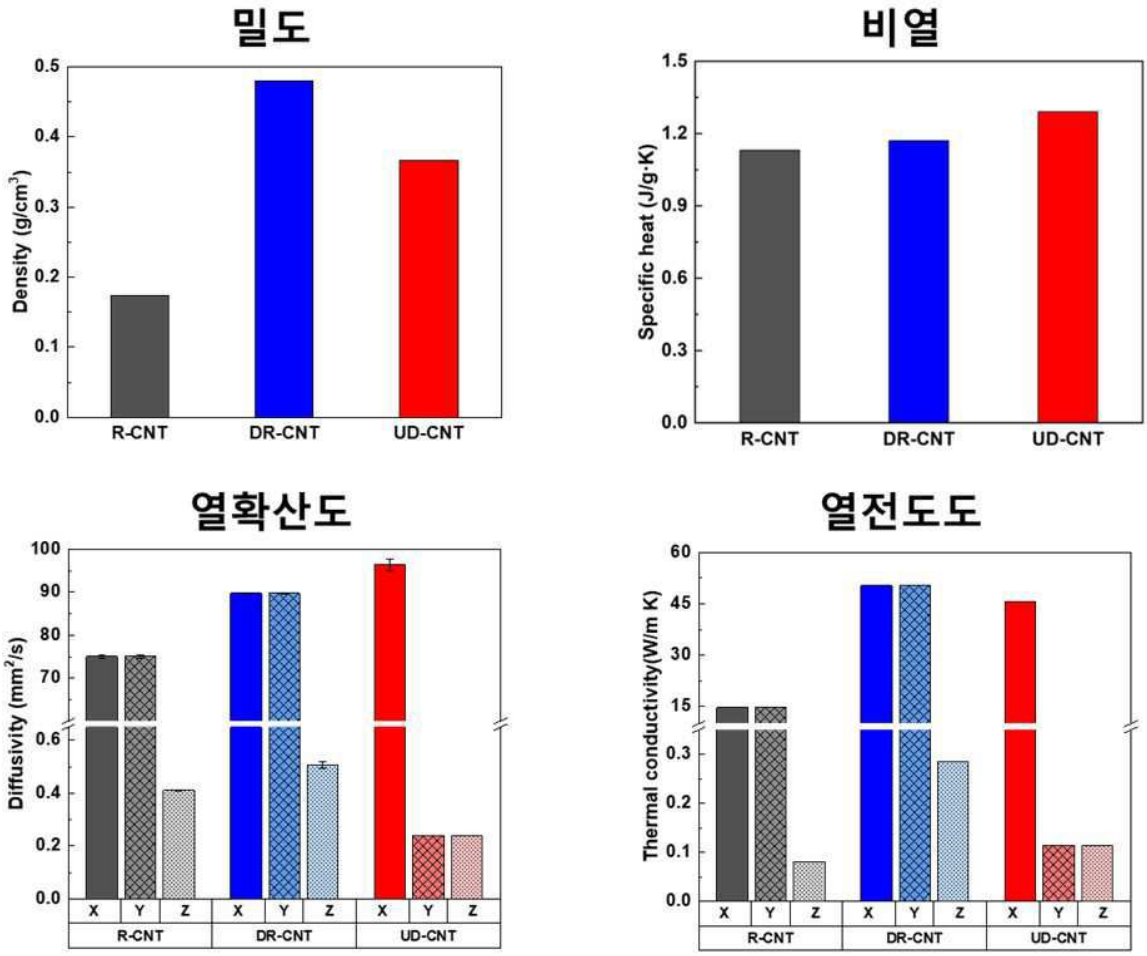
도면4


I_G/I_D = 2.29
UD-CNT
I_G/I_D = 7.39
DR-CNT
I_G/I_D = 6.29
R-CNT
Intensity (a.u)
1000
1500
2000
2500
3000
3500
Wavelength (nm)

도면5


Weight (%)
100
80
60
40
20
0
UD-CNT
DR-CNT
R-CNT
DTG (%/min)
0.0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
-0.5
-0.6
UD-CNT
DR-CNT
R-CNT
0
150
300
450
600
750
900
Temperature (℃)

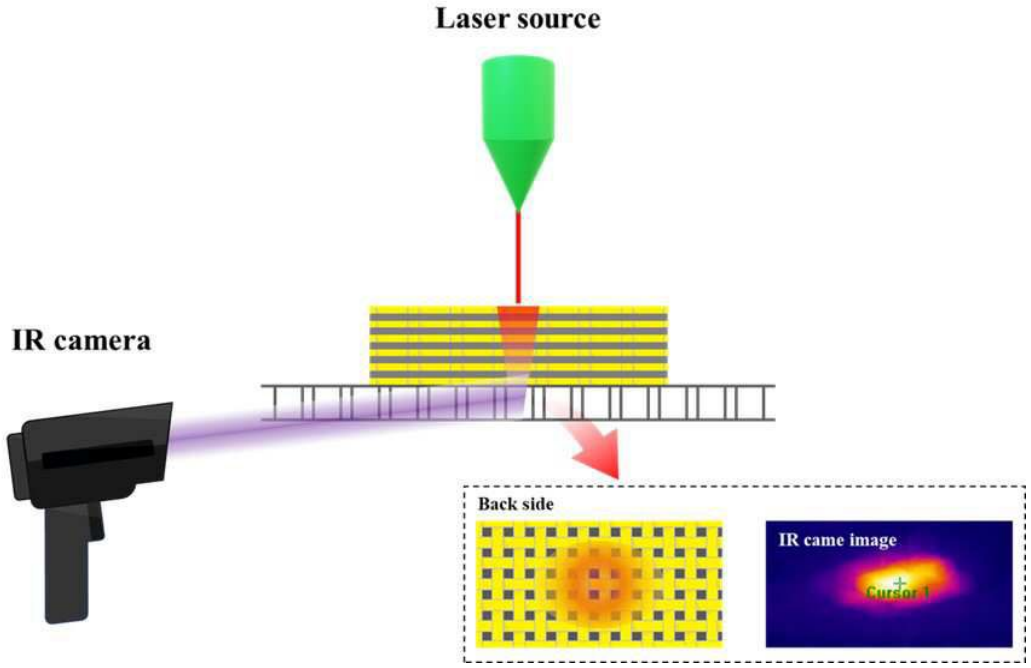
도면6



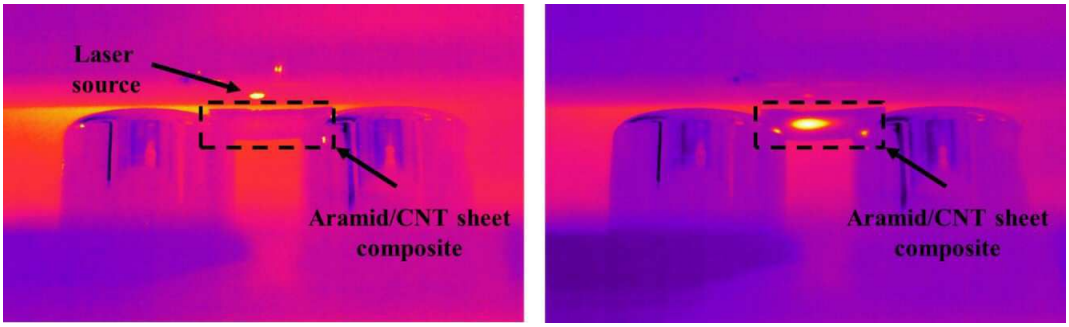
도면7

Sample	Thickness (㎛)	Density (g/cm³)	Crystallinity (I_G/I_D)	In-plane Diffusivity (mm²/s)	Out-of-plane Diffusivity (mm²/s)	Specific heat (J/g K)	In-plane thermal conductivity (W/m K)	Out-of-plane thermal conductivity (W/m K)
Random CNT sheet (R-CNT)	46	0.17	6.29	75.03	0.411	1.13	14.79	0.081
Densified random CNT sheet (DR-CNT)	25	0.48	7.39	89.70	0.508	1.17	50.33	0.285
Uni-directional CNT sheet (UD-CNT)	49	0.37	2.29	96.37	0.239	1.29	45.52	0.114

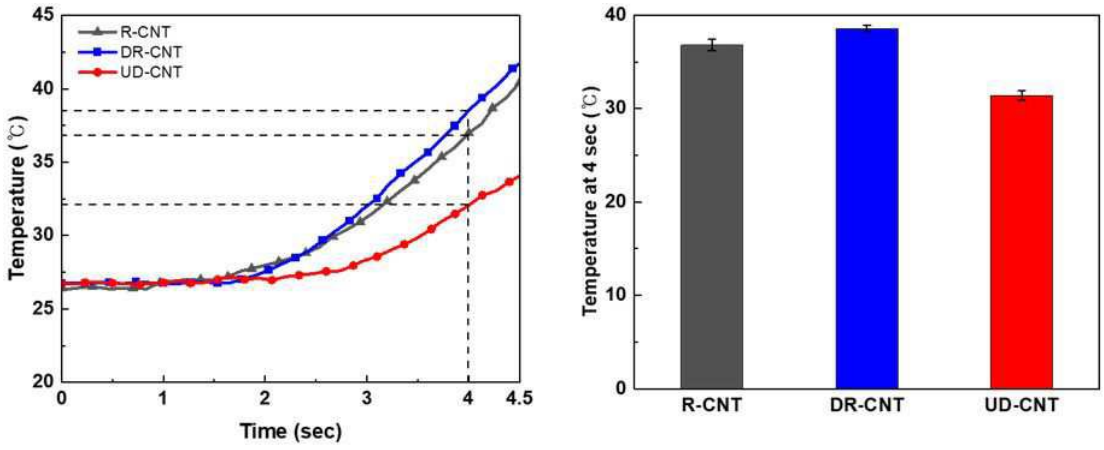
도면8


Laser source
IR camera
Back side
IR came image
Cursor 1

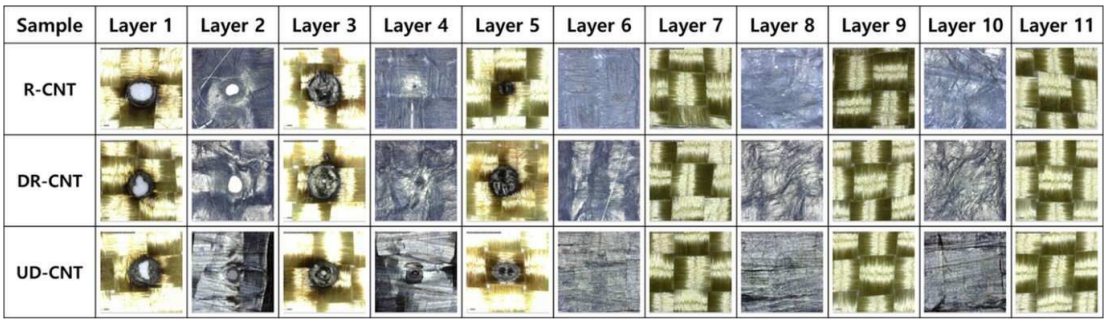
도면9


Laser source
Aramid/CNT sheet composite
Aramid/CNT sheet composite

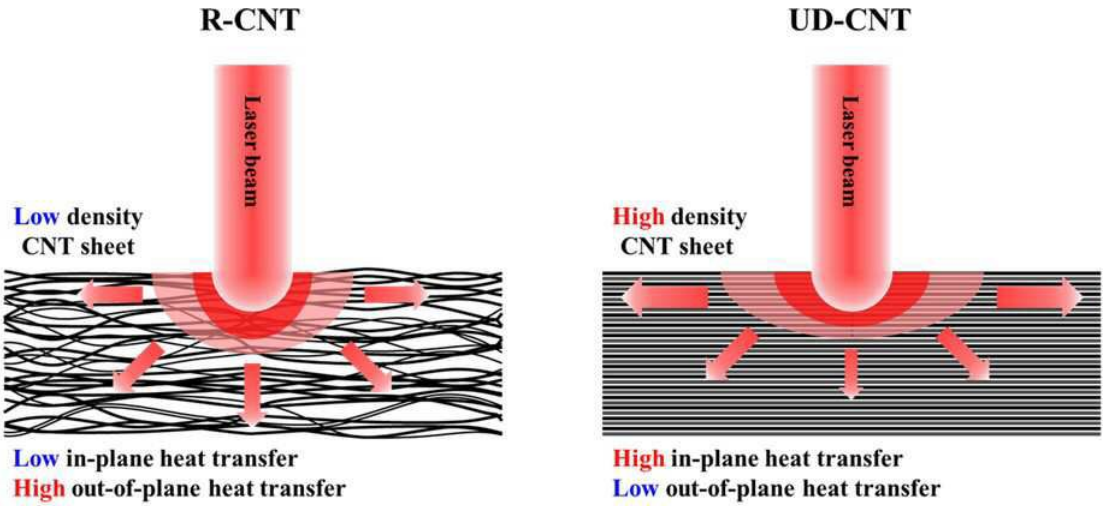
도면10


R-CNT
DR-CNT
UD-CNT
Temperature (℃)
Time (sec)
Temperature at 4 sec (℃)
R-CNT
DR-CNT
UD-CNT

도면11


Sample
Layer 1
Layer 2
Layer 3
Layer 4
Layer 5
Layer 6
Layer 7
Layer 8
Layer 9
Layer 10
Layer 11
R-CNT
DR-CNT
UD-CNT

도면12


R-CNT
Laser beam
Low density
CNT sheet
Low in-plane heat transfer
High out-of-plane heat transfer
UD-CNT
Laser beam
High density
CNT sheet
High in-plane heat transfer
Low out-of-plane heat transfer