



- (51) 국제특허분류:
C06B 27/00 (2006.01) C06C 7/00 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2015/014577
- (22) 국제출원일: 2015년 12월 31일 (31.12.2015)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2015-0028538 2015년 2월 27일 (27.02.2015) KR
- (71) 출원인: 부산대학교 산학협력단 (PUSAN NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION) [KR/KR]; 46241 부산시 금정구 부산대학교 63번길 2(장전동, 부산대학교), Busan (KR).
- (72) 발명자: 김수형 (KIM, Soohyung); 48043 부산시 해운대구 선수촌로 21번길 30, 201동 402호(반여동, 삼익그린아파트), Busan (KR). 김정년 (KIM, Kyungnyun); 36665 경상북도 안동시 광명로 212-5, 202동 407호(옥동, 삼성 2차아파트), Gyeongsangbuk-do (KR).
- (74) 대리인: 오위환 (OH, Wihwan); 06123 서울시 강남구 봉은사로 116, 5층(역삼동, 은성빌딩), Seoul (KR).

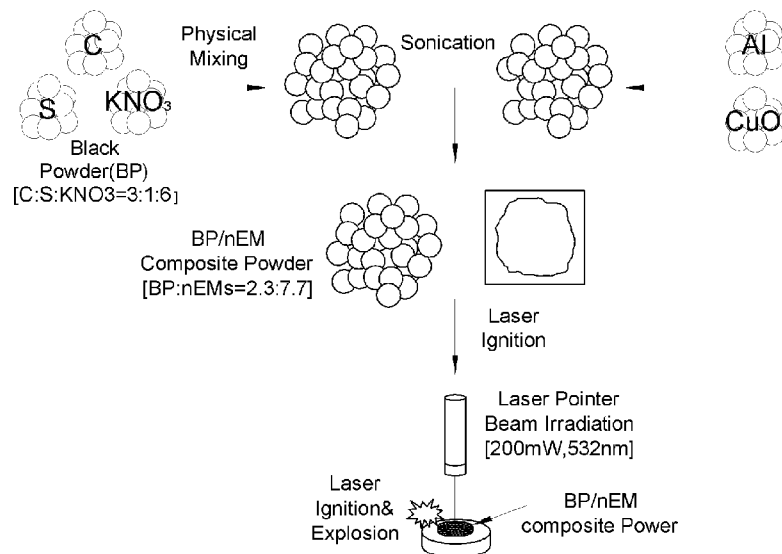
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, 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, 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, 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 제 21 조(3))

(54) Title: NANO ENERGETIC MATERIAL COMPOSITE HAVING EXPLOSION CHARACTERISTICS THROUGH OPTICAL IGNITION, AND PREPARATION METHOD THEREFOR

(54) 발명의 명칭 : 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체 및 그의 제조 방법



(57) Abstract: The present invention relates to a nano energetic material (nEM) composite having ignition and explosion characteristics induced by a low level laser pointer beam, which enables remote optical ignition by addition of black powder to a nEM composite powder, and a preparation method therefor. The nEM composite comprises: a nEM composite powder; and a black powder which is mixed with the nEM composite powder and is used as a medium for initial ignition so that the black powder initiates ignition in response to a laser pointer beam, and ignition heat causes continuous ignition and continuous explosion of the nEM.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]



본 발명은 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말에 흑색화약분말(Black Powder)을 첨가하여 원격 광학 점화가 가능하도록 한 저출력 레이저포인터 빔에 의한 점화 및 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체 및 그의 제조 방법에 관한 것으로, 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말; 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말에 혼합되어, 레이저 포인터 빔에 반응하여 점화가 시작되고 그 점화열에 의해 나노고에너지물질이 연속점화 및 연쇄 폭발되도록 하는 초기 점화용 매개체로 사용되는 흑색화약분말(Black Powder);을 포함하는 것이다.

명세서

발명의 명칭: 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체 및 그의 제조 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 나노고에너지 물질 복합체에 관한 것으로, 구체적으로 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말에 흑색화약분말(Black Powder)을 첨가하여 원격 광학 점화가 가능하도록 한 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체 및 그의 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 나노고에너지물질(Nano Energetic Material, nEM)은 외부에서 유입된 에너지에 의해 점화되었을 때 화학적 에너지를 열 및 압력 기반의 에너지로 급격하게 전환시키는 물질로 나노크기의 연료(Fuel)와 산화제(Oxidizer)로 구성된 물질이다.
- [3] 초기 점화 시에 높은 열 및 압력을 발생시키는 이러한 나노고에너지물질은 폭발물, 추진제, 계면접합제 등의 다양한 열공학 전반에 응용될 수 있다.
- [4] 나노고에너지물질(nEM)의 초기 점화방법에는 전통적으로 열선(Hot Wire), 기계적 충격(Mechanical Impact), 화염(Flame), 전기적 스파크(Electric Spark) 등이 사용되어 왔다.
- [5] 이러한 전통적인 기계적, 열적, 전기적 점화 방식들은 나노고에너지물질의 점화에 매우 효과적이지만, 온도, 습도, 압력 등의 주변 환경에 많은 영향을 받고 점화(Ignition)를 위해서는 반드시 고에너지물질과 외부에너지원의 직접적인 접촉이 요구되기 때문에 다양한 열공학 시스템으로의 응용에 큰 한계점으로 작용한다.
- [6] 이러한 전통적인 점화방식의 단점들을 극복하기 위해 나노고에너지물질에 대한 새로운 점화방식의 개발이 필요하다.
- [7] 따라서, 나노고에너지물질의 광학적인 점화방식의 개발이 이루어지고 있는데, 일부 선행 연구에서는 10W급 출력 이상의 CO₂ Continuous Laser 혹은 Nd:YAG Continuous Laser 등의 집중한 광원을 사용하여 고에너지물질의 원격 점화에 대한 연구 개발이 수행된 바 있고, 3W급 출력을 갖는 Pulsed Nd:YAG Laser를 이용하여 나노고에너지물질의 점화 및 폭발 현상을 구현하는 기술이 제시되고 있다.
- [8] 이러한 고출력 레이저 시스템은 고에너지물질의 점화에 매우 효과적이긴 하지만 레이저빔을 생성하기 위해 복잡한 광 생성 장치, 광 경로 제어부품 및 냉각 장치 등의 부가적인 시스템을 반드시 수반하여야 하므로 장치의 부피가 크고, 가격이 매우 비싸 다양한 응용에 근본적으로 많은 제약 조건을 가진다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [9] 본 발명은 이와 같은 종래 기술의 나노고에너지물질의 점화방식의 문제를 해결하기 위한 것으로, 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말에 흑색화약분말(Black Powder)을 첨가하여 원격 광학 점화가 가능하도록 한 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체 및 그의 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [10] 본 발명은 저출력을 갖는 레이저 포인터를 기반으로 한 나노고에너지물질의 새로운 광학적 원격 점화방법을 제공하기 위한 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체 및 그의 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [11] 본 발명은 저출력 레이저 포인터 빔 조사(Laser Pointer Beam Irradiation)를 이용한 점화에 의해 나노고에너지물질과 광원(Light Source)의 직접적인 접촉이 필요 없고, 원거리에서의 원격 점화(Remote Ignition)가 가능하도록 한 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체 및 그의 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [12] 본 발명은 저출력 레이저 포인터 빔 조사(Laser Pointer Beam Irradiation)를 이용한 점화에 의해 전력소비를 줄이고 에너지 크기 조절이 비교적 쉽고 소형화 가능하도록 한 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체 및 그의 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [13] 본 발명은 휴대 가능한 소형 레이저 포인터를 이용한 점화로 나노고에너지물질의 열공학적 응용 범위를 극대화할 수 있는 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체 및 그의 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [14] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [15] 이와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체는 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말; 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말에 혼합되어, 레이저 포인터 빔에 반응하여 점화가 시작되고 그 점화열에 의해 나노고에너지물질이 연속점화 및 연쇄 폭발되도록 하는 초기 점화용 매개체로 사용되는 흑색화약분말(Black Powder);을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [16] 여기서, 흑색화약분말(Black Powder)은, 레이저 포인터의 출력 $< 1,500 \text{ mW/mm}^2$ 영역의 조건에서 초기 점화용 매개체로 사용되는 것을 특징으로 한다.
- [17] 그리고 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말은, 연료(Fuel) 물질로 알루미늄(Al) 나노입자를 사용하고, 산화제(Oxidizer) 물질로는 산화구리(CuO)

- 나노입자를 사용하여 두 물질이 혼합된 것을 특징으로 한다.
- [18] 그리고 흑색화약분말(Black Powder)은, 탄소(C), 황(S), 질산칼륨(KNO_3)이 혼합된 것을 특징으로 한다.
- [19] 그리고 레이저 포인터 빔을 조사하는 원격 점화시에, 폭발 압력상승률(Pressurization Rate), 연소율(Combustion Rate), 점화지연 시간(Ignition Delay Time), 총 연소시간(Total Burning Time)을 기준으로 레이저 포인터의 출력 크기 및 조사 거리를 제어하는 것을 특징으로 한다.
- [20] 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체의 제조 방법은 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말을 혼합하는 단계; 흑색화약분말(Black Powder)을 혼합하는 단계; 상기 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말에, 레이저 포인터 빔에 반응하여 점화가 시작되고 그 점화열에 의해 나노고에너지물질이 연속점화 및 연쇄 폭발되도록 하는 흑색화약분말(Black Powder)을 혼합하여 나노고에너지물질/흑색화약 복합체 분말을 만드는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [21] 여기서, 흑색화약분말(Black Powder)은, 레이저 포인터의 출력 $< 1,500 \text{ mW/mm}^2$ 영역의 조건에서 초기 점화용 매개체로 사용되는 것을 특징으로 한다.
- [22] 그리고 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말은, 연료(Fuel) 물질로 알루미늄(Al) 나노입자를 사용하고, 산화제(Oxidizer) 물질로는 산화구리(CuO) 나노입자를 사용하여 두 물질을 혼합하는 것을 특징으로 한다.
- [23] 그리고 흑색화약분말(Black Powder)은, 탄소(C), 황(S), 질산칼륨(KNO_3)을 혼합하는 것을 특징으로 한다.
- [24] 그리고 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말을 혼합하는 단계에서, Al 나노입자와 CuO 나노입자를 $\text{Al} : \text{CuO} = 3 : 7$ 의 질량비율로 혼합하는 것을 특징으로 한다.
- [25] 그리고 흑색화약분말(Black Powder)을 혼합하는 단계에서, 활성탄소, 황, 질산칼륨을 $\text{C} : \text{S} : \text{KNO}_3 = 3 : 1 : 6$ 의 질량비율로 혼합하는 것을 특징으로 한다.
- [26] 그리고 나노고에너지물질/흑색화약 복합체 분말을 만드는 단계에서, 흑색화약분말(BP)과 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말을 $\text{BP} : \text{nEM} = 2.3 : 7.7$ 의 질량비율로 혼합하는 것을 특징으로 한다.
- [27] 그리고 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말을 혼합하는 단계 및 흑색화약분말(Black Powder)을 혼합하는 단계에서 구성 물질들의 혼합 비율은, 나노고에너지물질/흑색화약 복합체 분말의 폭발 압력상승률(Pressurization Rate), 연소율(Combustion Rate), 점화지연 시간(Ignition Delay Time), 총 연소시간(Total Burning Time)을 기준으로 변화되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [28] 이와 같은 본 발명에 따른 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체 및 그의 제조 방법은 다음과 같은 효과를 갖는다.

- [29] 첫째, 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말에 흑색화약분말(Black Powder)을 첨가하여 원격 광학 점화가 가능하다.
- [30] 둘째, 저출력을 갖는 레이저 포인터를 기반으로 한 나노고에너지물질의 새로운 광학적 원격 점화방법을 제공한다.
- [31] 셋째, 저출력 레이저 포인터 빔 조사를 이용한 점화에 의해 나노고에너지물질과 광원(Light Source)의 직접적인 접촉이 필요 없이 원거리에서의 원격 점화(Remote Ignition)가 가능하다.
- [32] 넷째, 저출력 레이저 포인터 빔 조사를 이용한 점화에 의해 전력소비를 줄이고 에너지 크기 조절이 비교적 쉽고 소형화 가능하다.
- [33] 다섯째, 휴대가능한 소형 레이저 포인터를 이용한 점화로 나노고에너지물질의 열공학적 응용 범위를 극대화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [34] 도 1과 도 2는 본 발명에 따른 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체의 제조 및 점화를 위한 구성도 및 플로우 차트
- [35] 도 3은 (a)점화 전 및 (b)점화 후의 BP/nEM 복합체 분말 반응/생성물의 XRD 측정 분석 결과 그래프
- [36] 도 4는 BP 분말, nEM 분말, BP/nEM 복합체 분말의 DSC 기반 열분석 특성 측정 결과 그래프
- [37] 도 5는 BP 분말, nEM 분말 및 BP/nEM 복합체 분말의 텅스텐 코일에 의한 열적 점화 시 밀폐계 압력측정셀(PCT) 측정 분석 결과 그래프
- [38] 도 6은 나노고에너지물질(nEM) 분말의 200mW 저출력 레이저 포인터 빔 조사에 의한 점화 및 폭발 특성 고속카메라 측정 결과 연속 정지이미지
- [39] 도 7은 흑색화약(BP)/나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말의 200mW 저출력 레이저 포인터 빔 조사에 의한 점화 및 폭발 특성 고속카메라 측정 결과 연속 정지이미지
- [40] 도 8은 nEM 분말과 BP/nEM 복합체 분말의 저출력 레이저 포인터 빔에 의한 점화 및 연소 특성 결과 그래프

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [41] 이하, 본 발명에 따른 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체 및 그의 제조 방법의 바람직한 실시 예에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [42] 본 발명에 따른 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체 및 그의 제조 방법의 특징 및 이점들은 이하에서의 각 실시 예에 대한 상세한 설명을 통해 명백해질 것이다.
- [43] 도 1과 도 2는 본 발명에 따른 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체의 제조 및 점화를 위한 구성도 및 플로우 차트이다.
- [44] 본 발명은 저출력 레이저포인터 빔에 의해 원격점화를 할 수 있도록 한 흑색

화약/나노고에너지 복합체 및 그 점화 방법에 관한 것으로, 연료(Fuel) 물질로는 알루미늄(Al) 나노입자를 사용하고, 산화제(Oxidizer) 물질로는 산화구리(CuO) 나노입자를 사용하여 두 물질을 균일하게 혼합하여 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말을 합성하고, 여기에 탄소(C), 황(S), 질산칼륨(KNO₃)을 혼합한 흑색화약분말(Black Powder, BP)을 첨가하여 저출력 레이저 포인터에서 발생하는 광을 조사를 통한 원격적인 광학 점화가 가능하도록 하는 것이다.

- [45] 이와 같이 본 발명은 저출력을 갖는 레이저 포인터를 기반으로 한 나노고에너지물질의 새로운 광학적 원격 점화방법을 개발하기 위한 것이다.
- [46] 여기서, 레이저 포인터의 출력 < 1,500 mW/mm² 영역의 조건을 만족하는 것이 바람직하나 이로 제한되지 않는다.
- [47] 본 발명에 따른 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체는 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말; 나노고에너지물질 (nEM) 복합체 분말에 혼합되는 흑색화약분말(Black Powder, BP)을 포함한다.
- [48] 이와 같은 나노고에너지물질 분말(Powder)을 제조하기 위하여, 구체적으로 연료(Fuel) 물질로는 알루미늄(Al) 나노입자를 사용하고, 산화제(Oxidizer) 물질로는 산화구리(CuO) 나노입자를 사용하여 두 물질을 균일하게 혼합함으로써 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말을 합성한다.
- [49] 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말에 탄소(C), 황(S), 질산칼륨(KNO₃)을 혼합한 흑색화약분말(Black Powder, BP)을 첨가하여 저출력 레이저 포인터에서 발생하는 광을 조사를 통한 원격적인 광학 점화를 가능하게 한다.
- [50] 여기서, 흑색화약(BP)이란 가장 오래 역사를 지닌 폭발물 및 연소물질로, 약 800년 이상 인류가 사용하여 왔고, 지금도 다양한 불꽃놀이, 군사용 무기, 산업용 폭발물 등의 열공학 전반에 응용되고 있다. 흑색화약의 초기반응은 비교적 낮은 온도인 약 150-200°C에서 황과 석탄 내에 존재하는 oxyhydrocarbons(OHC) 사이에서의 반응이 주된 것이지만, 연이은 주요 반응으로 질산칼륨(KNO₃)에 의한 석탄의 산화반응이 지속된다.
- [51] 본 발명의 실시 예에서는 나노고에너지물질내에 넣어준 흑색화약이 200mW의 출력값과 0.50mm 빔직경을 갖는 저출력 레이저 포인터 빔에 반응하여 점화가 시작되고, 그 점화열에 의해 나노고에너지물질이 연속점화 및 연쇄 폭발되도록 한다.
- [52] 또한, 저출력 레이저 포인터 광원과 나노고에너지물질/흑색화약 복합체 분말 사이의 거리에 따른 점화 및 폭발 특성에 대한 분석을 하여 점화 및 폭발을 효율적으로 제어하는 구성을 포함한다.
- [53] 특히, 저출력 레이저 포인터 빔 조사(Relatively Low Power Laser Pointer Beam Irradiation)시 나노고에너지물질의 점화, 연소 및 폭발 특성들을 관찰하기 위하여 폭발 압력상승률 (Pressurization Rate), 연소율 (Combustion Rate), 점화지연 시간 (Ignition Delay Time) 및 총 연소시간 (Total Burning Time) 등을 측정 및 분석한다.
- [54] 본 발명의 일 실시 예에서는 연료금속물질 (Fuel Metal)로 평균직경 ~80 nm를

갖는 알루미늄(Al, NT base, Korea) 나노입자를 사용하고, 금속산화제(Metal Oxide)물질로 평균 직경 ~100 nm를 갖는 산화구리(CuO, Sigma Aldrich, Korea) 나노입자를 각각 사용한다. 흑색화약(Black Powder, BP)은 활성탄소(C, Dong Sung Co. Ltd, Korea), 황(S, Sigma-Aldrich), 질산칼륨(KNO₃, Sigma-Aldrich)을 각각 사용한다.

- [55] 구체적으로 도 2에서와 같이, Al 나노입자와 CuO 나노입자를 Al : CuO = 3 : 7의 질량비율로 혼합한다.(S201)
- [56] 그리고 활성탄소, 황, 질산칼륨을 C : S : KNO₃ = 3 : 1 : 6의 질량비율로 혼합한다.(S202)
- [57] 이어, BP 및 nEM 분말의 최종 혼합비를 BP : nEM = 2.3 : 7.7로 고정하여 혼합한다.(S203)
- [58] 이를 대류형 건조기(Convective Oven)에 넣고 80°C에서 30분간 가열하여 에탄올용액을 건조하여 제거하여 BP/nEM 복합체 분말 제조한다.(S204)
- [59] 이와 같은 본 발명에 따른 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체 제조 과정을 더 상세하게 설명하면 다음과 같다.
- [60] 도 1에서와 같이, 흑색화약(Black Powder, BP)과 나노고에너지물질(Nano Energetic Materials, nEMs) 복합체 분말을 제조한다.
- [61] 여기서, 흑색화약(BP)은 저출력 레이저포인터 빔 조사 시에도 점화반응이 잘 일어나도록 하는 광학적 점화제의 역할로 사용되었으며 이들의 초기 점화에 의해 이웃하고 있는 나노고에너지물질의 연쇄적인 폭발을 일으키는 역할을 하도록 초기 점화용 매개체로 사용되는 것이다.
- [62] BP/nEM 복합체 분말에서 nEM의 경우 먼저 Al 나노입자와 CuO 나노입자를 Al : CuO = 3 : 7의 질량비율로 혼합하고, BP의 경우 활성탄소, 황, 질산칼륨을 C : S : KNO₃ = 3 : 1 : 6의 질량비율로 혼합하여 각각 준비한다.
- [63] 그리고 BP 및 nEM 분말의 최종 혼합비를 BP : nEM = 2.3 : 7.7로 고정하여 혼합한다.
- [64] BP/nEM (즉, C/S/KNO₃/Al/CuO) 복합체 분말을 준비하기 위해서는 에탄올용액 내에서 초음파에너지(Ultrasonication Energy, 초음파 출력=170W, 초음파 주파수=40kHz)를 가하여 30분간 혼합한다.
- [65] 이렇게 준비된 콜로이드 유체를 대류형 건조기(Convective Oven)에 넣고 80°C에서 30분간 가열함으로써 에탄올용액을 건조하여 제거한 후 최종적인 BP/nEM 복합체 분말을 제조한다.
- [66] 레이저 포인터 빔의 단위면적당 에너지 크기 및 nEM 내부의 BP 함유량에 따른 BP/nEM 복합체 분말의 공기 중 광학적 점화 및 폭발 특성을 관찰하기 위해 저출력 레이저 포인터 빔에 의한 다양한 거리에서의 원격 점화시험을 수행하면 다음과 같다.
- [67] 이하의 원격 점화시험은 본 발명의 일 실시 예에 따른 것으로 실제 사용시에 이와 같은 조건으로 제한되는 것은 아니다.

- [68] 사용되는 레이저 포인터는 연속 레이저(Continuous Laser)로써 파장(Wavelength)은 532nm 이고, 출력은 200mW, 레이저 빔 직경은 약 0.5 mm를 갖는다.
- [69] nEM 분말과 BP/nEM 복합체 분말을 각각 26mg을 준비하고 알루미늄 기판상에 원형정렬(직경: 8mm) 한 후 각각의 원형으로 정렬된 분말상에 저출력 레이저포인터 빔을 원격 조사한다.
- [70] 이때, nEM 분말과 BP/nEM 복합체 분말 각각의 상압 공기 중에서 점화 및 폭발 반응을 고속카메라(Photron, FASTCAM SA3 120K)를 이용하여 30 kHz의 프레임속도로 촬영한다.
- [71] 사용된 고속카메라는 최고 프레임속도(Maximum Frame Rate)는 1,200,000 fps, 최소 프레임속도(Minimum Frame Rate)은 60fps, 센서크기(Sensor size)는 17.4mm x 17.4mm CMOS Image Sensor, 화소크기(Pixel Size) 17 μ m x 17 μ m, 작동전압 및 전력 조건은 각각 DC 22-32V, 100W, AC 100-240V, 10-60Hz, 60W 이다.
- [72] BP/nEM 복합체 분말의 폭발압력상승률 측정을 위해서 사용된 발생 압력측정기(pressure cell tester, PCT)는 압력센서(PCB piezotronics, Model No. 113A03), 신호증폭기(PCB piezotronics, Model No. 422E11), 신호변환기(PCB piezotronics, Model No. 480C02), 오실로스코프(Tektronix, TDS 2012B) 등으로 구성되어 있다.
- [73] BP/nEM 복합체 분말의 물리적 형상 특성 관찰을 위해서 사용된 SEM(Hitachi, S4700)은 작동전압 15kV에서 측정하였으며, TEM(Cs-corrected scanning transmission electron microscopy: HR-STEM, JEOL, JEM-2100F)은 전자가속전압 200 kV의 조건에서 측정한다.
- [74] 또한, 반응물질의 결정구조 관찰을 위해 XRD(Philips, X'pert PROMRD) 분석을 수행하였으며 X-ray source는 3kW, Wavelength(Cu Ka)는 1.5405, 그리고 측정각도는 10~90 degree로 조정한다.
- [75] 그리고 BP/nEM의 열적 특성을 분석하기 위해서 DSC(Setaram, Model No. LABSYS evo)를 측정온도 범위 30~1000°C, 승온속도 20°C/min로 수행한다.
- [76] 먼저, BP/nEM 복합체 분말의 합성 및 물리화학적 특성 분석에 관하여 설명하면 다음과 같다.
- [77] 이하에서 BP/nEM 복합체 분말의 물리적 구조, 반응물질간 혼합상태, 화학조성 등을 확인하기 위해서 SEM/TEM/STEM/XRD 기반 물리화학적 특성 분석을 수행하면, SEM 사진(도시하지 않음)에서는 BP/nEM의 반응물질인 Al, CuO, C, S, KNO₃의 주입자(Primary Particle)들이 비교적 균일하게 혼합되어 있고 주입자들간에 다소 약한 결합구조를 갖는 것을 관찰할 수 있다.
- [78] 이는 TEM 및 STEM(도시하지 않음)의 물리 분포 및 화학적 조성 분석결과에서 더욱 자세하게 관찰할 수 있는데, nEM(즉, Al/CuO 복합체 나노입자) 및 BP(즉, C/S/KNO₃) 기반 반응물질들이 마이크로 및 나노스케일의 거리에서 서로 균일하게 분산 혼합되어 있음을 명확하게 보여주는 것이다.

[79] BP(흑색화약)이 단독으로 반응했을 때의 화학반응식은 다음과 같이 알려져 있다.

[80] [화학식1]



[81] 흑색화약이 외부에너지의 인가에 의해 점화 및 폭발 반응하고 난 이후에는 황은 칼륨과 반응해 황화칼륨이 생성되고, 탄소는 산소와 반응해 이산화탄소 기체로 되고, 추가적으로 질소가스가 발생하게 된다.

[82] 그리고, Al 및 CuO 나노입자 기반 nEM (나노고에너지물질)이 단독으로 반응했을 때의 화학반응식은 다음과 같이 알려져 있다.

[83] [화학식2]



[84] 즉, 외부에너지 인가에 의해 연료금속 Al과 금속산화제 CuO가 점화 및 폭발 반응을 하고 난 이후에는 Al은 O와 반응하여 산화알루미늄인 Al_2O_3 를 생성하고, CuO는 열반응시 Al 연료물질에 산소를 공급해주고 순수금속인 Cu로 생성된다.

[85] 이와 같은 BP와 nEM의 점화 및 폭발 전후의 반응물과 생성물을 분석하기 위해 BP/nEM 복합체 분말에 대해 XRD 분석을 수행하면 다음과 같다.

[86] 도 3의 (a)에서 보는 바와 같이 연료금속 Al 나노입자와 금속산화제 CuO 나노입자로부터 X선 입사에 의한 Al 및 CuO 결정의 강한 신호가 관찰되었으며, BP의 구성성분인 C, S, KNO_3 결정으로부터도 강한 신호들이 혼합되어 발생하는 것을 관찰할 수 있었다.

[87] 이는 BP/nEM 복합체 분말이 본 발명에 따른 제조 과정을 통해 잘 형성되어 있는 것을 의미한다.

[88] 이러한 BP/nEM 복합체 분말을 인위적으로 점화 및 연쇄 폭발 시킨 후 생성물을 샘플링하여 XRD 분석을 수행한 결과 BP/nEM 복합체 분말의 연소 후 생성된 물질들을 도 3의 (b)에서 보는 바와 같이 관찰할 수 있었다.

[89] 그 결과 일반적으로 알려진 BP 및 nEM 각각의 열화학적 반응에 의한 생성물인 Al_2O_3 , Cu 등을 관찰할 수 있었고, 여기에 추가적으로 두 반응물질군의 열화학적 반응결합으로 생성된 것으로 판단되는 K_3NO_3 , Cu_2S , AlN, K, CuO 등도 관찰할 수 있다.

[90] 그리고 BP/nEM 복합체 분말의 열분석 및 열적 점화 시 폭발 특성에 관하여 설명하면 다음과 같다.

[91] 본 발명에 따른 방법으로 제조한 BP/nEM 복합체 분말의 열적 특성을 DSC(Differential Scanning Calorimeter)를 이용하여 먼저 분석하면 다음과 같다.

[92] 도 4의 BP 분말, nEM 분말, BP/nEM 복합체 분말의 DSC 상대적 분석 결과에서 보는 바와 같이 BP(C/S/ KNO_3) 분말은 비교적 낮은 온도인 약 300-350°C 부근에서 점화가 시작되고 발열반응이 일어났으며, nEM(Al/CuO) 분말의 경우 약

500-560°C 부근에서 점화되고 발열반응이 발생하였으며, BP/nEM 복합체 분말의 경우에는 약 300°C 부근에서 BP의 점화가 시작되고 이로 인해 점진적으로 발열반응이 비교적 낮은 온도에서 발생하여 500-560°C 부근에서 극대화된 후 점차적으로 감소하는 것을 확인할 수 있다.

- [93] 열에너지발생량을 적분하여 각각의 반응물질에서 발생하는 총 발열량을 계산한 결과 BP 분말의 경우에는 0.24 kJ/g, nEM 분말의 경우에는 2.28 kJ/g, BP/nEM 복합체 분말의 경우에는 3.24 kJ/g으로 결정되었다.
- [94] 다음으로 상대적인 비교를 위해 BP 분말, nEM 분말, BP/nEM 복합체 분말을 각각 공기 중에서 우선 텅스텐 코일의 저항열을 이용한 열적 점화하여 폭발반응 특성을 압력 측정셀(Pressure Cell Tester, PCT)과 고속카메라를 이용하여 관찰하면 다음과 같다.
- [95] BP/nEM 복합체 분말의 열적 점화 시 발생하는 최대 압력을 압력센서 시스템을 통해 측정하고 최대압력 상승과 경과 시간의 비를 이용하여 압력상승률(Pressurization Rate)을 결정하고, 또한 폭발반응의 고속카메라 측정 기반 동영상 및 정지이미지 분석을 통해 점화지연시간(Ignition Delay Time), 연소율(Burn Rate), 총연소시간(Total Burning Time) 등을 결정한다.
- [96] 도 5에서 보는 PCT 측정결과와 같이 각 분말별 전기코일에 의한 열적 점화 시 최대 폭발압력은 각각 0.16 MPa@BP, 1.43 MPa@nEM, 1.39 MPa@BP/nEM 이고, 최대폭발압력까지 경과된 시간은 각각 0.0592s@BP, 0.00152s@nEM, 0.0035@BP/nEM으로 나타났다.
- [97] 이를 통해 최종적으로 결정된 각 분말별 압력상승률(Pressurization Rate)은 각각 2.7 MPa/s@BP, 945.4 MPa/s@nEM, 398 MPa/s @BP/nEM로 나타났다.
- [98] BP/nEM 복합체 분말의 저출력 레이저 포인터 빔 점화 시 폭발 특성을 설명하면 다음과 같다.
- [99] 200mW 저출력 레이저 포인터 빔을 조사하여 원판형으로 정렬된 nEM 분말 및 BP/nEM 복합체 분말의 점화 및 폭발 가능성을 테스트 하면 다음과 같다.
- [100] 예를 들어, 레이저 포인터와 분말간의 거리가 약 30cm 정도 떨어진 경우에는 nEM 분말과 BP/nEM 복합체 분말 모두 안정성 있게 반복적으로 레이저 포인터 빔 조사에 의해 성공적으로 점화 및 폭발 현상이 일어났다.
- [101] 하지만, 레이저 포인터와 분말간의 거리가 약 50cm 정도 떨어진 경우에는 BP/nEM 복합체 분말의 경우는 순식간에 점화 및 폭발 현상이 일어났으나, nEM 분말의 경우는 장시간 레이저 포인터 빔을 조사하여도 점화 및 폭발 현상이 발생하지 않았다.
- [102] 이는 레이저 포인터 빔의 조사에 의해 순수한 nEM 분말은 충분한 초기 점화열을 발생하지 못하여 점화에 이르지 못한 것으로 판단할 수 있다.
- [103] 추가적으로 200 mW 저출력 레이저 포인터 빔에 의한 nEM 분말 및 BP/nEM 복합체 분말(BP : nEMs = 2.3 : 7.7의 혼합비 구성)의 원격 점화와 공기 중에서의 폭발 화염이 전파되는 특성을 정밀하게 분석하기 위해서 고속카메라 측정 및

정지이미지를 분석하면 다음과 같다.

- [104] 도 6 및 도 7에 주어진 고속카메라 측정 정지이미지 결과를 바탕으로 nEM 및 BP/nEM 복합체 분말의 점화지연시간(Ignition Delay Time), 총 연소시간(Total Burning Time), 연소율(Burn Rate) 등을 결정하였다.
- [105] 여기서, nEM 분말 및 BP/nEM 분말의 점화지연시간(Ignition Delay Time)은 레이저 포인터 빔이 nEM 분말 및 BP/nEM 복합체 분말 시료 표면에 도달하여 초기 점화가 시작되기 직전까지 걸린 총시간을 의미하고, 총 연소시간(Total Burning Time)은 점화직후부터 생성된 폭발화염이 완전히 사라질 때까지 걸린 시간을 의미하며, 연소율(Burn Rate)은 레이저 포인터 빔의 조사에 의해서 생성된 화염이 원관형으로 정렬된 nEM 분말 혹은 BP/nEM 복합체 분말 시료의 중앙에서 출발하여 시료 양 끝에 도달하는데 걸리는 총시간으로 나누어 결정되었다.
- [106] 도 6 및 도 7의 결과에서 공통적으로 보이는 바와 같이 우선 nEM 분말과 BP/nEM 복합체 분말이 저출력 연속 레이저 포인터 빔 조사에 의해 분말 종류별로 특정 거리 영역에서 성공적으로 점화 및 폭발 반응이 유도됨을 확인 할 수 있었다.
- [107] 즉, nEM 분말과 BP/nEM 복합체 분말이 저출력 레이저 포인터 빔에 노출되었을 때 레이저 광 에너지 흡수 후 일정시간이 경과하고 나면 지역적인 점화 현상이 발생하고, 초기 열에너지가 이웃하고 있는 nEM 분말 입자로 점차적으로 전달되면서 고온의 화염이 발생하여 최종적으로 거시적인 연소 및 폭발 현상으로 나타나게 된다.
- [108] 먼저, 레이저 포인터 빔을 nEM 분말과의 거리를 변화하면서 점화시킨 결과는 도 8에서와 같다.
- [109] 레이저 포인터 빔과 nEM 분말 간 거리가 최고 40cm 까지는 레이저 빔 조사 시 일정시간 경과 후 점화가 일어났으나, nEM 분말과는 다르게 도 9에 보이는 것처럼 BP/nEM 복합체 분말의 경우는 동일한 광 에너지 조사에 대해 최고 70cm 까지도 일정시간 경과 후 점화가 일어나는 것을 관찰할 수 있었다.
- [110] 결국 이것은 BP 내부에 포함된 C/S/ KNO_3 구성물질들이 비교적 낮은 레이저광 에너지 흡수에 의해 발생된 열에 의해서도 점화되고 이러한 국지적인 초기 점화열이 주변에 있는 nEM에 차츰 전달되어 연쇄적으로 폭발하였기 때문인 것으로 판단된다.
- [111] nEM 분말과 BP/nEM 복합체 분말의 레이저 포인터 빔 점화에 의한 폭발 특성 수치를 비교 정리하면 표 1에서와 같다.
- [112] 표 1에 나타난 바와 같이 레이저 포인터와 분말간의 거리가 증가할수록 분말표면에 닿는 레이저 빔 에너지(Laser power per unit area)의 크기가 선형적으로 감소하는 것을 관찰할 수 있다.
- [113] 레이저 포인터 빔 에너지의 크기를 빔의 면적으로 나눈 단위면적당 에너지의 크기를 바탕으로 보면 nEM 분말이 연소하기 위한 최소 단위면적당 에너지는 약

600 mW/mm² 이상이어야 하고, BP/nEMs 복합체 분말이 연소하기 위해 필요한 최소 단위면적당 에너지는 약 400 mW/mm² 이상이어야 하는 것으로 판단된다.

[114] 이 결과를 바탕으로 BP를 첨가함으로써 나노고에너지물질의 점화 및 폭발에 최소로 필요한 단위면적당 레이저 빔 에너지를 1/3정도 감소시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

[115] 또한, 표 1에서 분말과 광원의 거리가 증가함에 따라 단위면적당 레이저 빔 에너지의 크기가 줄어들고, 이에 따라 nEM 분말과 BP/nEM 복합체 분말의 초기 점화지연시간이 매우 증가하는 것을 관찰할 수 있는데, 이는 결국 광 에너지의 흡수에 의한 초기 점화에 필요한 온도상승에 nEM 혹은 BP/nEM 분말 모두 최소한의 점화시간이 필요함을 의미한다.

[116] 하지만, 분말과 광원사이의 거리가 증가하여 초기 점화지연시간이 길어지더라도 nEM 혹은 BP/nEM 분말이 일단 초기 점화되면 분말의 연소속도나 총 연소시간 등은 크게 변화되지 않는 것으로 보아 레이저 포인터 빔에 의해 초기 점화 후 nEM 분말과 BP/nEM 복합체 분말의 연소 및 폭발 반응속도는 초기에 조사되는 레이저 포인터 빔의 광학적 점화 에너지에 의해 크게 영향을 받지 않는 것으로 판단된다.

[117] 표 1은 200mW 레이저 포인터 빔 조사에 의한 nEM 분말 및 BP/nEM 복합체 분말의 거리별 단위면적당 레이저 출력값과 점화지연시간(Ignition Delay Time), 총연소시간(Total Burning Time) 및 연소율(Burn Rate) 측정 결과를 나타낸 것이다.

[118] [표1]

Distance between nEM and laser pointer (cm)	Absolute laser power (mW)	Laser beam area (mm ²)	Laser power per unit area (mW/mm ²)	Ignition delay time (ms)		Total burning time (ms)		Burn rate (m/s)	
				nEM	BP/nEM	nEM	BP/nEM	nEM	BP/nEM
10	200	0.20	1,000	191	47	10.13	39.23	69.5	48.3
20	200	0.24	833	227	53	9.73	40.26	65.6	46.2
30	200	0.28	714	262	59	9.83	38.82	69.5	50.8
40	200	0.33	606	304	63	10.06	43.54	66.6	49.5
50	200	0.38	526	No Ignition	68	No Burning	40.67	N/A	50.8
60	200	0.44	454	No Ignition	75	No Burning	41.94	N/A	48.7
70	200	0.50	400	No Ignition	83	No Burning	39.34	N/A	45.2
80	200	0.57	350	No Ignition	No ignition	No Burning	No Burning	N/A	N/A

[119] 그리고 도 8은 nEM 분말과 BP/nEM 복합체 분말의 저출력 레이저 포인터 빔에 의한 점화 및 연소 특성 결과 그래프를 나타낸 것으로, (a)점화지연시간(ignition delay time), (b)연소율(burn rate), 그리고 (c)총 연소시간(Total burning time)이다.

[120] 도 8은 nEM 분말 및 BP/nEM 복합체 분말과 레이저 포인터 사이의 거리에 따른

점화지연시간, 연소율, 총 연소시간을 그래프로 정리하여 나타낸 것이다.

- [121] 도 8(a)에서와 같이 nEM 분말의 경우 점화지연시간의 경우 191 ms@10 cm, 227 ms@20 cm, 262 ms@30 cm, 304 ms@40 cm 로 레이저 포인터와 nEM 분말 간 거리가 증가함에 따라 점화지연시간(Ignition Delay Time)도 동일하게 길어지는 것을 확인할 수 있다.
- [122] 동일하게 BP/nEM 복합체 분말의 경우도 47 ms@10 cm, 53 ms@20 cm, 59 ms@30 cm, 63 ms@40 cm, 68 ms@50 cm, 75 ms@60 cm, 83 ms@70 cm와 같이 레이저 포인터와 BP/nEM 복합체 분말간의 거리가 증가할수록 점화지연시간이 증가되었다.
- [123] 여기서, nEM 분말보다 BP/nEM 복합체 분말에서 전체적으로 점화지연시간이 비교적 짧은 이유는 nEM 기지내에 첨가되어 있는 BP가 점화 및 연소 반응을 일으키는데 필요로 하는 초기 점화 에너지가 비교적 적게 요구되기 때문인 것으로 판단된다.
- [124] 하지만, BP/nEM 복합체 분말의 점화지연시간 vs. 레이저 포인터-분말간 거리의 기울기가 nEM 분말의 경우보다 완만하게 나타나는 것으로 보아 단위면적당의 레이저 포인터 빔의 세기에 대해 주어진 거리 영역인 10-70 cm에서는 덜 민감한 것을 확인할 수 있다.
- [125] 이는 BP가 포함되지 않은 nEM 분말의 경우 레이저 포인터로 점화할 수 있는 레이저 빔의 세기영역이 매우 제한되어 있지만, 반면에 BP의 첨가로 인해 BP/nEM 복합체 분말의 경우는 레이저 빔에 의한 점화 가능영역이 매우 넓어졌음을 의미한다.
- [126] 하지만, 도 8(b)와 (c)에서와 같이 연소율(Burn Rate)과 총 연소시간(Total Burning Time)은 nEM 및 BP/nEM 분말의 경우 모두 레이저 포인터 빔과 분말사이의 거리가 증가하여도 눈에 띄게 변화하는 양상을 보이지 않고 있으므로, 레이저 포인터 빔에 의한 나노고에너지 분말의 지역적인 점화 시 연속적인 연소 및 폭발 반응은 매우 빠르게 진행되어 거시적인 영역에서는 그 차이가 크게 나타나지 않는 것을 알 수 있다.
- [127] nEM 분말과 BP/nEM 복합체 분말의 저출력 레이저 포인터 빔 점화 결과를 최종적으로 비교하면, nEM 분말에 비해 BP/nEM 복합체 분말은 연소율이 상대적으로 낮고 총 연소시간이 상대적으로 길지만, 점화지연시간은 상대적으로 짧고 더욱 폭넓은 거리영역에서 저출력 레이저 포인터 빔에 의한 점화 가능한 것을 분명하게 알 수 있다.
- [128] 이러한 결과는 나노고에너지물질(nEM) 분말 내에 흑색화약(BP)의 첨가로 인해 비교적 저출력인 레이저 포인터 빔의 조사를 이용하여 나노고에너지물질(nEM)의 광학적 점화에 의한 응용 분야를 열공학 전반으로 넓힐 수 있는 것을 의미한다.
- [129] 이상에서의 설명에서와 같이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명이 구현되어 있음을 이해할 수 있을 것이다.

- [130] 그러므로 명시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 하고, 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구 범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

산업상 이용가능성

- [131] 본 발명은 나노고에너지 물질 복합체에 관한 것으로, 구체적으로 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말에 흑색화약분말(Black Powder)을 첨가하여 원격 광학 점화가 가능하도록 한 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체 및 그의 제조 방법에 관한 것이다.

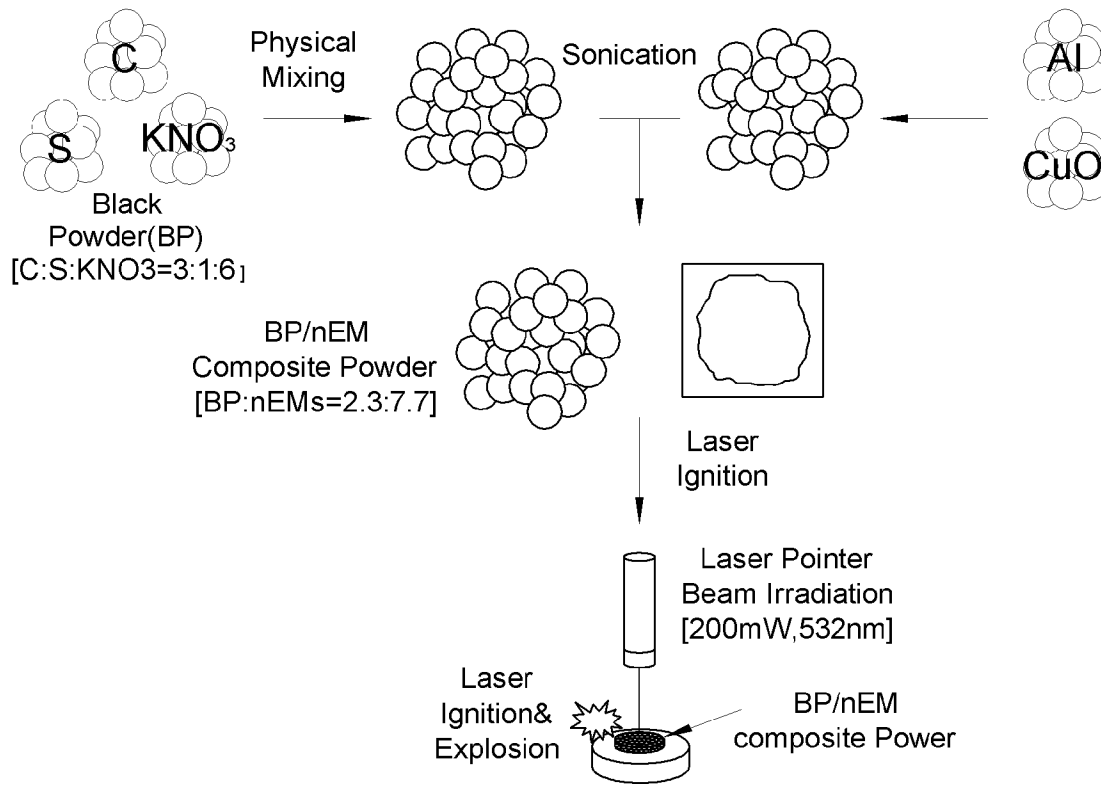
청구범위

- [청구항 1] 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말;
나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말에 혼합되어, 레이저 포인터 빔에 반응하여 점화가 시작되고 그 점화열에 의해 나노고에너지물질이 연속점화 및 연쇄 폭발되도록 하는 초기 점화용 매개체로 사용되는 흑색화약분말(Black Powder);을 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서, 흑색화약분말(Black Powder)은,
레이저 포인터의 출력 $< 1,500 \text{ mW/mm}^2$ 영역의 조건에서 초기 점화용 매개체로 사용되는 것을 특징으로 하는 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서, 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말은,
연료(Fuel) 물질로 알루미늄(Al) 나노입자를 사용하고, 산화제(Oxidizer) 물질로는 산화구리(CuO) 나노입자를 사용하여 두 물질이 혼합된 것을 특징으로 하는 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서, 흑색화약분말(Black Powder)은,
탄소(C), 황(S), 질산칼륨(KNO_3)이 혼합된 것을 특징으로 하는 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체.
- [청구항 5] 제 1 항에 있어서, 레이저 포인터 빔을 조사하는 원격 점화시에,
폭발 압력상승률(Pressurization Rate), 연소율(Combustion Rate), 점화지연 시간(Ignition Delay Time), 총 연소시간(Total Burning Time)을 기준으로 레이저 포인터의 출력 크기 및 조사 거리를 제어하는 것을 특징으로 하는 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체.
- [청구항 6] 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말을 혼합하는 단계;
흑색화약분말(Black Powder)을 혼합하는 단계;
상기 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말에, 레이저 포인터 빔에 반응하여 점화가 시작되고 그 점화열에 의해 나노고에너지물질이 연속점화 및 연쇄 폭발되도록 하는 흑색화약분말(Black Powder)을 혼합하여 나노고에너지물질/흑색화약 복합체 분말을 만드는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체의 제조 방법.
- [청구항 7] 제 6 항에 있어서, 흑색화약분말(Black Powder)은,
레이저 포인터의 출력 $< 1,500 \text{ mW/mm}^2$ 영역의 조건에서 초기 점화용 매개체로 사용되는 것을 특징으로 하는 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체의 제조 방법.
- [청구항 8] 제 6 항에 있어서, 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말은,

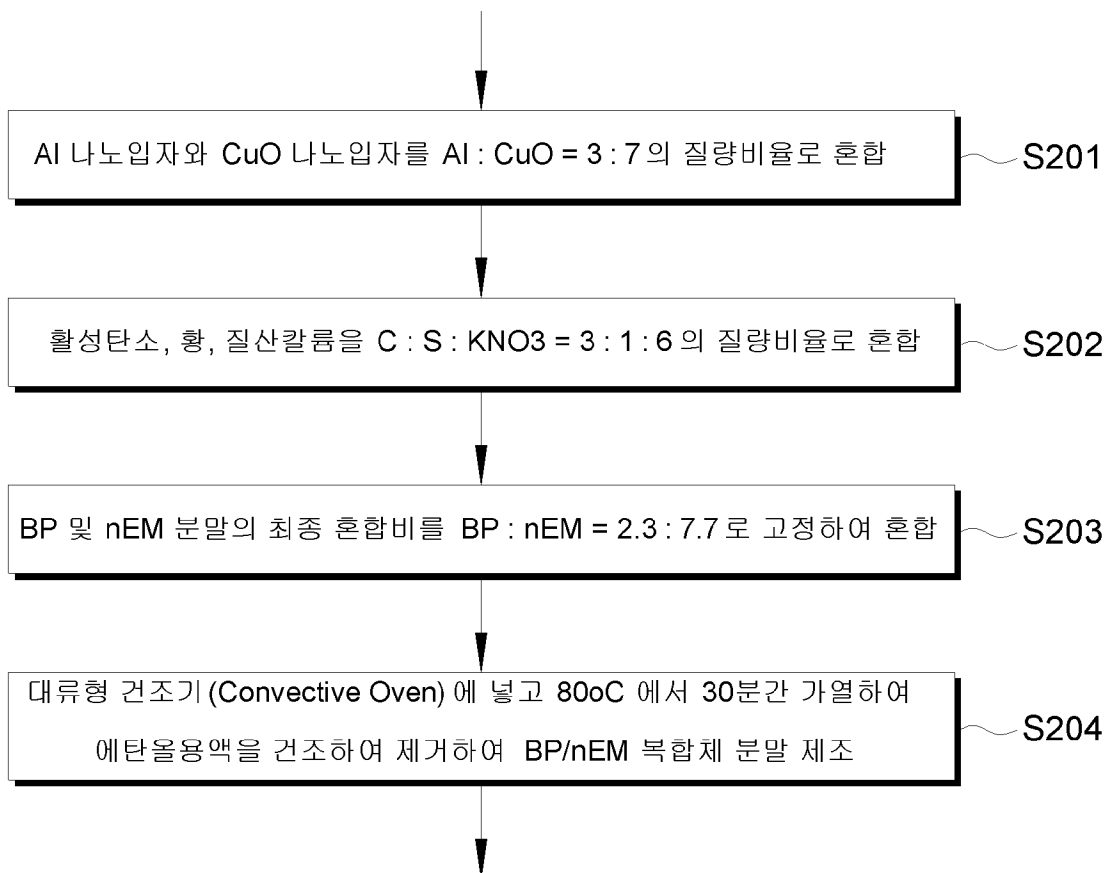
연료(Fuel) 물질로 알루미늄(Al) 나노입자를 사용하고, 산화제(Oxidizer) 물질로는 산화구리(CuO) 나노입자를 사용하여 두 물질을 혼합하는 것을 특징으로 하는 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체의 제조 방법.

- [청구항 9] 제 6 항에 있어서, 흑색화약분말(Black Powder)은, 탄소(C), 황(S), 질산칼륨(KNO_3)을 혼합하는 것을 특징으로 하는 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체의 제조 방법.
- [청구항 10] 제 6 항에 있어서, 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말을 혼합하는 단계에서, Al 나노입자와 CuO 나노입자를 $\text{Al} : \text{CuO} = 3 : 7$ 의 질량비율로 혼합하는 것을 특징으로 하는 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체의 제조 방법.
- [청구항 11] 제 6 항에 있어서, 흑색화약분말(Black Powder)을 혼합하는 단계에서, 활성탄소, 황, 질산칼륨을 $\text{C} : \text{S} : \text{KNO}_3 = 3 : 1 : 6$ 의 질량비율로 혼합하는 것을 특징으로 하는 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체의 제조 방법.
- [청구항 12] 제 6 항에 있어서, 나노고에너지물질/흑색화약 복합체 분말을 만드는 단계에서, 흑색화약분말(BP)과 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말을 $\text{BP} : \text{nEM} = 2.3 : 7.7$ 의 질량비율로 혼합하는 것을 특징으로 하는 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체의 제조 방법.
- [청구항 13] 제 6 항에 있어서, 나노고에너지물질(nEM) 복합체 분말을 혼합하는 단계 및 흑색화약분말(Black Powder)을 혼합하는 단계에서 구성 물질들의 혼합 비율은, 나노고에너지물질/흑색화약 복합체 분말의 폭발 압력상승률(Pressurization Rate), 연소율(Combustion Rate), 점화지연 시간(Ignition Delay Time), 총 연소시간(Total Burning Time)을 기준으로 변화되는 것을 특징으로 하는 광학 점화에 의한 폭발 특성을 갖는 나노고에너지 물질 복합체의 제조 방법.

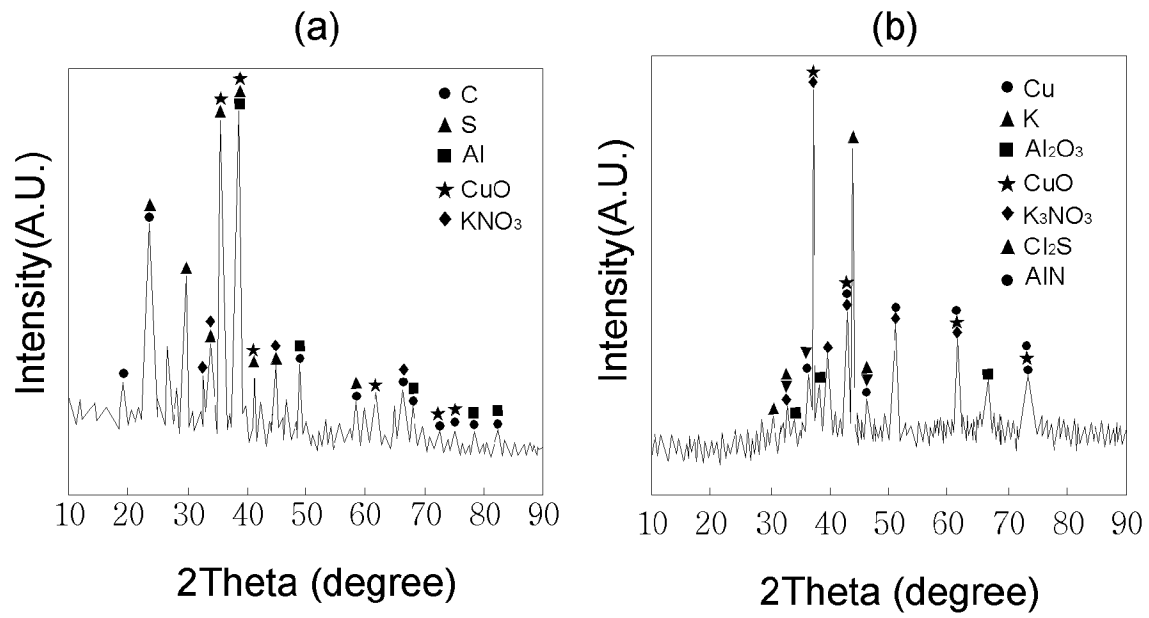
[도1]



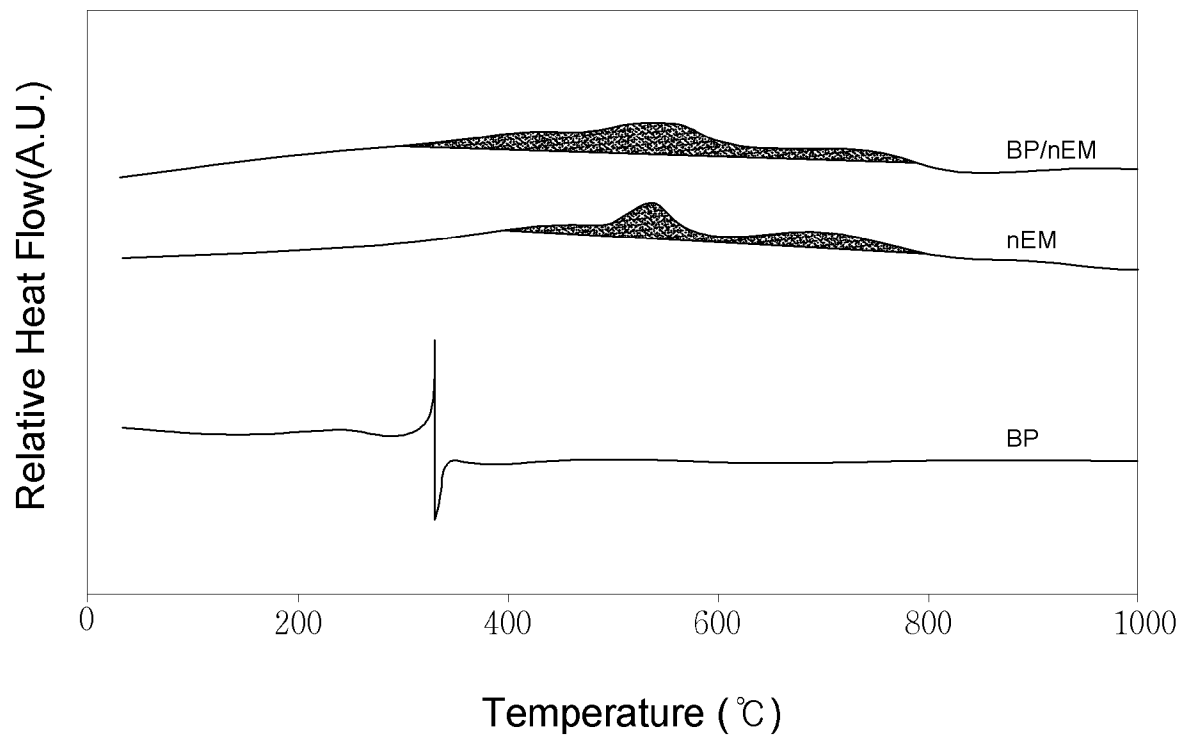
[도2]



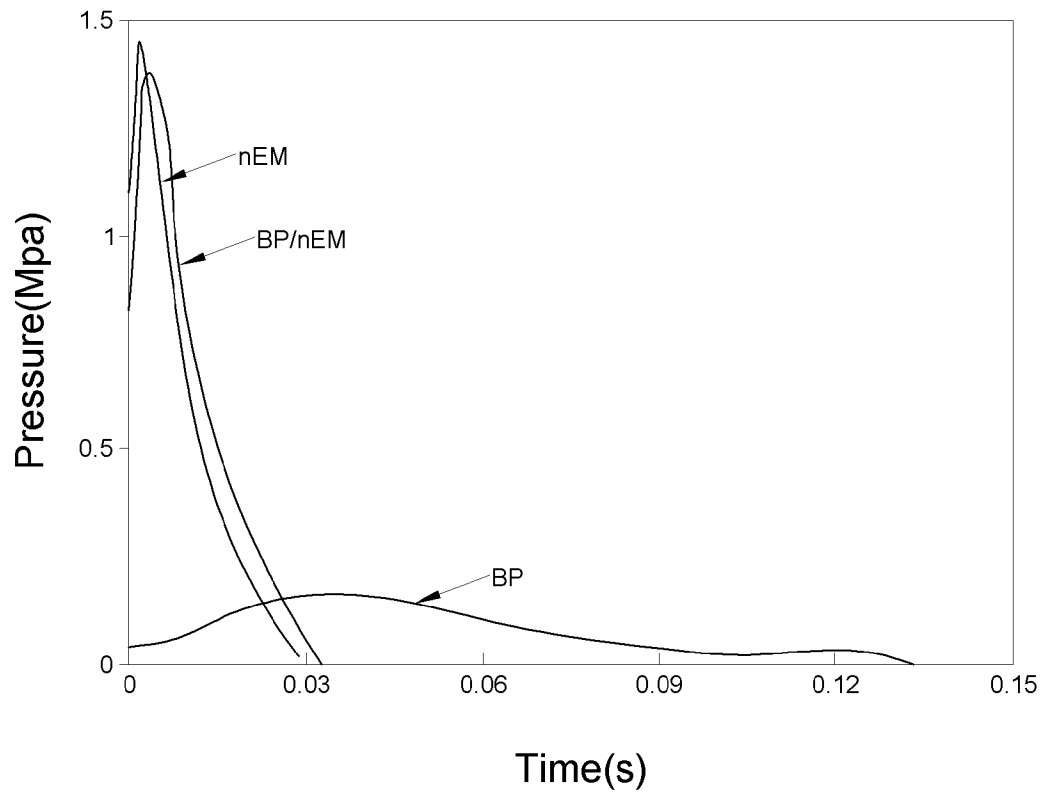
[도3]



[도4]



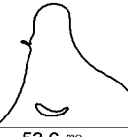
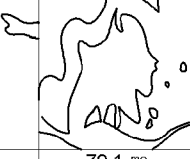
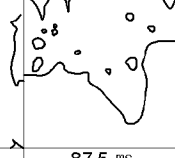
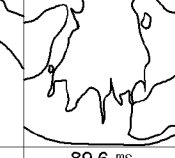
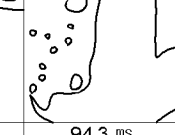
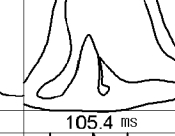
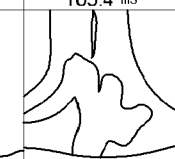
[도5]



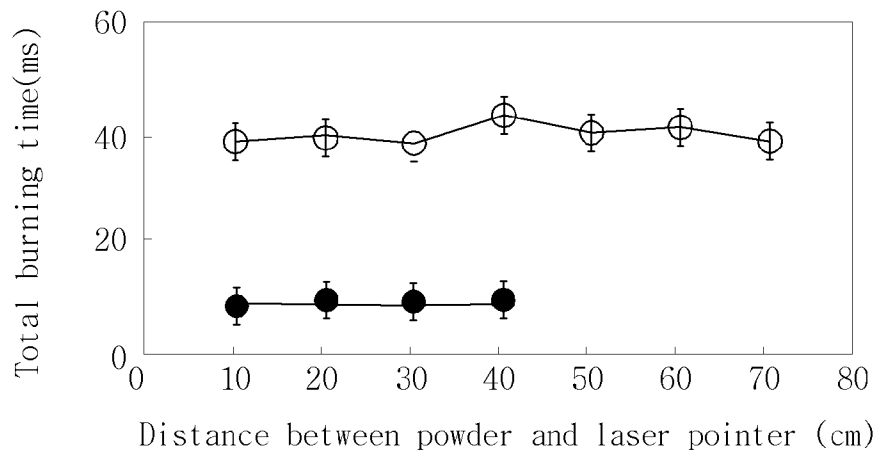
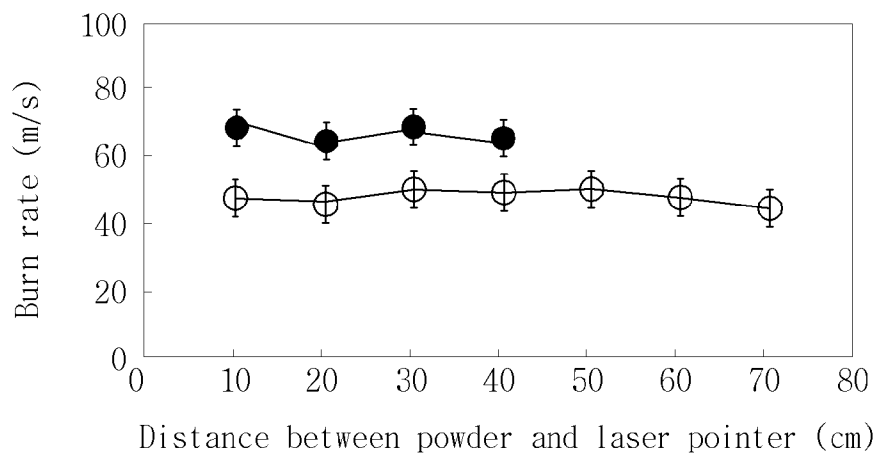
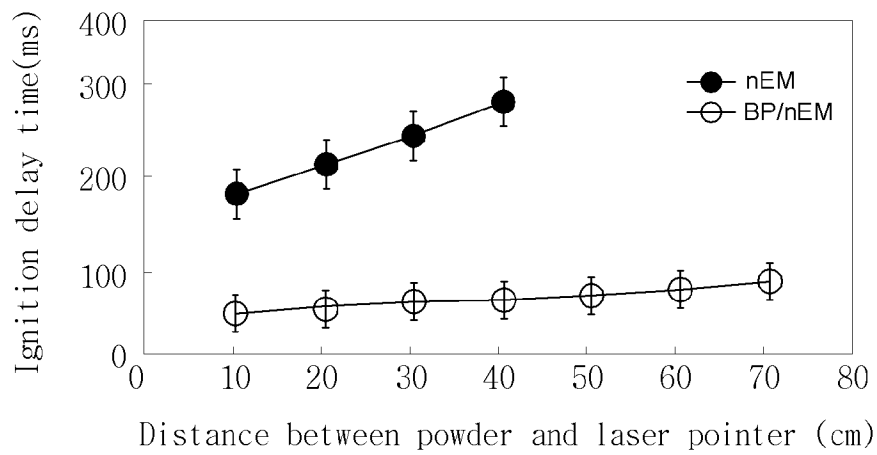
[도6]

거리 (cm)	경과별 nEM 분말의 레이저 포인터 빔 전화 분석 사진					
10	0 ms	192.0 ms	192.1 ms	192.2 ms	192.4 ms	198.3 ms
20	0 ms	200.0 ms	228 ms	228.2 ms	228.4 ms	236.3 ms
30	0 ms	200.0 ms	263 ms	263.2 ms	263.4 ms	271.3 ms
40	0 ms	200.0 ms	300.0 ms	305.0 ms	305.3 ms	313.3 ms

[도7]

거리 (cm)	경과시간별 BP/nFM 복합체 분말의 레이저 포인터 빔 점화 분석 사진					
10	0 ms	40.0	47.0 ms	47.6 ms	48.3 ms	77.7 ms
						
20	0 ms	50.0 ms	53.0 ms	53.6 ms	54.2 ms	79.1 ms
						
30	0 ms	50.0 ms	59.0 ms	59.6 ms	61.2 ms	87.5 ms
						
40	0 ms	60.0 ms	63.0 ms	63.6 ms	64.2 ms	89.6 ms
						
50	0 ms	60.0 ms	68.0 ms	68.4 ms	69.2 ms	94.3 ms
						
60	0 ms	70.0 ms	75.0 ms	75.7 ms	77.7 ms	105.4 ms
						
70	0 ms	80.0 ms	83.0 ms	83.8 ms	86.1 ms	114.2 ms
						

[도8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2015/014577**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****C06B 27/00(2006.01)i, C06C 7/00(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)

C06B 27/00; B82B 1/00; C06B 45/18; C06B 33/00; C01F 7/00; C04B 35/56; F42B 3/113; C06B 33/04; C06C 7/00

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) & Keywords: optics, laser, explosion, gunpowder, nano energetic material, black gunpowder

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-1471998 B1 (PUSAN NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION) 15 December 2014 See abstract; and claims 1-4.	1-13
Y	JP 2001-082900 A (CHUGOKU KAYAKU KK.) 30 March 2001 See abstract; and claim 1.	1-13
Y	KR 10-2009-0018735 A (KIM, Sung - Kyung) 23 February 2009 See abstract; and paragraph [0153].	4,9
A	KR 10-2009-0114091 A (RESEARCH & BUSINESS FOUNDATION SUNGKYUNKWAN UNIVERSITY et al.) 03 November 2009 See abstract; and claims 1-6.	1-13
A	KR 10-2005-0006670 A (KANG, Seung - Pyo) 17 January 2005 See abstract; and claim 1.	1-13



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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 APRIL 2016 (19.04.2016)

Date of mailing of the international search report

19 APRIL 2016 (19.04.2016)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 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/KR2015/014577

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-1471998 B1	15/12/2014	NONE	
JP 2001-082900 A	30/03/2001	JP 4285854 B2	24/06/2009
KR 10-2009-0018735 A	23/02/2009	NONE	
KR 10-2009-0114091 A	03/11/2009	KR 10-0940044 B1	04/02/2010
KR 10-2005-0006670 A	17/01/2005	NONE	

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

C06B 27/00(2006.01)i, C06C 7/00(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

C06B 27/00; B82B 1/00; C06B 45/18; C06B 33/00; C01F 7/00; C04B 35/56; F42B 3/113; C06B 33/04; C06C 7/00

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: 광학, 레이저, 폭발, 화약, 나노고에너지물질, 흑색화약분말

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-1471998 B1 (부산대학교 산학협력단) 2014.12.15 요약; 및 청구항 1-4 참조.	1-13
Y	JP 2001-082900 A (CHUGOKU KAYAKU KK) 2001.03.30 요약; 및 청구항 1 참조.	1-13
Y	KR 10-2009-0018735 A (김성경) 2009.02.23 요약; 및 단락 [0153] 참조.	4,9
A	KR 10-2009-0114091 A (성균관대학교산학협력단 등) 2009.11.03 요약; 및 청구항 1-6 참조.	1-13
A	KR 10-2005-0006670 A (강승표) 2005.01.17 요약; 및 청구항 1 참조.	1-13

☐ 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

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2016년 04월 19일 (19.04.2016)

국제조사보고서 발송일

2016년 04월 19일 (19.04.2016)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



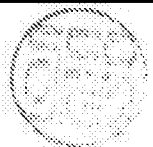
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

이동욱

전화번호 +82-42-481-8163



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1471998 B1	2014/12/15	없음	
JP 2001-082900 A	2001/03/30	JP 4285854 B2	2009/06/24
KR 10-2009-0018735 A	2009/02/23	없음	
KR 10-2009-0114091 A	2009/11/03	KR 10-0940044 B1	2010/02/04
KR 10-2005-0006670 A	2005/01/17	없음	