



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년05월10일

(11) 등록번호 10-2250304

(24) 등록일자 2021년05월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B82B 3/00 (2017.01) A01N 25/28 (2006.01)

A01N 59/16 (2006.01) C01G 3/00 (2006.01)

C01G 5/00 (2006.01) B82Y 40/00 (2017.01)

B82Y 5/00 (2017.01)

(52) CPC특허분류

B82B 3/0009 (2013.01)

A01N 25/28 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0149652

(22) 출원일자 2019년11월20일

심사청구일자 2019년11월20일

(56) 선행기술조사문헌

KR101610329 B1\*

KR1020120126359 A\*

KR1020180053086 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

영남대학교 산학협력단

경상북도 경산시 대학로 280 (대동)

(72) 발명자

변정훈

경상북도 경산시 대학로 280 (대동, 영남대학교) 기계관 205호

황정호

서울특별시 강남구 도곡로13길 19, 102동 901호(역삼동, 역삼동 롯데캐슬 노블)

박대훈

서울특별시 영등포구 63로 45, 2동 26호(여의도동, 여의도시범아파트)

(74) 대리인

특허법인다나

전체 청구항 수 : 총 9 항

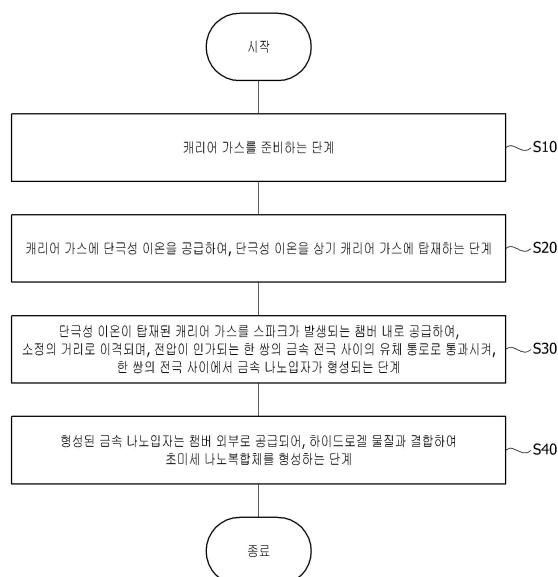
심사관 : 양정화

(54) 발명의 명칭 초미세 나노복합체의 제조 방법

## (57) 요약

본 출원은 초미세 나노복합체의 제조 방법에 관한 것으로서, 초미세 나노복합체를 균일하고 지속적으로 예측가능하게 제조하여, 응용 분야에서 미리 설계된 방향에 따라 효율적으로 적용할 수 있는 초미세 나노복합체의 제조 방법에 관한 것이다.

## 대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**A01N 59/16** (2013.01)

**C01G 3/00** (2013.01)

**C01G 5/00** (2013.01)

**B82Y 40/00** (2013.01)

**B82Y 5/00** (2013.01)

**C01P 2004/64** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	FD170006
부처명	서울특별시
과제관리(전문)기관명	서울산업진흥원
연구사업명	미세먼지 저감 기술개발 지원사업
연구과제명	IoT 기반 공사장 비산먼지 모니터링 및 저감 솔루션 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	(주)옴니센스
연구기간	2018.11.01 ~ 2019.10.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2018R1A2A1A05020683
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	재단법인 한국연구재단
연구사업명	중견연구자지원사업
연구과제명	전기방사/열공정을 이용한 초다공성 항바이러스 활성탄소섬유 생산 및 에어로졸 기
법을 이용한 성능평가	
기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2019.03.01 ~ 2020.02.29

공지예외적용 : 있음

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

챔버 내에서 금속나노입자를 형성하고 챔버 외에서 초미세 나노복합체의 제조 방법으로서,  
캐리어 가스를 준비하는 단계;

상기 캐리어 가스에  $1 \times 10^6$  ions/cm<sup>3</sup> 내지  $1 \times 10^7$  ions/cm<sup>3</sup> 농도의 단극성 이온을 공급하여, 상기 단극성 이온을 상기 캐리어 가스에 탑재하는 단계;

상기 단극성 이온이 탑재된 캐리어 가스를 스파크가 발생되는 챔버 내로 공급하여, 소정의 거리로 이격되며, 전압이 인가되는 한 쌍의 금속 전극 사이의 유체 통로로 통과시켜, 상기 한 쌍의 전극 사이에서, 유체 통로 내의 기체 및 금속 나노입자는 단극성으로 하전된 평균 직경이 3 nm 이하(0은 제외)이며, 원자수가 200 개 이하인 금속 나노입자가 형성되는 단계; 및

상기 형성된 금속 나노입자는 상기 챔버 외부로 공급되어, 하이드로겔 물질과 결합하여, 초미세 나노복합체를 형성하는 단계를 포함하고 상기 챔버 내에 위치하는 단극성 이온 공급부는 초미세 나노복합체의 제조 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 캐리어 가스는 질소 또는 불활성 가스인 초미세 나노복합체의 제조 방법.

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

삭제

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 하이드로겔은 단백질, 펩티드, 지질, 생체 분자 및 합성 고분자로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나를 포함하는 초미세 나노복합체의 제조 방법.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 금속 나노입자는 하이드로겔 용액내에 침지되는 공정을 통해, 상기 금속 나노입자의 표면에 하이드로겔 코팅층이 형성되어, 하이드로겔 물질과 결합하는 초미세 나노복합체의 제조 방법.

#### 청구항 8

제 1 항의 제조 방법에 의하여 형성된 초미세 나노복합체로서, 코어-셸 구조를 가지며,

상기 코어는 금속 나노입자이며, 상기 셸은 하이드로겔을 포함하고, 상기 금속 나노입자의 평균직경은 3 nm 이하(0은 초과)이며, 상기 금속 나노입자의 원자수는 200 개 이하인 초미세 나노복합체

## 청구항 9

유입구 및 배출구를 구비하며, 내부에서 스파크를 발생시키는 챔버;

상기 챔버 내에 위치되며, 소정의 간격으로 이격되어, 유체 통로를 형성하는 한 쌍의 금속 전극;

상기 유체 통로를 통과하며, 상기 한 쌍의 금속 전극에 전압이 인가될 때, 생성된 금속 나노입자를 단극성 이온으로 하전하는  $1 \times 10^6$  ions/cm<sup>2</sup> 내지  $1 \times 10^7$  ions/cm<sup>2</sup> 농도의 단극성 이온을 공급하며, 상기 챔버 내에 위치하는 단극성 이온 공급부;

상기 유입구를 통해 진입하며, 상기 단극성 이온에 캐리어 가스를 공급하는 캐리어 가스 공급부; 및

상기 배출구를 통하여 챔버 외부로 공급되는 금속 나노입자가 침지되어, 하이드로겔 코팅층이 형성되는 하이드로겔 수조를 포함하고,

상기 유체 통로 내의 기체 및 금속 나노입자는 단극성으로 하전되며,

상기 금속 나노입자의 평균직경은 3 nm 이하(0은 초과)이며, 상기 금속 나노입자의 원자수는 200 개 이하인 초미세 나노복합체의 제조 장치.

## 청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 챔버에서 스파크가 발생되도록 플라즈마를 공급하는 플라즈마 공급부를 추가로 포함하는 초미세 나노복합체의 제조 장치.

## 청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 캐리어 가스는 질소 또는 불활성 가스인 초미세 나노복합체의 제조 장치.

## 청구항 12

삭제

## 청구항 13

제 9 항에 있어서,

상기 하이드로겔은 단백질, 펩티드, 지질, 생체 분자 및 합성 고분자로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나를 포함하는 초미세 나노복합체의 제조 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 출원은 초미세 나노복합체의 제조 방법에 관한 것으로서, 초미세 나노복합체를 균일하고 지속적으로 예측가능하게 제조하여, 응용 분야에서 미리 설계된 방향에 따라 효율적으로 적용할 수 있는 초미세 나노복합체의 제조 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 박테리아가 부착되거나 이 후 성장하는 것은 인간 건강, 바이오 공학, 바이오 산업 분야에서 큰 문제가 되고 있다. 또한, 종래의 항생제에 대한 내성이 증가되고 있기 때문에, 넓은 스펙트럼의 박테리아와 미생물을 억제하기 위한 대체 물질에 대한 요구가 지속되고 있다.

[0003] 이러한 요구에 따라 몇몇 기술들이 제안되었으며, 그 중 다제내성 박테리아(multidrug-resistant (MDR) bacteria)를 포함한 미생물에 대한 항균성이 우수한 물질들이 개발되었다. 그러나, 이러한 물질을 제제하기 위한 절차가 상당히 복잡하고, 투입되는 시간 또한 지나치게 많이 소요되어, 경제성이 현저히 떨어졌다.

- [0004] 또한, 10 나노미터에서 100 나노미터 정도의 무기 나노입자가 새로운 대안으로 제시되었다. 이러한 무기 나노입자는 넓은 범위의 스펙트럼의 박테리아에 적용가능하고, 경제성도 우수하였다. 이러한 나노입자의 응용분야에는 수처리, 생물부착 방지, 감염 질병 치료 등을 포함하였다. 특히, 은이나 구리 나노입자는 나노입자의 표면으로부터 방출되는 은 이온 또는 구리 이온과 박테리아의 막단백질과 상호작용하여 넓은 범위의 스펙트럼의 박테리아에 적용이 가능하였다. 이러한 상호작용은 세포막과 DNA를 변형시켜, 세포대사를 방해하고, 박테리아의 복제를 방지하도록 작용한다. 그러나, 이러한 무기 나노입자는 내재된 독성과 부작용 때문에 전술한 응용에 한계가 있다. 또한, 이러한 나노복합체를 제조하는 방법은 유해성 화학물질을 사용하고, 복잡한 다단계 반응에 기초하기 때문에, 그 적용에 한계가 있다. 더불어, 이러한 나노입자는 보관 중 응집되거나 가수분해 반응에 의해 변형되는 문제도 존재한다.
- [0005] 따라서, 독성을 최소화하며, 초미세 나노복합체를 간단한 방법으로 예측가능하도록 제조할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 대한민국 등록 특허 10-1777975호  
(특허문헌 0002) 대한민국 등록 특허 10-1879510호

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0007] 본 출원의 일 실시예에 따르면, 나노 입자의 응집을 방지하여, 편차가 적은 3 nm 이하의 초미세 나노복합체의 제조 방법을 제공하고자 한다.
- [0008] 본 출원의 일 실시예에 따르면, 넓은 스펙트럼을 갖는 박테리아에 적용가능한 초미세 나노복합체의 제조 방법을 제공하고자 한다.
- [0009] 본 출원의 일 실시예에 따르면, 초미세 나노입자와 하이드로겔을 결합하여, 금속 나노입자의 독성을 최소화하면서, 기재와의 부착력을 향상시킨 항균성이 우수한 초미세 나노복합체의 제조 방법을 제공하고자 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0010] 본 출원의 일 측면은 초미세 나노복합체의 제조 방법을 제공한다.
- [0011] 일 예시로서, 제조 방법은 캐리어 가스를 준비하는 단계; 상기 캐리어 가스에 단극성 이온을 공급하여, 상기 단극성 이온을 상기 캐리어 가스에 탑재하는 단계; 상기 단극성 이온이 탑재된 캐리어 가스를 스파크가 발생하는 챔버 내로 공급하여, 소정의 거리로 이격되며, 전압이 인가되는 한 쌍의 금속 전극 사이의 유체 통로로 통과시켜, 상기 한 쌍의 전극 사이에서, 금속 나노입자가 형성되는 단계; 및 상기 형성된 금속 나노입자는 상기 챔버 외부로 공급되어, 하이드로겔 물질과 결합하여, 초미세 나노복합체를 형성하는 단계를 포함한다.
- [0012] 일 예시로서, 상기 캐리어 가스는 질소 또는 불활성 가스이다.
- [0013] 일 예시로서, 상기 유체 통로 내의 기체 및 금속 나노입자는 단극성으로 하전된다.
- [0014] 일 예시로서, 상기 단극성 이온이 탑재된 캐리어 가스의 단극성 이온의 농도는  $1 \times 10^6$  ions/cm<sup>3</sup> 내지  $1 \times 10^7$  ions/cm<sup>3</sup>이다.
- [0015] 일 예시로서, 상기 형성된 금속 나노입자의 평균 직경은 3 nm 이하(0은 제외)이며, 상기 금속 나노입자의 원자 수는 200 개 이하이다.
- [0016] 일 예시로서, 상기 하이드로겔은 단백질, 펩티드, 지질, 생체 분자 및 합성 고분자로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나를 포함한다.
- [0017] 일 예시로서, 상기 금속 나노입자는 하이드로겔 용액내에 침지되는 공정을 통해, 상기 금속 나노입자의 표면에

하이드로겔 코팅층이 형성되어, 하이드로겔 물질과 결합한다.

- [0018] 본 출원의 다른 측면은 초미세 나노복합체를 제공한다.
- [0019] 일 예시로서, 초미세 나노복합체는 전술한 제조 방법에 의하여 형성된 초미세 나노복합체로서, 코어-셸 구조를 가지며, 상기 코어는 금속 나노입자이며, 상기 셸은 하이드로겔을 포함하고, 상기 금속 나노입자의 평균직경은 3 nm 이하(0은 초과)이다. 또한, 상기 금속 나노입자의 원자수는 200 개 이하이다.
- [0020] 본 출원의 또 다른 측면은 초미세 나노복합체의 제조 장치를 제공한다.
- [0021] 일 예시로서, 제조 장치는 유입구 및 배출구를 구비하며, 내부에서 스파크를 발생시키는 챔버; 상기 챔버 내에 위치되며, 소정의 간격으로 이격되어, 유체 통로를 형성하는 한 쌍의 금속 전극; 상기 유체 통로를 통과하며, 상기 한 쌍의 금속 전극에 전압이 인가될 때, 생성된 금속 나노입자를 단극성 이온으로 하전하는 단극성 이온을 공급하며, 상기 챔버 내에 위치하는 단극성 이온 공급부; 상기 유입구를 통해 진입하며, 상기 단극성 이온에 캐리어 가스를 공급하는 캐리어 가스 공급부; 및 상기 배출구를 통하여 챔버 외부로 공급되는 금속 나노입자가 침지되어, 하이드로겔 코팅층이 형성되는 하이드로겔 수조를 포함한다.
- [0022] 일 예시로서, 상기 챔버에서 스파크가 발생되도록 플라즈마를 공급하는 플라즈마 공급부를 추가로 포함한다.
- [0023] 일 예시로서, 상기 캐리어 가스는 질소 또는 불활성 가스이다.
- [0024] 일 예시로서, 상기 단극성 이온의 농도는  $1 \times 10^6$  ions/cm<sup>3</sup> 내지  $1 \times 10^7$  ions/cm<sup>3</sup>이다.
- [0025] 일 예시로서, 상기 하이드로겔은 단백질, 펩티드, 지질, 생체 분자 및 합성 고분자로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나를 포함한다.

### 발명의 효과

- [0026] 본 출원의 일 실시예에 따르면, 나노입자가 응집되는 것을 방지하여, 3 nm 이하이며, 상기 금속 나노입자의 원자수는 200 개 이하인 나노복합체를 제공할 수 있다.
- [0027] 본 출원의 일 실시예에 따르면, 편차가 적고 일정한 크기의 나노복합체를 제공할 수 있다.
- [0028] 본 출원의 일 실시예에 따르면, 사이즈를 예측가능하도록 제어된 나노복합체를 제공할 수 있다.
- [0029] 본 출원의 일 실시예에 따르면, 연속 유체 공정을 통하여 나노복합체를 제조할 수 있다.
- [0030] 본 출원의 일 실시예에 따르면, 하이드로겔을 이용하여, 금속 나노입자의 독성을 감소시킬 수 있다.
- [0031] 본 출원의 일 실시예에 따르면, 하이드로겔을 이용하여, 제조된 나노복합체의 부착력을 향상시켜, 다양한 응용 분야에 적용할 수 있다.
- [0032] 본 출원의 일 실시예에 따르면, 항균력이 우수하고, 넓은 스펙트럼의 박테리아에 대응할 수 있는 나노복합체를 제공할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0033] 도 1은 본 출원의 일 실시예에 따른 나노복합체의 제조 방법에 대한 플로우 차트이다.
- 도 2는 본 출원의 일 실시예에 따른 나노복합체의 제조 방법을 설명하기 개략도이다.
- 도 3은 본 출원의 일 실시예에 따른 나노복합체의 제조 방법을 설명하기 개략도이다.
- 도 4는 본 출원의 일 실시예에 따른 나노복합체의 제조 장치의 블록도이다.
- 도 5는 본 출원의 일 실시예에 따른 나노복합체의 제조 장치의 개략도이다.
- 도 6은 본 출원의 일 실시예에 따른 나노복합체의 제조 장치를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 7은 실시예 및 비교예에 대한 응집 비율, 입자수, 원자수를 측정된 결과 그래프이다.
- 도 8은 실시예 및 비교예에 대한 Cd 및 입자 형성의 분산도를 측정된 결과 그래프이다.
- 도 9는 실시예 및 비교예에 대한 시간 대비 양전극 사이의 전압을 측정된 결과 그래프이다.

도 10은 실시예 및 비교예에 대한 시간 대비, 질량 농도, 수 농도 직경을 측정한 결과 그래프이다.

도 11은 실시예 및 비교예에 대한 MIC와 항균 필터의 효능을 측정한 결과 그래프이다.

도 12는 실시예 및 비교예에 대한 다재내성 박테리아에 대한 MIC를 측정한 결과 그래프이다.

도 13은 실시예 및 비교예에 대한 항균 효능을 측정한 결과 그래프이다.

도 14는 실시예 및 비교예에 대한 TEM 이미지이다.

도 15는 실시예 및 비교예에 대한 입자의 분산도를 측정한 결과 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 구성요소 등이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 구성요소 등이 존재하지 않거나 부가될 수 없음을 의미하는 것은 아니다.
- [0035] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0036] 본 출원에서 용어 "나노"는 나노 미터(nm) 단위의 크기를 의미할 수 있고, 예를 들어, 1 내지 1,000 nm의 크기를 의미할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 또한, 본 명세서에서 용어 "나노 입자"는 나노 미터(nm) 단위의 평균 입경을 갖는 입자를 의미할 수 있고, 예를 들어, 1 내지 1,000 nm의 평균입경을 갖는 입자를 의미할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0037] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 출원의 일 실시예인 초미세 나노복합체를 제조하는 방법을 상세히 설명한다. 다만, 첨부된 도면은 예시적인 것으로, 본 출원의 일 실시예인 초미세 나노복합체를 제조하는 방법의 범위가 첨부된 도면에 의해 제한되는 것은 아니다.
- [0038] 도 1은 본 출원의 일 실시예에 따른 초미세 나노복합체의 제조 방법에 대한 플로우 차트이다. 도 2는 본 출원의 일 실시예에 따른 나노복합체의 제조 방법을 설명하기 개략도이다. 또한, 도 3은 본 출원의 일 실시예에 따른 나노복합체의 제조 방법을 설명하기 개략도이다.
- [0039] 도 1 내지 3에 도시한 바와 같이, 본 출원의 일 실시예인 초미세 나노복합체의 제조 방법은 캐리어 가스를 준비하는 단계(S10); 상기 캐리어 가스에 단극성 이온을 공급하여, 상기 단극성 이온을 상기 캐리어 가스에 탑재하는 단계(S20); 상기 단극성 이온이 탑재된 캐리어 가스를 스파크가 발생하는 챔버 내로 공급하여, 소정의 거리로 이격되며, 전압이 인가되는 한 쌍의 금속 전극 사이의 유체 통로로 통과시켜, 상기 한 쌍의 전극 사이에서, 금속 나노입자가 형성되는 단계(S30); 및 상기 형성된 금속 나노입자는 상기 챔버 외부로 공급되어, 하이드로겔 물질과 결합하여, 초미세 나노복합체를 형성하는 단계(S40)를 포함한다.
- [0040] 이하, 각 단계별로 본 출원을 보다 상세히 설명한다.
- [0041] 먼저, 캐리어 가스를 준비한다(S10).
- [0042] 캐리어 가스는 특별히 제한되는 것은 아니지만, 후술하는 바와 같이, 단극성 이온이 전달되는데 있어서, 단극성 이온을 탑재하여 이동하는데 도움을 줄 수 있다. 본 출원에서는, 이러한 캐리어 가스의 예시로서 질소 또는 불활성 가스가 포함될 수 있다.
- [0043] 그리고, 캐리어 가스에 단극성 이온을 공급하여, 단극성 이온을 상기 캐리어 가스에 탑재한다(S20).
- [0044] 단극성 이온은 음전하로 이루어진 이온 집단 또는 양전하로 이루어진 이온 집단을 의미한다. 특히, 단극성 이온의 농도는  $1 \times 10^6$  ions/cm<sup>3</sup> 내지  $1 \times 10^7$  ions/cm<sup>3</sup>일 수 있다. 다만 이러한 이온의 농도는 단극성 이온의 농도에 대한 하나의 예시일 뿐, 이러한 범위가 본 출원을 한정하는 것은 아니다.
- [0045] 그리고, 단극성 이온이 탑재된 캐리어 가스를 스파크가 발생하는 챔버 내로 공급하여, 소정의 거리로 이격되며,



전압이 인가되는 한 쌍의 금속 전극 사이의 유체 통로로 통과시켜, 한 쌍의 전극 사이에서, 금속 나노입자가 형성된다(S30).

- [0046] 단극성 이온이 탑재된 캐리어 가스를 챔버 내로 공급한다. 챔버의 크기, 형태 등은 특별히 제한되는 것은 아니지만, 내부 공간부를 포함하며, 기체가 유입되는 유입구와 기체가 토출되는 배출구를 포함할 수 있다.
- [0047] 챔버 내부에는 소정의 거리로 이격되어 배치된 한 쌍의 금속 전극이 배치된다. 한 쌍의 금속에는 전압이 인가되며, 전기장에 의해 이온이 이동하면서 순간적으로 전도성 라인이 형성되어 스파크가 발생된다. 이 때, 한 쌍의 전극의 표면이 국부적으로 기화되어 흘러준 공기를 타고 나와서 응축 및 응집됨으로써, 금속 나노 입자가 발생하는 저온 플라즈마 현상이 발생된다.
- [0048] 이 때, 한 쌍의 금속 전극 사이의 유체 통로 전체를 단극성 이온에 의하여 공간 자체와 한 쌍의 금속 전극에서 발생하는 금속 나노 입자를 하전시킨다. 즉, 단극성 이온이 음이온인 경우에는 금속 나노 입자는 음이온으로 하전되고, 단극성 이온이 양이온인 경우에는 금속 나노 입자는 양이온으로 하전된다.
- [0049] 이러한 방식으로 동일한 극성으로 하전된 금속 나노 입자는 서로 강한 반발력을 발휘하여, 금속 나노 입자가 응집되는 것을 방지한다. 이렇게 응집이 방지된 금속 나노 입자는 평균 입경이 3 nm 이하(0은 제외)이며, 바람직하게는 2 nm 내지 3 nm의 크기를 갖는다. 또한, 상기 금속 나노입자의 원자수는 200 개 이하, 바람직하게는 180 개 이하, 150 개 이하, 100 개 이하, 또는 50 개 이하일 수 있다. 이를 통하여, 이온 주입에 의해 발생하는 입자가 지니는 원자수의 편차가 확연하게 줄어들어 예측하기 용이하며, 동시에 강력한 항균성을 갖는 입자를 제공할 수 있다.
- [0050] 도 3에 도시한 바와 같이, 이온을 주입하지 않은 경우에는 열적 및 정전기적으로 나노입자가 응집하게 되고, 나노입자의 크기가 랜덤하게 형성된다. 이에 반하여, 단극성 이온을 주입한 경우에는 정전기적 반발력으로 인하여, 원자 단위의 금속이 셀 수 있을 정도의 수로 뭉쳐진 나노 입자로서, 전술한 크기의 초미세 나노 입자가 형성된다. 이를 통하여, 높은 표면적을 갖는 초미세 나노 입자를 제공할 수 있으며, 금속 나노입자의 표면으로부터 방출되는 금속 이온과 박테리아의 막단백질은 상호작용하여 세포막과 DNA를 변형시켜, 세포대사를 방해하고, 박테리아의 복제를 방지하도록 작용한다. 이를 통하여, 넓은 스펙트럼의 박테리아에 대한 항균효과를 제공할 수 있으며, 다양한 응용분야에 적용이 가능하다.
- [0051] 그리고, 형성된 금속 나노입자는 챔버 외부로 공급되어, 하이드로겔 물질과 결합하여, 초미세 나노복합체를 형성한다(S40).
- [0052] 형성된 금속 나노입자는 배출구를 통하여 챔버 외부로 제공되며, 이 때, 하이드로겔 물질과 결합한다.
- [0053] 여기서, 하이드로겔 물질은 일반적으로, 친수성 고분자의 네트워크로 이루어진 삼차원 구조체일 수도 있으나, 액체 상태에 입자들이 비산되어 있는 상태를 의미한다. 즉, 단백질, 펩티드, 지질, 생체 분자 및 합성 고분자들이 액체 상태에서 입자들이 비산되어 있는 상태를 갖는 물질을 의미한다. 일 예시로서, Albumin이나 Thiol 물질과 같이 생친화 성이 높은 고분자 물질일 수 있다.
- [0054] 하이드로겔 물질을 금속 나노입자와 결합시키는 방법은 금속 나노입자를 하이드로겔 용액내에 침지하여, 상기 금속 나노입자의 표면에 하이드로겔 코팅층을 형성하여, 하이드로겔 물질과 결합한다.
- [0056] 본 출원의 다른 실시예는 초미세 나노복합체이다. 전술한 방법으로 제조된 나노복합체는 코어-셸 구조를 가지며, 코어는 금속 나노입자이며, 셸은 하이드로겔을 포함하고, 금속 나노입자의 평균직경은 3 nm 이하(0은 초과)이다. 또한, 나노복합체의 금속 나노입자에 비하여, 약간 직경이 증가할 수 있다. 따라서, 약 3 nm 이하의 입자가 코팅되어 5 nm 내지 10 nm가 될 수 있다. 종래에 제시된 기술에서 개시된 나노복합체와 비교하면, 이러한 직경이 매우 작은 것이다. 따라서, 여전히 많은 장점을 갖고 있다. 여기서, 상기 금속 나노입자의 원자수는 200 개 이하인 것이 바람직하다.
- [0058] 종래에는 초미세 나노입자를 제공하는 시도가 있었으나, 대부분은 랜덤하거나 편차가 큰 나노입자를 제공하였기 때문에, 응용분야에서 효용성을 예측하기 어려웠다. 그러나, 전술한 바와 같이, 제조 공정의 조건을 제어함으로써, 균일하고, 편차가 적은 초미세 나노복합체를 제조할 수 있다. 특히, 제조 공정의 조건을 제어함에 따라, 예측 가능한 크기의 나노복합체를 제공할 수 있다. 또한, 하이드로겔을 이용하여, 금속 나노입자의 독성을 중성화할 수 있으며, 하이드로겔의 특성에 따라서, 응용 분야에서 기재에 이러한 나노복합체를 부착하기 용이하도록 제어할 수 있다. 더불어, 연속 유체 공정을 통하여, 초미세 나노입자를 제조할 수 있기 때문에, 경제성 또한 우수하다.



- [0059] 본 출원의 또 다른 실시예는 초미세 나노복합체의 제조 장치이다.
- [0060] 도 4는 본 출원의 일 실시예에 따른 나노복합체의 제조 장치의 블록도이다.
- [0061] 전술한 제조 방법에서 설명된 내용 중 제조 장치에 관하여 동일하거나 유사한 내용에 대한 설명을 생략하지만, 전술한 내용이 제조 장치에 관하여 적용될 수 도 있다.
- [0062] 도 4에 도시한 바와 같이, 전술한 제조 장치는 챔버(10)를 포함한다. 챔버는 유입구(11) 및 배출구(13)를 구비한다. 챔버(10)는 내부에서 공간부를 구비하여, 이 공간부에서 스파크가 발생될 수 있다. 챔버(10)의 유입구(11)와 배출구(13)의 크기, 형태는 특별히 한정되는 것은 아니며, 가스 및 나노복합체의 유출입이 가능하도록 한정될 수 있다.
- [0063] 또한, 제조 장치는 한 쌍의 금속 전극(20)을 포함한다. 금속 전극은 챔버(10) 내에 위치되며, 소정의 간격으로 이격되어, 소정의 간격이 유체 통로(30)를 형성한다. 소정의 간격은 특별히 한정되는 것은 아니며, 본 출원의 의도에 맞도록 미리 제어된 간격이다.
- [0064] 또한, 제조 장치는 단극성 이온 공급부(40) 및 캐리어 가스 공급부(50)를 포함한다. 단극성 이온 공급부(40)를 통하여 공급된 단극성 이온(I)은 캐리어 가스 공급부(50)를 통하여 공급된 캐리어 가스에 탑재되어 유체 통로(30)를 통과하며, 이 때, 한 쌍의 금속 전극(20)에 전압이 인가되면, 금속 나노입자가 생성되고, 단극성 이온(I)에 의해 금속 나노입자가 하전된다. 여기서, 단극성 이온의 농도는  $1 \times 10^6$  ions/cm<sup>3</sup> 내지  $1 \times 10^7$  ions/cm<sup>3</sup> 이다.
- [0065] 특히, 단극성 이온 공급부와 한 쌍의 전극이 바로 연결되어, singlet(primary) 금속 입자 사이의 전기적 반발력을 증대시켜, 3 nm 이하의 금속 나노입자를 형성할 수 있다. 더불어, 후술하는 바와 같이, 단극성 이온이 공급되지 않은 채 금속 나노입자를 제조하는 경우에는 그 크기가 10 nm를 초과하게 된다.
- [0066] 또한, 이온 주입은 정전식 초킹 현상(electrostatic choking phenomenon)을 통해 유체 통로 사이를 지나는 가스의 유량 계수(discharge coefficient)를 증가시켜, 입자 생성의 안정성을 향상시킨다. 또한, 초미세 금속 나노입자를 균일하게 생성하여, 최소 저지 농도(minimum inhibitory concentration, MIC) 및 항균성 필터 성능의 안정적인 결과를 제공할 수 있다. 이러한 초미세 입자를 이용하여, 종래보다 2 배 이상의 항균성을 제공할 수 있다.
- [0067] 여기서, 단극성 이온 공급부는 카본 브러쉬 이오나이저(carbon brush ionizer)일 수 있으나, 단극성 이온 공급부가 이에 한정되는 것은 아니다. 이온 공급부는 전극이 위치된 위치 바로 앞에 배치되는 것이 바람직하다.
- [0068] 여기서, 캐리어 가스는 질소 또는 불활성 가스이다.
- [0069] 예를 들어, 단극성 이온(I)이 양이온인 경우에는 금속 나노입자가 양전하로 하전되고, 단극성 이온(I)이 음이온인 경우에는 금속 나노입자는 음전하로 하전된다. 단극성으로 하전되어, 서로 척력이 발생하여, 나노입자가 응집되는 것을 방지하여, 2 내지 3 나노미터 크기를 갖는 나노입자를 제공할 수 있다.
- [0070] 여기서, 단극성 이온 공급부(40)는 챔버(10) 내에 위치하며, 전극(20) 과 바로 맞닿은 위치 또는 전극 사이의 유체 통로와 소정의 거리에 위치하여, 많은 양의 이온이 유체 통로(30)를 통하여, 이동되도록 제어하는 것이 바람직하다. 이를 통하여, 생성된 금속 나노입자 뿐만 아니라, 유체 통로(30), 더 나아가 챔버 내를 양전하 또는 음전하로 하전시킨다.
- [0071] 이를 통해서, 많은 양의 이온을 제공하고, 동일한 전하로 인한 척력을 이용하여, 생성된 금속 나노입자들을 최대한 멀리 이격시켜, 응집되는 것을 방지할 수 있다.
- [0072] 또한 제조 장치는 하이드로겔 수조(60)를 포함한다. 전술한 바와 같이 초미세 금속 나노입자가 챔버(10)의 배출구(13)를 통하여 챔버(10) 외부로 공급되고, 금속 나노입자는 챔버(10)의 외부에 위치한 하이드로겔 수조(60) 내로 진입되어 침지된 후, 다시 인출된다. 여기서, 하이드로겔은 단백질, 펩티드, 지질, 생체 분자 및 합성 고분자로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나를 포함한다. 이 과정에서 금속 나노입자의 표면은 하이드로겔 코팅층을 구비하게 된다.
- [0073] 전술한 장치를 이용하여, 플러그-인(plug-in) 제조가 가능하며, 변형이 용이한 항균 활동을 위한 효과적인 플랫폼을 제공할 수 있다. 또한, 컴팩트한 소형 플랫폼을 이용하여, 항균성 나노입자로부터 방출되는 이온의 수를 셀 수 있을 정도로 정확하게 초미세 항균 나노입자를 제공할 수 있다. 특히, 3.7 nm 이하(100 개 이하의 원자로

구성됨)의 FCC 입자는 활성 원자에 대해 상당히 적합하며, 그 크기는 강한 항균 활동을 위하여, 표면 에너지 및 화학 반응성을 포함한 나노입자의 원자 수에 영향을 준다. 또한, 초미세 크기는 나노입자의 노출로부터 전신 독성을 최소화하기 위한 신장 배설에 적합하다.

[0074] 또한, 본 출원의 제조 장치 중 전술한 요소 이외에 본 출원이 의도하는 바에 따라 추가적인 요소가 부가될 수 있다.

[0076] 이하, 실험예를 통하여 본 출원을 보다 상세히 설명한다.

[실험예]

[0078] 제조 장치의 크기는 특별히 한정되는 것은 아니지만, 일 실시예로서, 명함크기로 제작할 수 있다. 도 5는 본 출원의 일 실시예에 따른 나노복합체의 제조 장치의 개략도이다. 도 5에 도시한 바와 같이, 폴리테트라플루오르에틸렌 챔버의 가로x세로x높이는 32 x 32 x 32(mm<sup>3</sup>)였다. 전술한 챔버 내에 전극을 위치시켰으며, 전극은 은(AG-402651, Nilaco, Japan) 또는 구리(CU-112651, Nilaco, Japan) 막대를 사용하였고, 양 전극 사이는 0.3 mm로 이격시켰으며, 양 전극에 고전압 직류(DC) 전압을 인가하였다. 질소 가스를 캐리어가스로 주입하고, 카본-브러쉬 타입의 이온발생기를 이용하여, 유체 통로로 단극성 이온을 주입하였다. 이온발생기는 유체 통로의 10 mm로 이격되도록 설치하였다.

[0079] 200 ± 20의 탄소 함유를 포함하는 카본 브러쉬 이온발생기(SJ-1000, Sejin Electronics, 한국) (5-10 μm의 직경을 갖는 이온팁)를 사용하였으며, 저항-제어된 전원 팩을 선정하여, 양이온 또는 음이온을 형성하였다. 가감저항기를 조절하여, 이온의 농도를 제어하였으며, 이 때, 이온의 수는 이온 계수기(AIC20M, AlphaLab, USA)를 이용하여 카운트 하였다. 에어로졸 전위계 (aerosol electrometer) (Charme<sup>®</sup>, Palas, Germany)를 이용하여, 나노 입자의 극성을 모니터링하였으며, 이를 도 6d에 도시하였다.

[0080] 도 6에 본 출원의 일 실시예인 초미세 금속나노복합체의 제조 장치의 구동을 설명하기 위한 도면을 도시한다.

[0081] 구체적으로 도 6a 및 도 6b에 은 막대 또는 구리 막대 사이에서의 회로도 및 IGBT 스위치를 도시한다. 도 6a 및 도 6b에 도시한 바와 같이, IGBT 스위치(IXBH12N300, IXYS, USA), 세라믹 캐패시터(1 nF, SV15JA102JAR, AVX, USA) 및 고전압 DC 전원(UltraVolt, USA)을 두 개의 은 막대 또는 구리 막대에 연결하였다.

[0082] 2개의 고전압 프로브(1000:1, P6015A, Tektronix, USA)를 구비한 (디지털 오실로스코프(6050A, LeCroy, USA)를 이용하여, 전압의 파형을 모니터링 하였다. 그 결과 그래프를 도 6c에 도시한다. 도 6c에 도시한 바와 같이, 2개의 IGBT 스위치로부터 정사각형 전압 신호(W1 및 W2)가 캐패시터에서 마름모꼴 신호로 전송되었고, 이들은 은 막대 또는 구리 막대로 전송되었다.

[0083] 애플리케이션 시스템을 플러그인 한 후, 유체 통로가 형성되고, 은 막대 또는 구리 막대의 일부가 기화되어, 은 증기 또는 구리 증기 가 형성되고, 이들을 상온의 질소 가스(순도 99.9999%) (5 L min<sup>-1</sup>)를 이용하여, 응축되어 은 일차 입자 또는 구리 일차 입자를 형성하였다.

[0084] 비교예로서, 이온을 주입하지 않으면서, 은 또는 구리 막대를 전극으로 사용한 전술한 실험과 동일하게 실험을 실시하였다.

[0085] 각각의 실험에서 수득한 은 나노입자와 구리 나노입자를 후술하는 바와 같이, 나노입자의 특성을 확인하기 위한 실험과 항균 특성 실험(최소 저지 농도(MIC) 및 항균 필터 효능) 및 다재내성 특성을 갖는 Escherichia coli (E. coli; gram-negative) 및 Staphylococcus epidermidis (S. epidermidis; gram-positive)에 대한 안정성 실험을 실시하였다.

[0086] 추가적으로, 하기 표 1에 도시한 실시예 및 비교예를 이용하여 실험을 실시하였다.

표 1

	금속 전극	이온 유무
실시예 1	은(Ag)	(+) 10 <sup>6</sup> ions/cm <sup>3</sup>
실시예 2	은(Ag)	(+) 10 <sup>7</sup> ions/cm <sup>3</sup>
실시예 3	은(Ag)	(-) 10 <sup>6</sup> ions/cm <sup>3</sup>

실시예 4	은(Ag)	(-) $10^7$ ions/cm <sup>3</sup>
실시예 5	구리(Cu)	(+) $10^6$ ions/cm <sup>3</sup>
실시예 6	구리(Cu)	(+) $10^7$ ions/cm <sup>3</sup>
실시예 7	구리(Cu)	(-) $10^6$ ions/cm <sup>3</sup>
실시예 8	구리(Cu)	(-) $10^7$ ions/cm <sup>3</sup>
비교예 1	은(Ag)	X
비교예 2	구리(Cu)	X

[0089] [실험예 1]

[0090] 먼저, 입자 형성시 이온 주입의 효과를 확인하기 위하여, 나노입자의 응집 비율( $dN[t]/dt$ , particles cm<sup>-3</sup> s<sup>-1</sup>)과 형태(transmission electron microscopy, TEM)를 분석하였다.

[0091] 응집 비율은 하기 방정식 1에 의하여 계산하였다.

$$\frac{dN(t)}{dt} = - \frac{N_0^2 K}{(1 + N_0 K t)^2}$$

[0092]

[0093] 여기서,  $N_0$ 은 최초 입자 수 농도이고, K는 응집 계수()이며, t는 경과시간(s)이다.

[0094] 형태를 확인하기 위하여, 형성된 금속 입자를 그리드 샘플러(Ineris, France)에 위에 배치된 탄소 코팅된 구리 그리드(Tedpella, USA)에 기계적 충동을 통해 직접 증착하였다.

[0095] 실시예 1 내지 8을 통해서, 단극성 이온의 농도는  $1 \times 10^6$  에서  $1 \times 10^7$  ions cm<sup>-3</sup>로 증가시키면서 실험하였고, 비교예 1 및 2는 이온 주입없이 실험을 실시하였다. 그 결과를 도 7a 및 도 7b에 각각 나타내었다. 도 7a 및 도 7b에 나타낸 바와 같이, 이온의 농도가 증가함에 따라, 응집 계수가 지수로서 감소하였고, 응집 비율 역시 크게 감소하였다. 다만, 양이온을 제공하는 경우와 음이온을 제공하는 경우, 큰 차이는 없었으며, 은 입자나 구리 입자의 차이도 크지 않았다. 이를 통해서, 단극성 조건을 유체 통로 가까이에 위치 시키는 것이 나노입자의 응집 방지에 중요한 파라미터임을 확인할 수 있었다.

[0096] 또한, 도 7a 및 도 7b의 삽입도로서 실시예 2 및 실시예 6의 TEM(JEM-F200, JEOL, Japan)을 이용하여 측정된 TEM 이미지를 각각 삽입하였다. 도 7a 및 도 7b의 삽입도에 도시한 바와 같이, 나노 입자의 응집이 방지되는 것을 확인할 수 있었다.

[0097] 또한, ImageJ software( $N = 110$ )를 이용하여, 은 입자 및 구리 입자의 입자 크기의 분산도를 확인하였으며, 그 결과를 도 7c 내지 도 7f에 각각 나타내었다. 또한, 은 입자 및 구리 입자의 크기 분산도와 원자 수를 측정하여 표 2에 나타내었다.

[0098] [표 2]

	Without ion	Ion injection (+) ion : $10^7$ ions cm <sup>-3</sup>	Ion injection (-) ion : $10^7$ ions cm <sup>-3</sup>
<b>Ag</b>			
Particle diameter [nm]	13.95±5.61	2.29±0.42	2.63±0.40
Number of atoms	8684.5±12627.30	27.0±16.05	39.44±17.53
<b>Cu</b>			
Particle diameter [nm]	21.32±10.58	2.51±0.46	2.64±0.46
Number of atoms	36275.2±55870.40	35.12±19.39	40.37±20.44

[0099]

[0100] 상기 표 2에 나타낸 바와 같이, 은 입자와 구리 입자 사이의 구조 차이에 의하여 큰 원자수의 차이가 발생하였다.

[0101] 도 7c 내지 7f에 도시한 바와 같이, 이온을 주입하였을 경우 발생 입자의 크기 분포가 줄어들었으며 (7c-은, 7e-구리), 그에 따라서 발생 입자의 원자 개수가 줄어들었음을 확인할 수 있었다(7d-은, 7f-구리). 특히, 도 7c 및 도 7f에 도시된 바와 같이, 이온을 주입함으로써 발생 입자의 원자 개수의 편차가 확연하게 줄어들었음을 확인할 수 있었다. 이는 예를 들자면, 이온을 주입하지 않았을 경우 발생하는 은 입자 하나가 1개 내지 10000개 범위의 은 원자를 포함하는 것이며, 이온을 주입할 경우 발생하는 은 입자 하나가 10개 내지 20개 범위의 은 원자를 포함하는 것으로 예측해볼 수 있기 때문에, 결과적으로 이온을 주입하지 않았을 경우의 은 입자가 가지는 항균력은 편차가 너무 커서 예측을 하기가 어려운 반면에(예를 들어, 경우에 따라 1개(항균력이 매우 낮음), 다른 경우에는 10000개(항균력이 매우 높음)), 이온을 주입한 경우의 은 입자가 가지는 항균력은 편차가 매우 적기 때문에 예측을 하기가 용이(어떠한 경우에도 비슷한 항균력을 가짐) 할 수 있음을 확인할 수 있었다.

[0102] [실험예 2]

[0103] 이온이 주입되었을 때, 그렇지 않을 때의 변수들을 측정하여, 하기 식을 통하여, 각 수치를 계산한 후 도 8a 및 도 8b에 나타내었다.

[0104] 도 8a 및 도 8b는 하기 식을 통해 구하였으며,

[0105] [방정식]

[0106] 
$$\Delta P = [\epsilon_0/2] [V_s - V_{avg}/d]^2$$

$$C_d = \frac{Q}{A\sqrt{2\rho\Delta P}}$$

[0107] ,

[0108]  $C_d$ 는 discharge coefficient를 의미하는데 본 출원에서는 이 팩터가 높을수록 입자의 발생 안정도가 높아지는 상관관계를 보였다.

[0109]  $Q$ (유량)과  $A$ (유로의 단면적),  $\rho$ (기체의 밀도)는 일정하며 결국 이온의 주입에 따라  $\Delta P$ 만 변화하게 된다.

[0110]  $\Delta P$ 는 위에 언급된 식으로 이루어지는  $\epsilon_0$ ,  $d$ 는 고정값이며,  $V_s$ 와  $V_{avg}$  값은 두 전극 사이의 전압을 측정한 것이며, 도 9에 측정 그래프를 도시하였다.

[0111] 구체적으로, 도 9는 이온을 주입할 경우와 주입하지 않은 경우의 두 전극 사이의 전압을 오실로스코프[oscilloscope]로 측정한 결과이다. 그 결과가 이온을 주입했을 때 두 전극 사이의 전압이 더 안정적인임을 알 수 있었다. (주입하지 않았을 때의 전압은 들쭉날쭉한 것을 확인할 수 있음.) 두 전극 사이의 전압은 스파크 방전의 입자 발생량을 결정하는 중요한 팩터인데 그것이 들쭉날쭉한 경우 나오는 입자의 발생량도 들쭉날쭉할 것으로 예측할 수 있었다. 그러나 이온을 주입한 경우 안정적으로 전압이 생성되는 것으로 보아 입자의 발생량도 안정적일 것이라고 예측할 수 있었다.

[0112] 도 10에 모니터링된 실시예 1 내지 8과 비교예 1 및 2에 대한 시간 대비, 질량 농도, 수 농도 직경을 측정한 결과 그래프를 도시한다.

[0113] 도 10은 시간 대비, 질량 농도, 수 농도, 직경을 계측기(Scanning Mibility Particle Sizer; SMPS)로 측정한 것이며, 그 결과가 이온을 주입했을 때 시간에 따른 질량 농도, 수 농도, 직경의 편차들이 이온을 주입하지 않았을 때보다 유의미하게 줄어들었음(그래프의 fluctuation이 매우 줄어들었음)을 확인하여, 입자가 장시간 동안 안정적으로 발생하는지를 확인할 수 있었다.

[0114] [실험예 3]

[0115] Escherichia coli (E. coli; gram-negative) 및 Staphylococcus epidermidis (S. epidermidis; gram-positive)에 대한 항균 특성 실험(최소 저지 농도(MIC) 및 항균 필터 효능)을 실시하였다.

[0116] 구체적으로, 최소저지농도는 타겟 균을 물질의 여러 농도(예를 들면 은 나노입자 1~1000  $\mu\text{g/mL}$ )로 처리하였을 때, 최소 어떤 농도부터 타겟 균의 성장을 저지시키는지 알아보는 실험이다. 예를 들면, 은나노 입자 30  $\mu\text{g/mL}$  처리 시 균이 성장하지 않았고 60  $\mu\text{g/mL}$  처리시 균이 성장하였을 경우 MIC는 30  $\mu\text{g/mL}$ 라고 판단할 수 있다.

[0117] 항균 필터 효능은 필터를 은 나노입자로  $10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 로 코팅한 후 그 코팅 필터 위에 박테리아를 에어로졸 상태로 부착시킨 다음 다시 재탈착시켜 그 박테리아의 생존율을 평가하는 실험이다.

[0118] 이러한 결과를 도 11에 도시하였다. 도 11의 결과를 보면, 이온을 주입 할수록 MIC가 줄어들며(항균력이 좋아짐을 의미) 그 편차가 매우 줄어들고, 항균 필터 성능 또한 그 편차가 매우 줄어들음을 확인할 수 있었다. 이는 이온을 주입할 경우 만들어지는 입자에서 파생되는 적용처(항균제, 항균 필터)의 성능이 안정적이라고 할 수 있다.

[0119] **[실험예 4]**

[0120] 박테리아의 종류를 제외하고는 실험예 3과 동일한 방법으로 실험을 실시하였다.

[0121] 내성을 갖는 박테리아에도 효과를 보이는 지 확인하기 위하여 다재내성 특성을 갖는 extended-spectrum beta-lactamase [ESBL]-producing E. coli [gram-negative] 및 methicillin-resistant Staphylococcus aureus [MRSA, gram-positive] 에 대한 항균 특성 실험(최소 저지 농도(MIC) 및 항균 필터 효능)을 실시하였다.

[0122] 도 12 및 도 13에 결과 그래프를 도시하였다. 도 12 및 도 13에 도시한 바와 같이, 도 11과 마찬가지로 이온을 주입 할수록 MIC가 줄어들며(항균력이 좋아짐을 의미) 그 편차가 매우 줄어들고, 항균 필터 성능 또한 그 편차가 매우 줄어들음을 확인할 수 있었다. 이는 이온을 주입할 경우 만들어지는 입자에서 파생되는 적용처(항균제, 항균 필터)의 성능이 안정적이라고 할 수 있습니다. 따라서 내성을 갖는 박테리아에도 유효한 효과를 가짐을 알 수 있었다.

[0123] **[실험예 5]**

[0124] 이온을 주입할 경우와 주입하지 않은 경우의 발생 입자를 TEM grid 상에 공기 중에서 포집하였으며 이를 투과전자현미경(TEM) 분석한 결과를 도 14에 도시하였다.

[0125] 분석 결과 이온을 주입할 경우와 주입하지 않은 경우 모두 의도한대로 같은 은 입자와 구리 입자가 발생되었음을 확인하였다.  $0.234 \text{ nm}$ , Ag(111)이 의미하는 바는 은이 갖는 고유의 격자 거리를 의미하며 이 격자 거리가 관측된 것을 보아 은 입자가 잘 발생되었음을 확인할 수 있습니다. 구리 ( $0.213 \text{ nm}$ , Cu(111))의 경우도 마찬가지였다.

[0126] **[실험예 6]**

[0127] 이온을 주입할 경우와 주입하지 않은 경우의 발생 입자의 크기 분포를 계측기 (Scanning Mobility Particle Sizer; SMPS)로 측정하여, 표 3 및 도 15에 도시하였다.

[0128] [표 3]

	Without ion	(+) ion : $10^6 \text{ ions cm}^{-3}$	(+) ion : $10^7 \text{ ions cm}^{-3}$	(-) ion : $10^6 \text{ ions cm}^{-3}$	(-) ion : $10^7 \text{ ions cm}^{-3}$
<b>Ag</b>					
GMD (nm)	28.635	25.127	22.98	24.947	23.251
GSD (-)	1.506	1.521	1.51	1.509	1.497
TNC (particles $\text{cm}^{-3}$ )	1.39E+07	1.15E+07	1.05E+07	1.11E+07	1.04E+07
<b>Cu</b>					
GMD (nm)	29.388	27.312	25.847	27.072	26.151
GSD (-)	1.529	1.5	1.506	1.492	1.498
TNC (particles $\text{cm}^{-3}$ )	1.01E+07	8.76E+06	7.84E+06	7.94E+06	7.40E+06

[0129]

[0130] 표 3 및 도 15에 도시한 바와 같이, 그 결과가 이온을 주입했을 때 입자가 이온을 주입하지 않았을 때의 입자보다 더 작아짐을 확인할 수 있었다.

[0132] 상기에서는 본 출원의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 출원을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

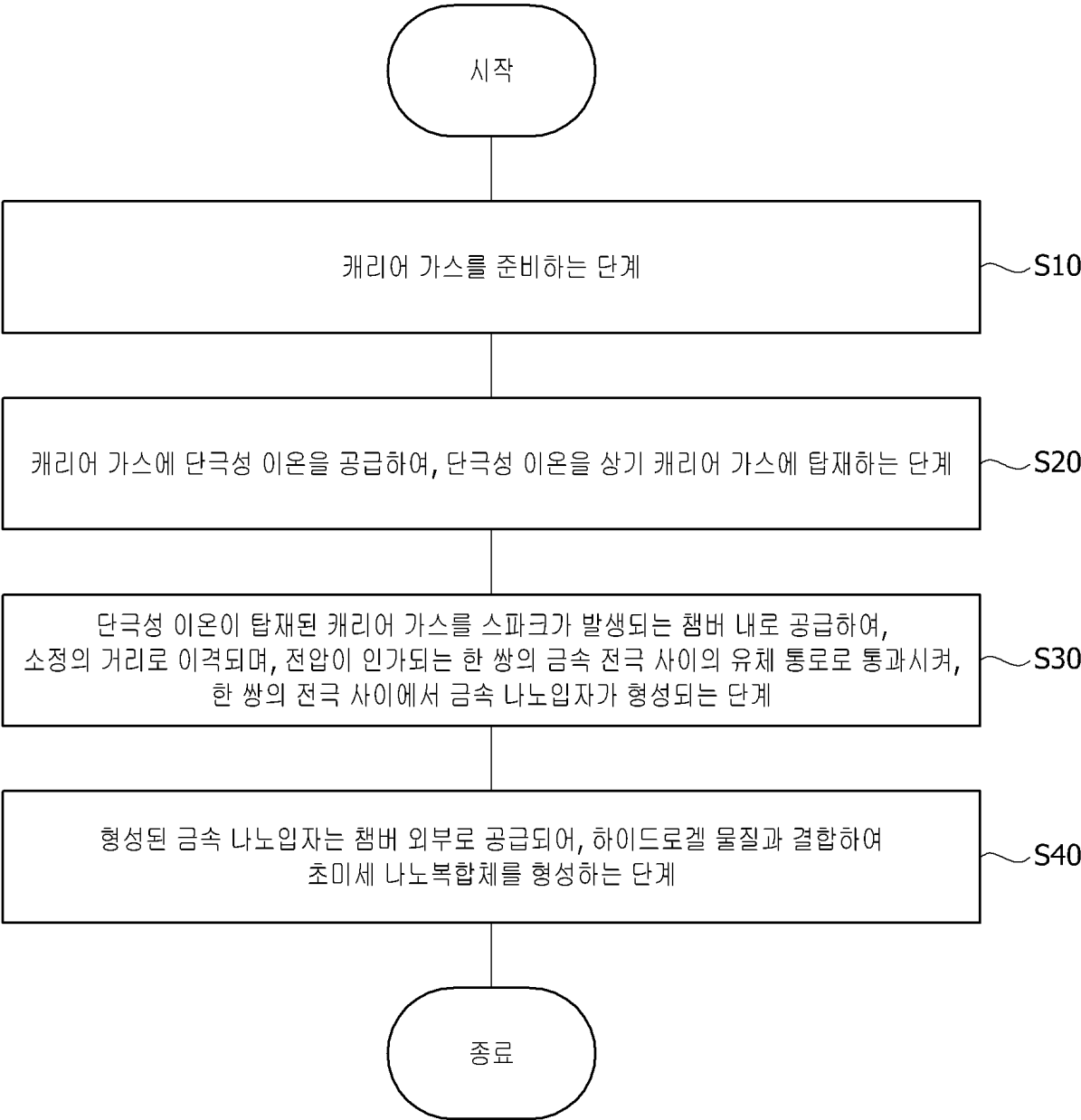
**부호의 설명**

- [0133] 10: 챔버  
11: 유입구

- 13: 배출구
- 20: 한 쌍의 전극
- 30: 유체 통로
- 40: 단극성 이온 공급부
- 50: 캐리어 가스 공급부
- 60: 하이드로겔 수조
- I: 단극성 이온
- G: 캐리어 가스

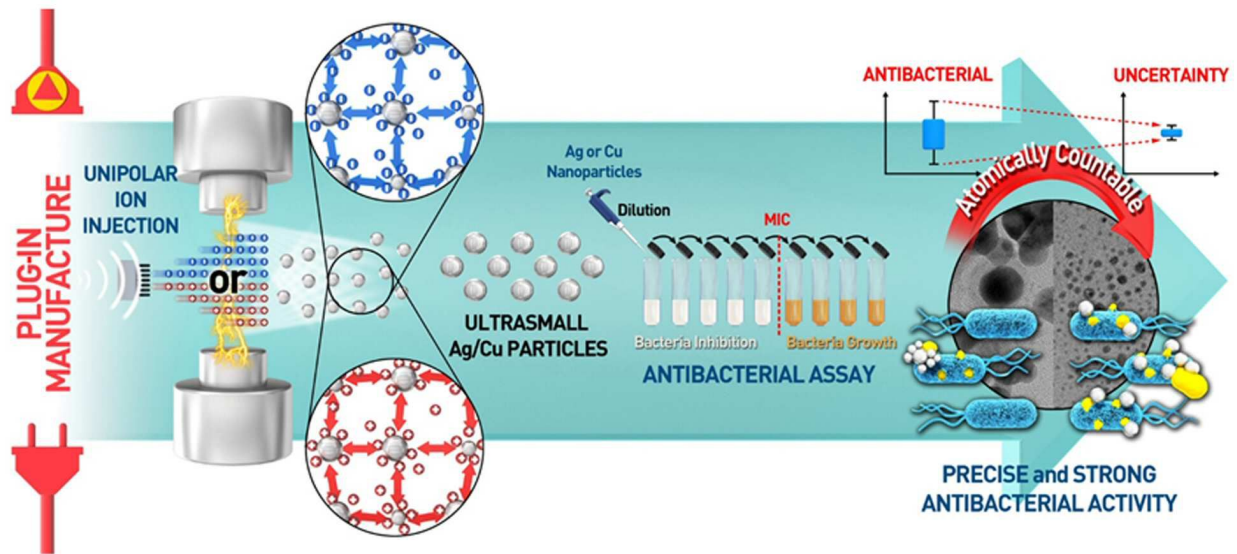
도면

도면1

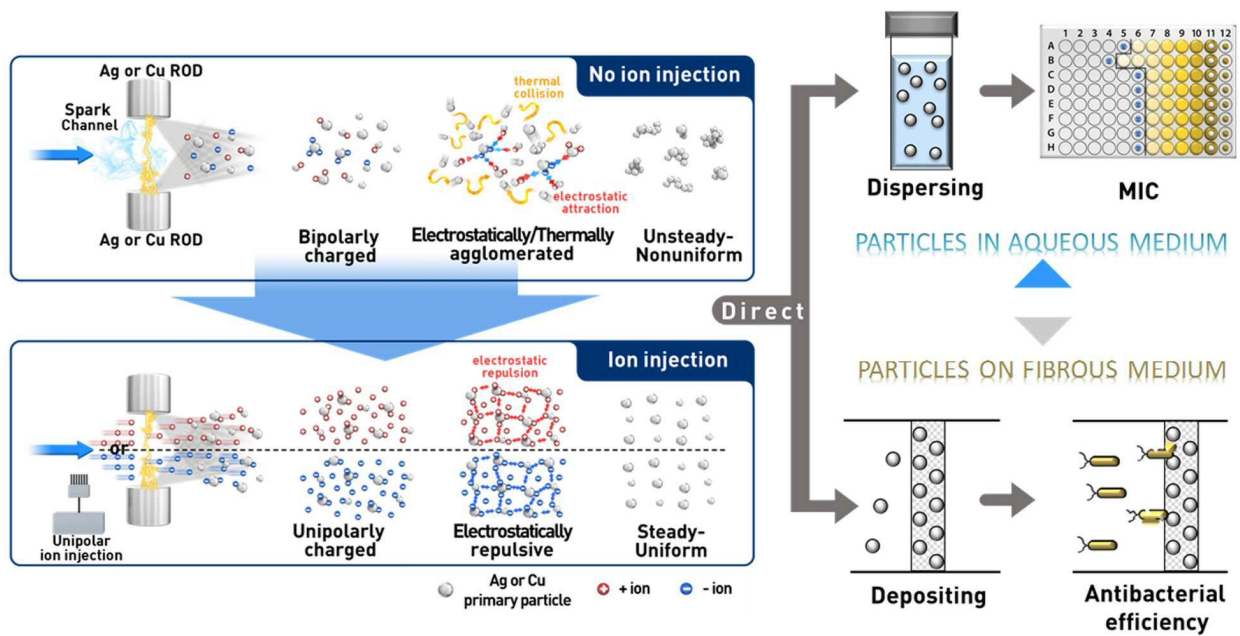




도면2

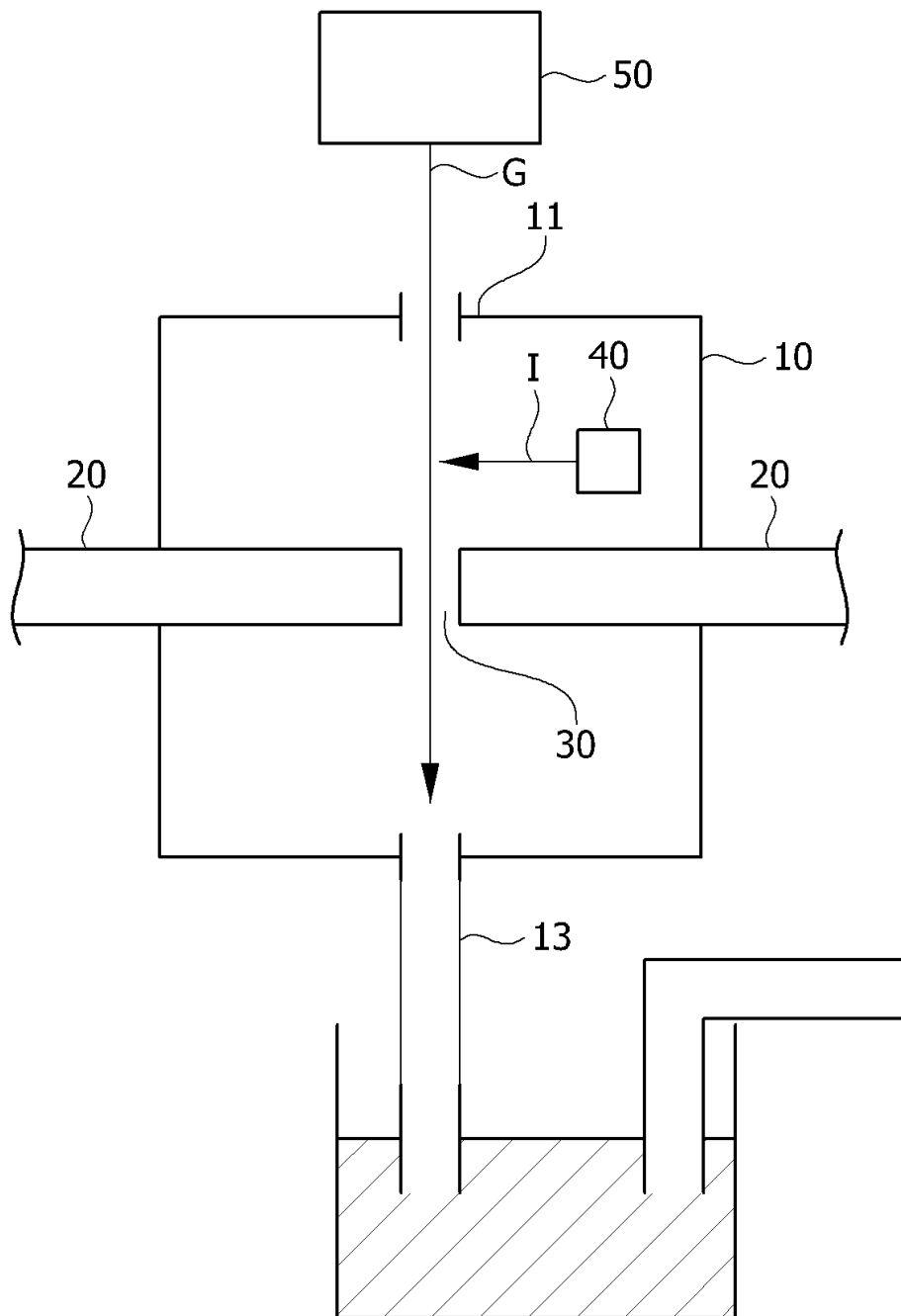


도면3





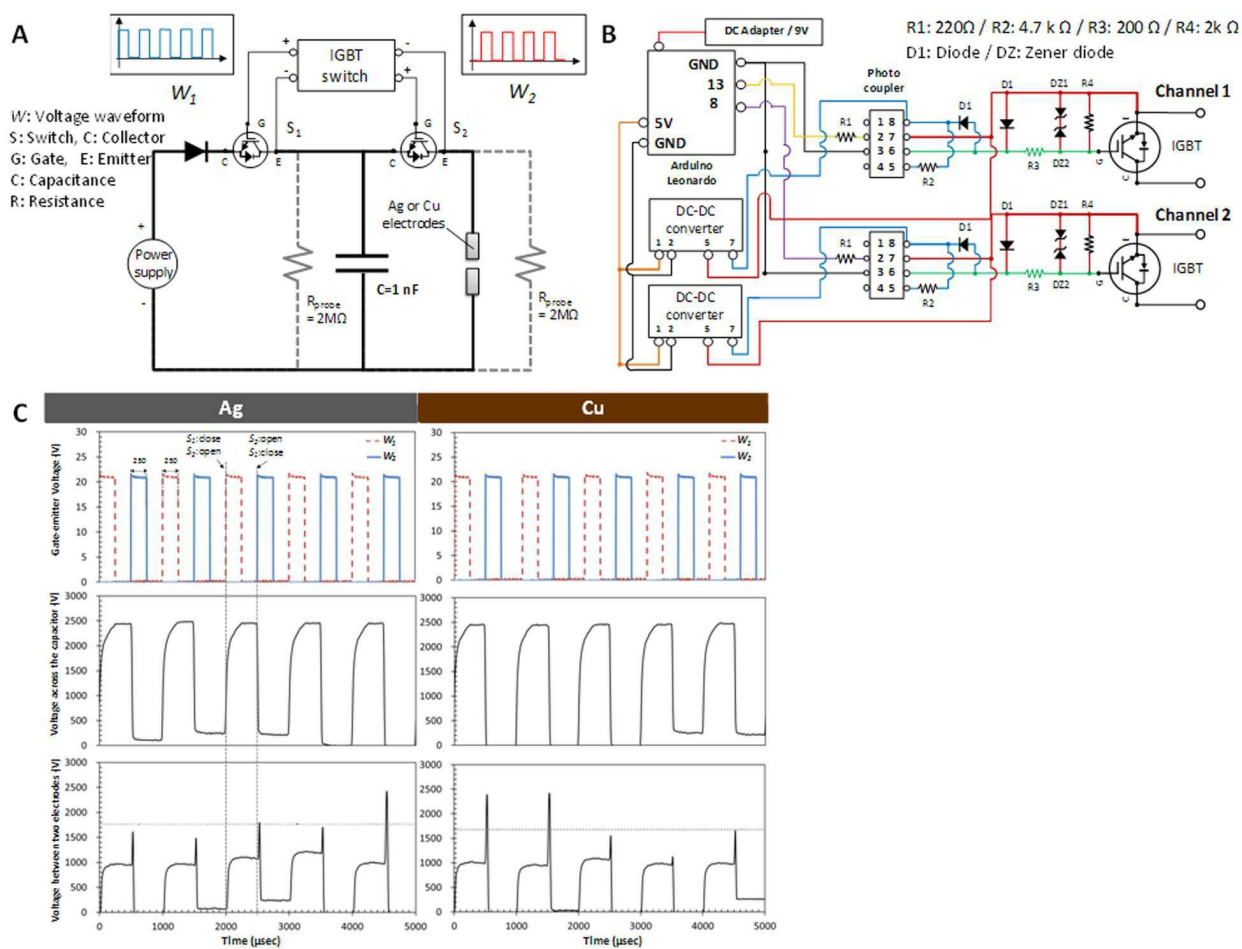
도면4



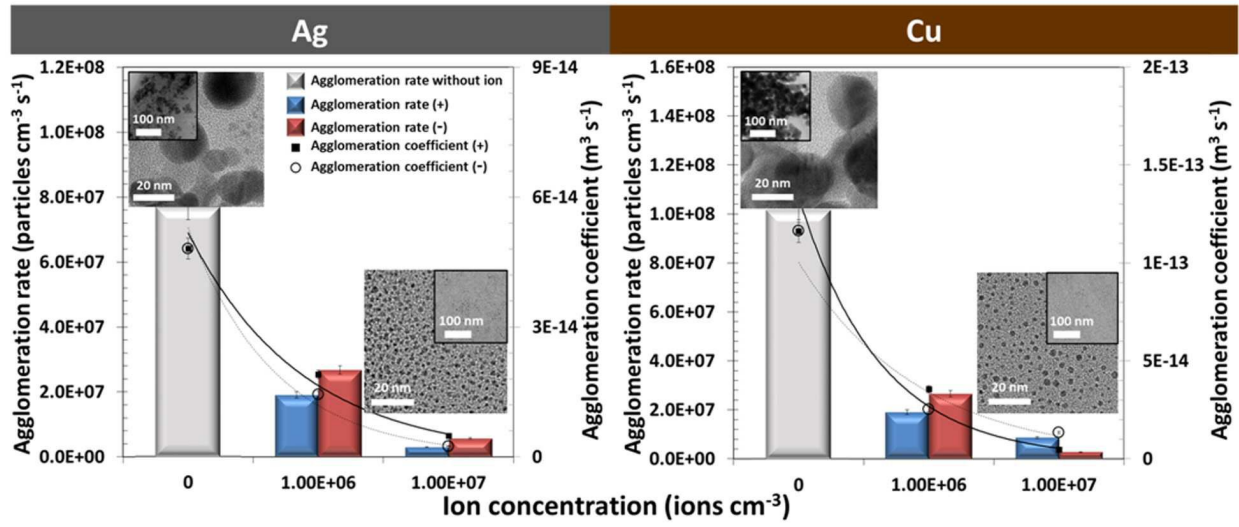
도면5



도면6

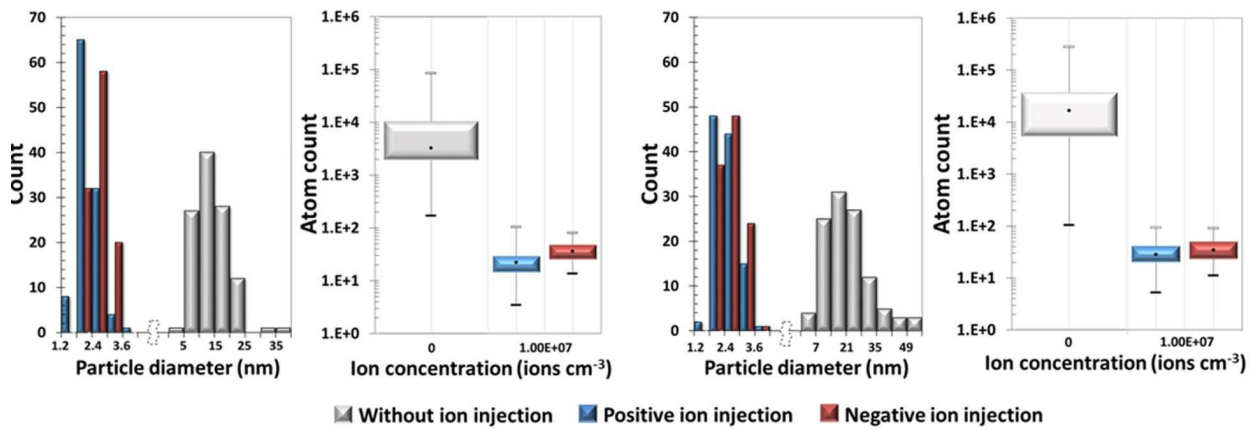


도면7



(a)

(b)



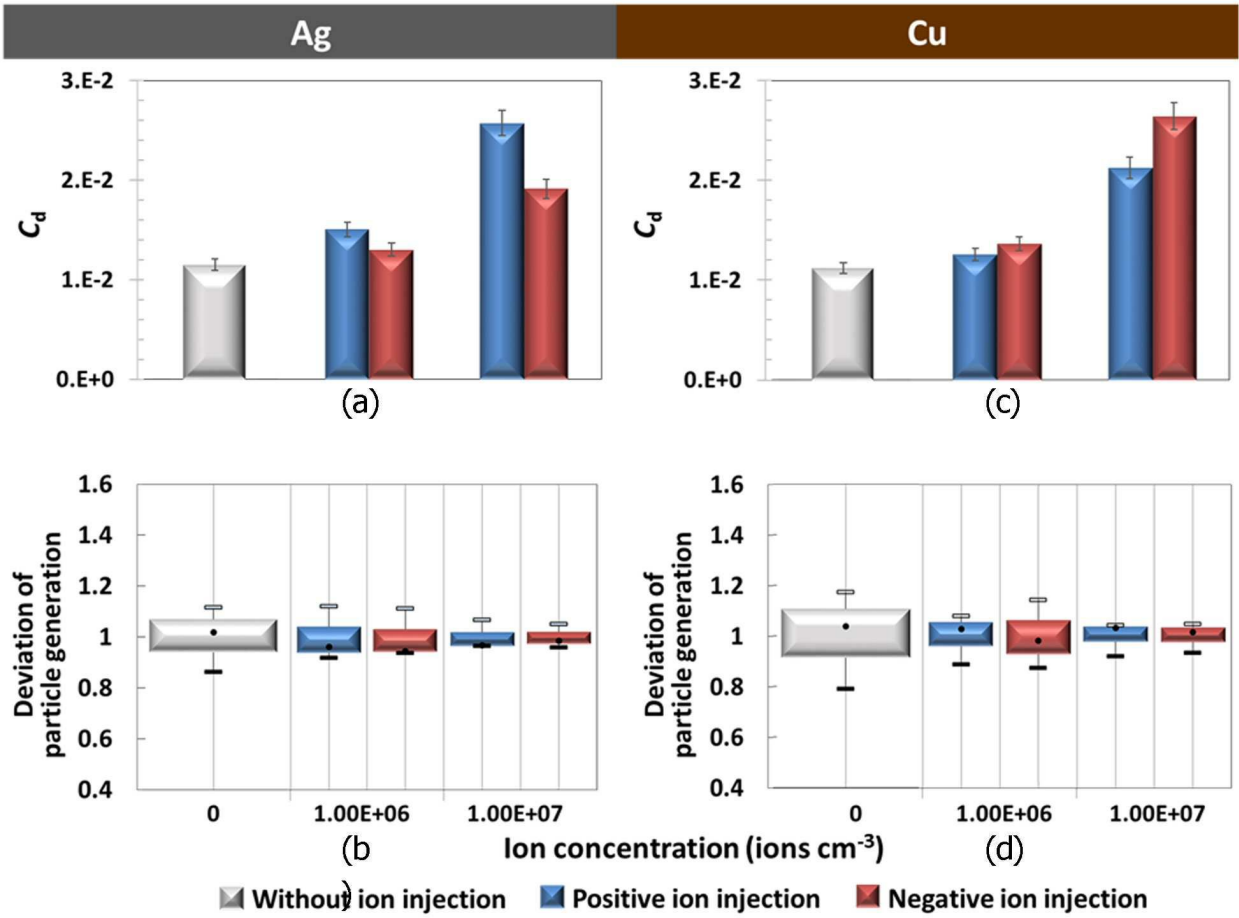
(c)

(d)

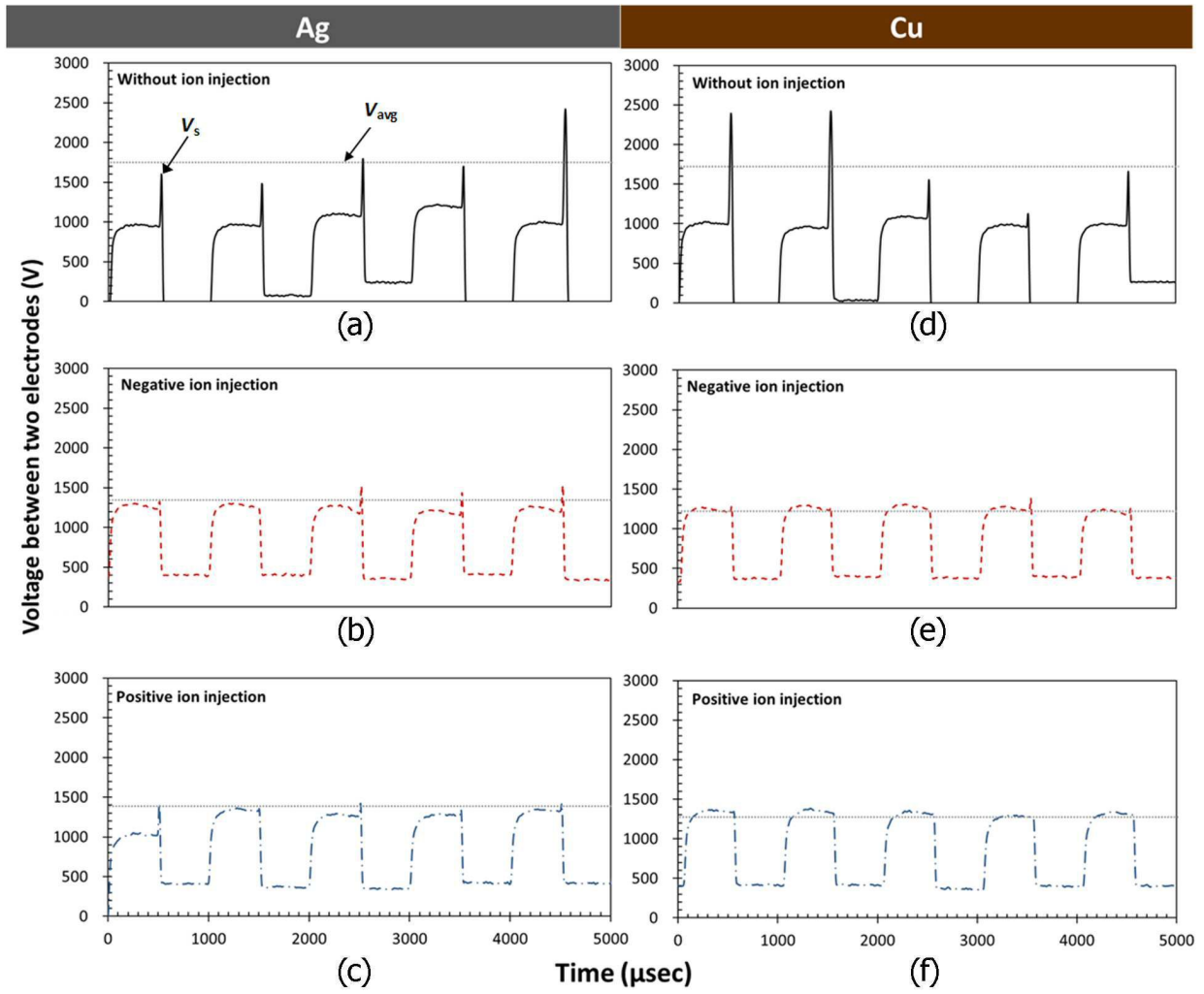
(e)

(f)

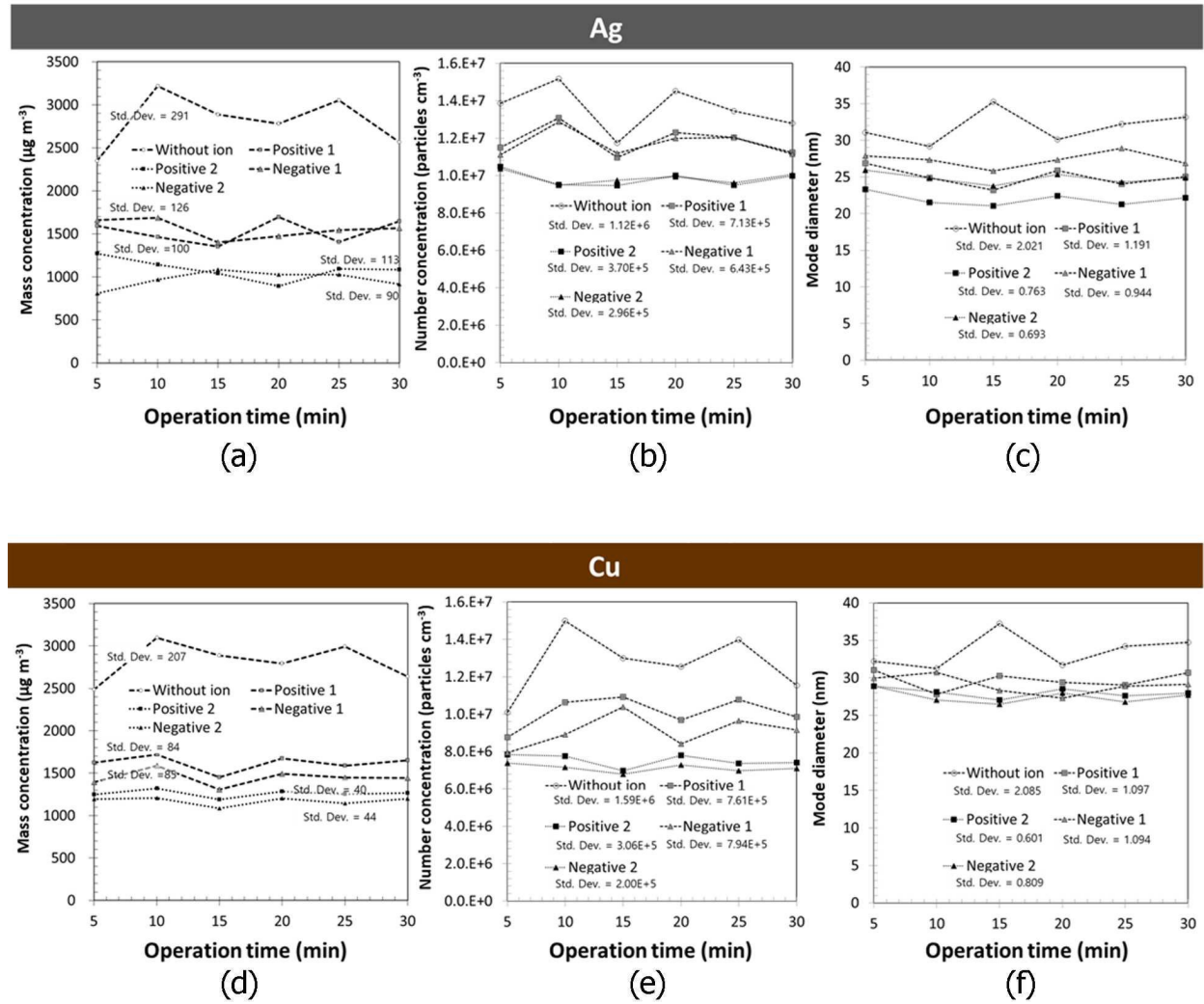
도면8



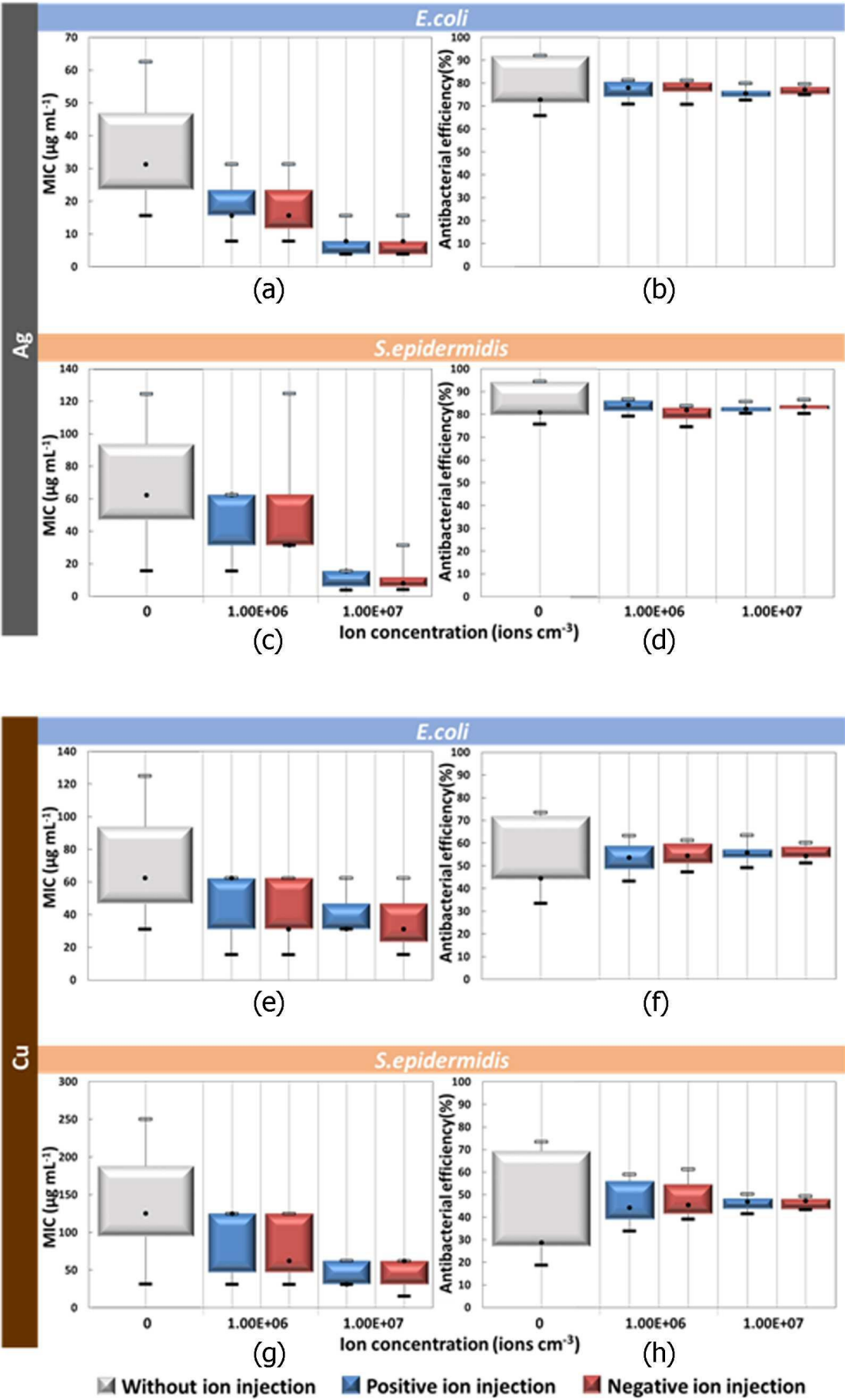
도면9



도면10

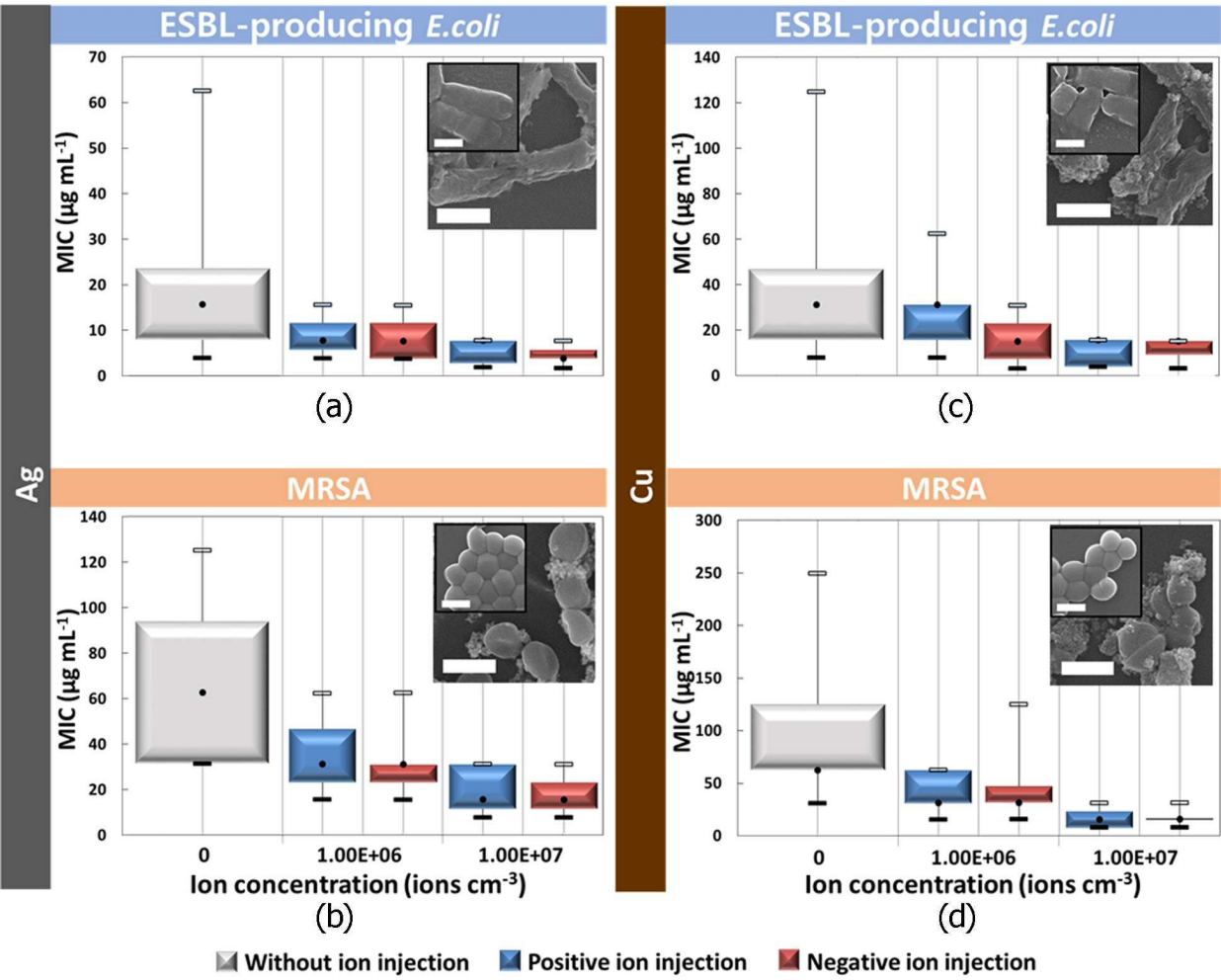


도면11

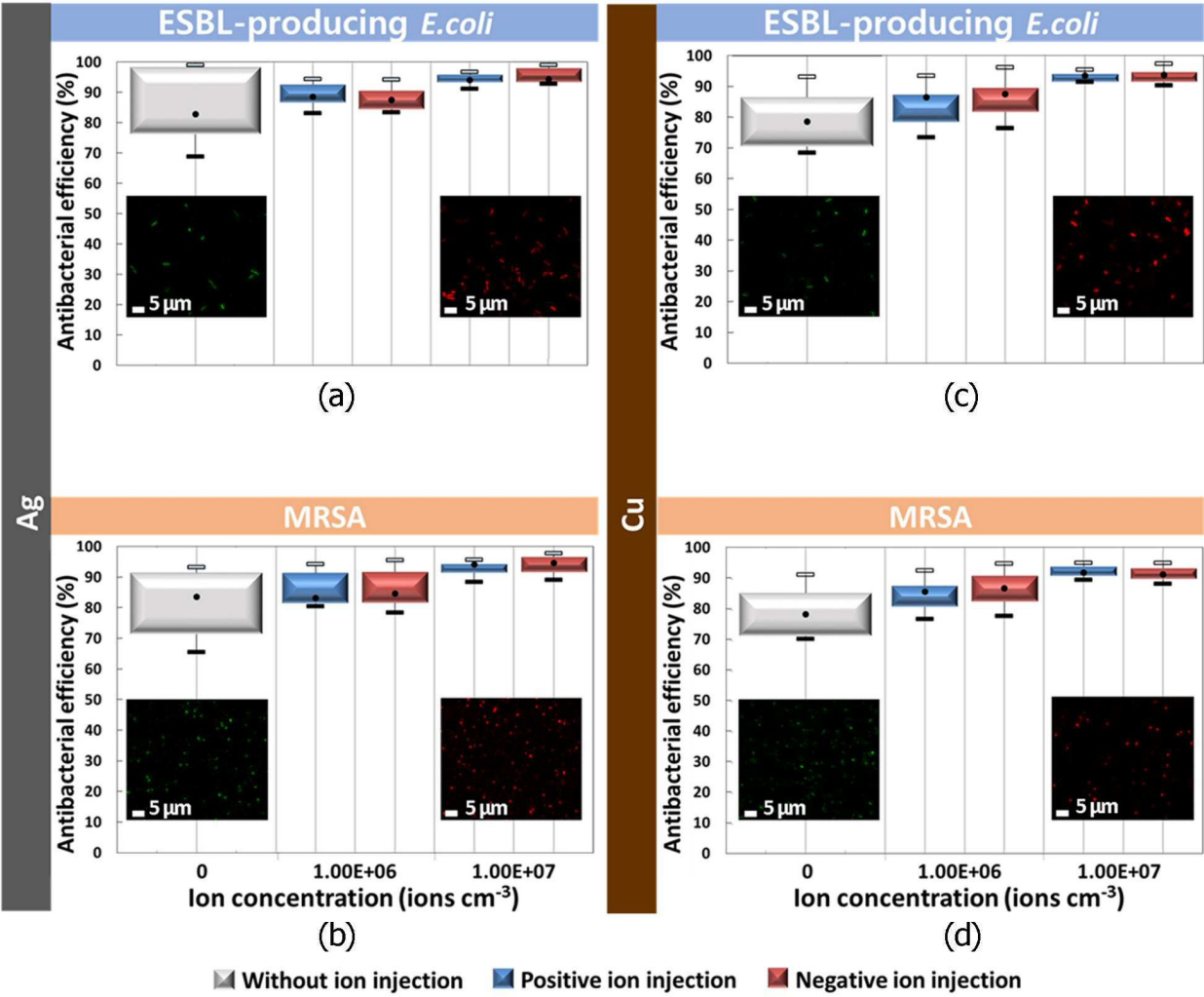




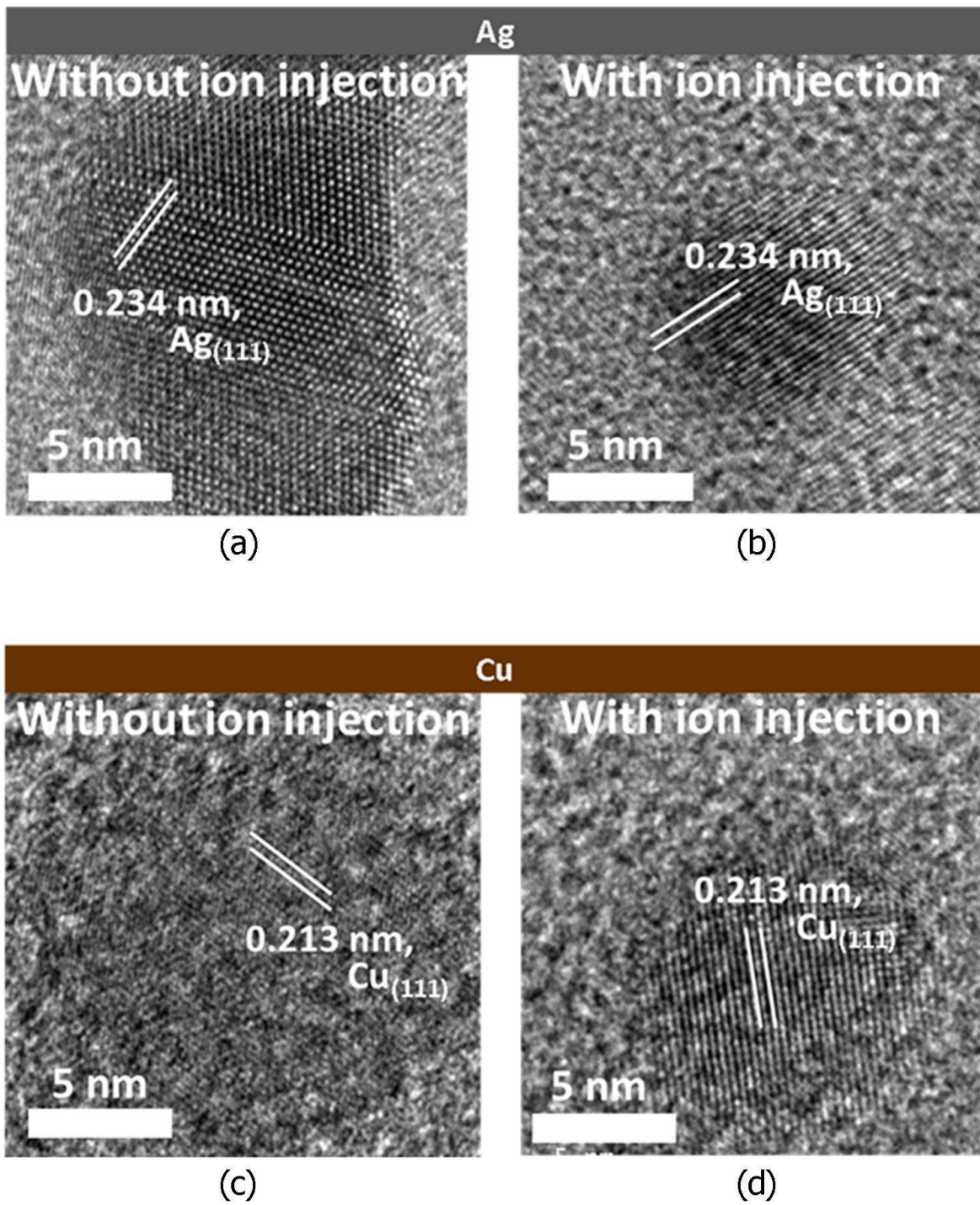
도면12



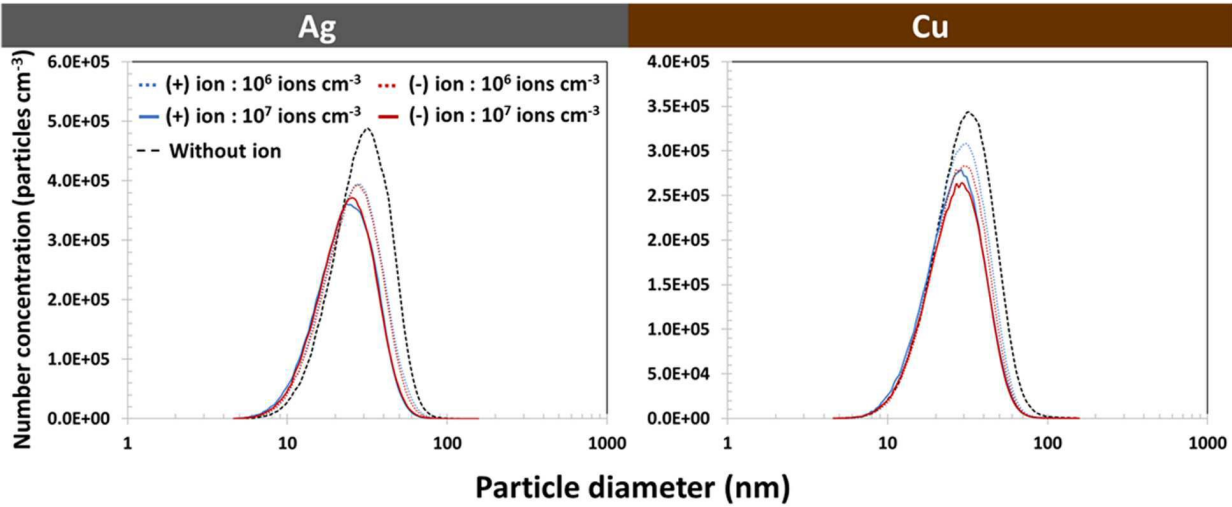
도면13



도면14



도면15



(a)

(b)