

# 전북대학교 소재공정용 60kW 및 200kW ICP(RF) 플라즈마 발생 장치 구축 현황

이미연\* · 김정수\* · 서준호\*\* · 최성만\* \*\* · 홍봉근\*

## Chonbuk National University 60kW and 200kw ICP(RF) Plasma systems for Advance Material processing

Mi-Yeon lee\* · jeong-Soo Kim\* · jun-Ho Seo\*\* · Seong-man Choi\* \*\* · Bong-guen Hong\*

### ABSTRACT

Chonbuk national university High-enthalpy plasma research center is under construction for 60kW and 200kw ICP(RF) Plasma system as Advance Material R&D and production equipment. The 60kW & 200kW ICP(RF) plasma systems will contribute to promote Korea's material industrial development and Thermal plasma technology.

### 초 록

전북대학교 고온 플라즈마 응용 연구 센터 구축사업단은 교육과학기술부 기초연구사업 중 고가연구 장비 구축사업을 통하여 고부가가치 재료 연구 및 시험생산이 가능한 소재공정용 60kW 와 200kW ICP(RF) 플라즈마 발생장치를 구축하고 있다. 나노분말소재의 합성과 플라즈마 용사 코팅이 가능한 대형 ICP(RF) 플라즈마 장치 구축을 통하여 차세대 전자 부품 소재의 개발 및 고온 플라즈마 기술의 산업화에 이바지 하고자 한다.

Key Words: ICP(RF) type Plasma torch(고주파 플라즈마 토치), Nanopowder synthesis(나노분말 합성), Thermal plasma spray coating( 열플라즈마 용사 코팅)

### 1. 서 론

플라즈마는 초고온에서 음전하를 가진 전자와

양전하를 가진 이온으로 분리된 기체로 전하 분리도가 높으면서도 중성을 띠고 있는 물질의 상태를 의미한다. 플라즈마는 다양한 산업 분야에 양질의 에너지를 공급하는 고급 기술로서 전자 부품의 미세 제조공정에서부터 플라즈마의 자기 밀폐를 이용한 대규모 핵융합 발전까지 산업전반에서 매우 광범위하게 요구되고 있다. 특히,

\* 전북대학교 고온플라즈마 응용연구센터

\*\* 전북대학교 항공우주공학과

† 교신저자, E-mail: jhseo@jbn.ac.kr

반도체, 태양전지, 적층형 세라믹 캐패시터, 디스플레이 등의 부품 소재 산업 분야에서는 박막 코팅, 표면처리 등의 공정을 위한 저온플라즈마에서 열 용사 코팅, 나노 소재 합성, 소재 정련을 위한 고온 플라즈마까지 다양하게 응용되고 있으며 그 영역이 확대되고 있다. 그러나 플라즈마 장치는 소재 부품산업 및 플라즈마 응용 산업의 핵심 기반 시설임에도 불구하고 국내에서는 저온 플라즈마를 활용한 장치 응용에 한정되어 있으며, 고온 플라즈마 기술의 산업화에 필요한 플라즈마 열원의 설계, 제작 및 관련 인프라의 구축이 미흡한 상태이다.[1]

이에, 전북대학교 고온플라즈마 응용연구센터는 수 MW/m<sup>2</sup> 이상의 고엔탈피 영역의 열적 부하와 초음속 유동 환경 하에서 견디는 재료 개발을 수행하는 우주항공재료 개발을 위한 0.4MW & 2.4MW Enhanced Huels형 플라즈마 발생장치와 차세대 전자, 디스플레이, 에너지 분야 등의 부품 소재산업분야에서 필요로 하는 고기능 복합 나노분말소재의 합성과 금속/세라믹 분말을 기관 표면에 코팅하는 플라즈마 용사 코팅이 가능한 응용연구 개발용 60kW 와 상용화 연구를 위한 200kW 급 대형 ICP(RF) 플라즈마 장치를 구축하고 있다. 본 논문에서는 소재 공정용 60kW 및 200kW ICP(RF) 플라즈마 장치에 대하여 소개하고자 한다.

## 2. 소재 공정용 ICP(RF) 플라즈마 발생 장치

고온플라즈마 (High-enthalpy Plasma)는 직류 아크나 고주파 유도결합 방전을 통해, 플라즈마 토치 내에서 발생시킨 이온화된 열유체로서 1,000-20,000 °C의 온도범위와 1-2000 m/s의 속도범위를 가지는 초고온 불꽃 형태를 띠고 있다. 따라서, 재래식 연소에 의한 화학적 반응으로 발생시킨 열 유체에서는 얻을 수 없는 초고온, 대열용량의 열 유동 특성을 쉽게 구현할 수 있기 때문에, 열 플라즈마는 빠른 열 및 물질 전달과 급랭기체 등에 의한 급속냉각이 가능하게 되며, 그 결과로 신속한 반응과 단축된 가공 및

대량의 공정처리 조건을 제공해 줄 수 있어서, 한계에 다다른 기존 열유체 응용기술을 대체할 수 있는 새로운 열원으로 각광받고 있다. 특히, 고주파 유도결합 플라즈마(ICP(RF))는 무엇보다, 직류 토치에 비해 전극에 의한 오염이 없을 뿐만 아니라, 축 방향 주입이 가능하고, 고온 영역의 체적이 수십 배로 커지고 속도가 느려서 반응물이 오랫동안 고온 플라즈마 환경에 머물러 더욱 효과적인 열전달이 일어날 수 있기 때문에, 분말 합성 등 신소재 개발에 많이 활용되고 있다.



Fig. 1 소재 공정용 ICP(RF)플라즈마 발생 장치 모식도

### 2.1 다목적 60kW ICP(RF) 플라즈마 발생 장치

다목적 60kW ICP(RF)플라즈마발생장치는 Dual Output을 가진 하나의 전원에서 나노 분말 합성과 열 용사 코팅이 모두 가능한 다목적 system으로 60kW급 플라즈마 발생기, 분말 합성부, 분말 코팅부, 배기부로 구성되어 있다. Table. 1에 장치 사양을 제시하였다.

### 2.2 200kW ICP(RF)플라즈마 발생 장치

200kW ICP(RF)플라즈마 발생 장치는 산업용 소재 공정 장치로써 시간당 20~30kg 의 나노 분말 생산 할 수 있도록 설계 되었다. 200kW급 플라즈마 발생기, 나노분말합성부(반응기+포집부), 배기부로 구성되어 있으며, 원격 제어가 가능하도록 설계되었다. Table. 2에 사양을 제시하였다.

Table 1 다목적 60kW ICP(RF)플라즈마 발생 장치 사양

명칭	다목적 60kW ICP(RF)플라즈마 발생장치/ 1system
규격 및 사양	<p><b>1) 60kW ICP(RF) 플라즈마 발생기</b>                      -Dual output Power supply: 1~ 5 MHz / <math>V_p \times I_p \geq 60 \text{ kW}</math> / 효율 <math>\geq 60 \%</math> @ 60 kW                      -RF Torch : Silicon Nitride Confinement Tube (ID 40~60mm)</p> <p><b>2) 나노분말 합성 성능</b>                      For SnO<sub>2</sub> or suggested powders                      -D50 (nm) : <math>\leq 100</math>                      -Particle Size Distribution (D99/50): <math>\leq 2.5</math>                      -Mass Production Rate (g/hr) : <math>\geq 200</math></p> <p><b>3) 플라즈마 코팅 성능</b>                      For DLC (Diamond Like Carbon) Coating                      - coating speed : <math>\geq 70 \mu\text{m/hr}</math>                      For SOFC electrolyte coating                      -coating speed : <math>\geq 2 \mu\text{m/min}</math>                      -porosity : <math>\leq 5\%</math></p> <p><b>4) 배기부: Heat Exchanger + Dry Pump System + Gas Recycling Unit</b></p> <p><b>5) PLC 원격 제어 및 안전 장치 겸비.</b></p>
기능 (용도)	-200 nm 이하 초미분 (금속, 세라믹, 복합물질) 생산 및 용사 코팅 장치 - 200g~1200g/.hr의 모재료 공급을 통한 연속 공정 -다양한 합성/코팅 분위기 제어

Table 2 200kW ICP(RF)플라즈마 발생장치 사양

명칭	200kW ICP(RF)플라즈마 발생장치/ 1system
규격 및 사양	<p><b>1) 200kW ICP(RF) 플라즈마 발생기</b>                      -Power supply: 1~ 5 MHz / <math>V_p \times I_p \geq 200 \text{ kW}</math> / 효율 <math>\geq 60 \%</math> @ 200 kW                      -RF Torch :Silicon Nitride Confinement Tube (ID 50~200mm)</p> <p><b>2) 나노 분말 합성 성능</b>                      For SnO<sub>2</sub> or suggested powders                      -D50 (nm) : <math>\leq 100</math>                      -Particle Size Distribution (D99/50): <math>\leq 2.5</math>                      -Mass Production Rate (g/hr) : <math>\geq 600</math></p> <p><b>3) 배기부: Heat Exchanger + Dry Pump System + Gas Recycling Unit</b></p> <p><b>4) PLC 원격 제어 및 안전 장치 겸비.</b></p>
기능 (용도)	-200nm이하 초미분의 시간당 2000~30000g 연속 생산이 가능한 산업용 소재 공정 장치 -다양한 합성 분위기 제어(산화/환원/질화 불활성 등)

### 3. 기대효과

전북대학교 고온플라즈마응용연구센터는 고가의 소재공정용 플라즈마 장치 구축을 통하여 나노 분말 합성, 고온고강도 신소재 연구 및 이를 활용한 첨단 소재, 응용연구의 핵심 인프라 역할을 수행할 것이다. 또한 생산목적에 최적화된 플라즈마 발생장치를 공급함으로써 국내 소재 산업 육성에 기여하고자 한다.

### 참 고 문 헌

1. 고온플라즈마응용연구센터, "고온플라즈마응용연구센터 구축사업 연차 실적계획서", 2010