기술 설명서 요약본

기 술 명	전하량 조절용 플라즈마 공정장치 기술
기술분류 (대분류/중분류)	해양공학 - 해양장비
기 업 명	(주)화인솔루션

기 술 개 요

▣ 신청 기술 주요내용 및 특징

○ 내용

- 해양 레저용 제품의 표면 재질과 상태에 따라 플라즈마 이온을 다르게 주입하며 코팅할 수 있는 각각의 애노드와 캐소드 전극 플라즈마를 발생시켜 공정하는 기술임.
- 제품 표면에 대하여 애노드와 캐소드 전극에서 각각 양이온과 전자를 방출하는 플라즈마를 발생하며, 물체 표면에 이들 이온을 동시에 노출시키고, 표면 특성에 맞게 주입되는 이온의 양을 조절하며 처리할 수 있는 기술임.

○ 특징

- 제품의 표면이 금속과 같은 무기물은 물론이고, 다양한 폴리머 재질까지도 코팅막의 부착력을 높일 수 있는 동시 이온빔 표면 처리가 가능한 기술임.

▣ 기존 기술과의 차별성

○ 다양한 재질의 해양 레저용 제품 표면 위에 원하는 물질을 박막으로 코팅하기 위해서는 물질 표면 상태에 따라 표면 처리 방식이 달라야 하며, 이를 위해서는 애노드와 캐소드 전극으로부터 동시 또는 각각 플라즈마를 발생시켜 물질 표면 상태에 맞는 플라즈마 처리 기술이 요구됨.

○ 이러한 기술을 산업용으로 적용하기 위해서는 안정적으로 장시간 구동하는 각각의 플라즈마 발생용 애노드 전극과 캐소드 전극, 이온 전류 검출 등의 장치 요소기술이 필요함.

○ 기존 기술에 대한 제안 기술의 차별성은 <표 1>과 같음.

<표 1> 기존 기술과 제안 기술의 차별성.

구 분	내 용	기존기술	신청기술	비 고
신규성	혼합 이온빔 믹싱과 전하량 제어	해당 없음	성능 입증	<첨부 35>
신규성 / 기술성	애노드와 캐소드 동시 가동 가능성 검증, 가스 유량에 대한 플라즈마 구동압력 안정성	불안정	성능 입증	<첨부 19> <첨부 21> <첨부 23> <첨부 24> <첨부 33>
기술성	초점형 이온빔 형상	해당 없음	성능 입증	<첨부 34>
산업성	장치 내구성 검증 애노드 발열 특성	검출	검출 안됨	<첨부 32>
산업성	장치 내구성 검증 애노드 불순물 검출	검출	검출 안됨	<첨부 32>

공공성	친환경 표면처리 공정 검증, PTFE 표면 처리 후 극소수성으로 개질	해당 없음	성능 입증	<첨부 28>
공공성	친환경 표면처리 공정 검증, PET 표면 처리 후 친수성으로 개질	성능 입증	성능 입증	<첨부 29>

경제·산업적 파급효과

○ 본 기술을 해양 공학용 장비나 레저용 제품의 제조 공정 중 표면처리 과정에 적용함으로써 내구성 향상은 물론이고, 제품의 신뢰성과 부가가치를 높일 수 있음.

○ 해양 레저용 제품뿐만 아니라 선박, 항공기, 자동차, 건축용 내외장재와 반도체 및 디스플레이 제품에 이르기까지 향후 폭발적으로 증가하게 될 기능성 박막 코팅 산업에 대한 주도권을 확보할 수 있음.

○ 표면 개질과 같은 동시 표면 처리 장치와 요소 기술 확보로 인해 수입 대체 및 수출 효과 발생.
(산업용 플라즈마 코팅 장치 가격 : 65 ~ 120억원/대)
(1.5 m급 애노드 전극(이온빔 소스) 수입가 : > 1.2억원/대)

지식재산권 및 시험성적

▣ 지식재산권

국내 특허		해외 특허		기타(실용신안, 상표, 디자인 등)	
출원: 7 건	등록: 7 건	출원: 5 건	등록: 1 건	출원: 건	등록: 건

구분	출원번호 (등록번호)	출원일자 (등록일자)	출원명칭 (등록명칭)	출원인 (권리자)
특허/대한민국	10-2016-0041969 (10-1677005)	2016-04-05 (2016-11-11)	전하량 조절이 가능한 플라즈마 공정장치	㈜화인솔루션
특허/PCT	KR2017/003663	2017-04-04	전하량 조절이 가능한 플라즈마 공정장치	㈜화인솔루션
특허 / 중국	320157750(접수)	2018-09-28	전하량 조절이 가능한 플라즈마 공정장치	㈜화인솔루션
특허 / 일본	JP2018-550754	2018-09-27	전하량 조절이 가능한 플라즈마 공정장치	㈜화인솔루션
특허/대한민국	10-2013-0046947 (10-1478216)	2013-04-26 (2014-12-24)	이온 소스 및 이를 갖는 이온빔 처리장치	㈜화인솔루션
특허/대한민국	10-2013-0067501 (10-1480114)	2013-06-13 (2014-12-31)	밀폐 고정 절연부를 갖는 이온소스	㈜화인솔루션
특허/대한민국	10-2013-0131434 (10-1817220)	2013-10-31 (2018-01-04)	경사진 다중루프 이온소스, 이를 갖는 이온빔 처리 장치 및 이온빔 스퍼터링 장치	㈜화인솔루션
특허/대한민국	10-2014-0041227 (10-1566384)	2014-04-07 (2015-10-30)	전극에 가스 분출구를 갖는 이온소스	㈜화인솔루션
특허/대한민국	10-2014-0082755 (10-1637158)	2014-07-02 (2016-07-01)	이온 소스	㈜화인솔루션
특허/대한민국	10-2014-0096143 (10-1637160)	2014-07-29 (2016-07-01)	이온 소스	㈜화인솔루션
특허 / 미국	US14/923,363 (9269535)	2015-10-26 (2016-02-23)	이온 소스	㈜화인솔루션
특허 / 일본	JP2016-510624	2015-10-23	이온 소스	㈜화인솔루션

▣ 시험성적	
시험기관:	한국기술교육대학교
시험내용:	**이온빔 불순물 측정 시료(유리판) <시험 성적서>** - 동일 구동압력에서 가동한 기존 기술 제품과 제안 기술 제품의 유리 표면처리 상태 측정 - 시편 표면에 대한 XPS 측정
시험결과:	- 동일 구동 압력에서 시험한 결과 기존 기술 제품에서는 Fe 2p peak이 24.85 atomic % 검출된 반면, 제안기술 제품에서는 불순물이 검출되지 않았음.
시험기관:	한국기술교육대학교
시험내용:	**유리 기판 단면 FE-SEM 측정 <시험 성적서>** - 동일 구동압력에서 가동한 기존 기술 제품과 제안 기술 제품의 유리 표면처리 상태 측정 - 시편 절단면에 대한 전자현미경 측정
시험결과:	- 동일 구동 압력에서 시험한 결과 기존 기술 제품에서는 불순물이 75 nm이상 쌓인 반면, 제안기술 제품에서는 불순물이 검출되지 않았고 식각이 일어났음.
시험기관:	코리아인스트루먼트
시험내용:	**Power Supply(SDC402D25PR3) 시험 <교정 성적서>** - 전원공급장치 교정 시험 - 'KIC06-CP-40107, KIC06-CP-40110'에 준함.
시험결과:	- 애노드 입력용 전원장치의 출력 상태를 확인하고 교정함.
시험기관:	코리아인스트루먼트
시험내용:	**Power Supply(SDC1022A) 시험 <교정 성적서>** - 전원공급장치 교정 시험 - 'KIC06-CP-40107, KIC06-CP-40110'에 준함.
시험결과:	- 캐소드 입력용 전원장치의 출력 상태를 확인하고 교정함.
시험기관:	한국표준과학연구원
시험내용:	**Pirani gauge 교정 시험 <교정 성적서>** - 열전도형진공계 'C-09-2-0010-2012'에 준함.
시험결과:	- 게이지 신호에 대한 출력 상태를 확인하고 교정함.
시험기관:	한국표준과학연구원
시험내용:	**Full range gauge 교정 시험 <교정 성적서>** - 열전도형진공계 'C-09-2-0010-2012'에 준함. - 이온진공계 'C-09-2-0020-2012'에 준함.
시험결과:	- 게이지 신호에 대한 출력 상태를 확인하고 교정함.
시험기관:	한국화학융합시험연구원
시험내용:	**Characteristic of Base vacuum circumstance <기술검증보고서>** - 이온빔 소스 검증용 진공 용기의 기본진공 도달 상태 검증
시험결과:	- 시험용 장비의 기본 진공 성능이 5 x 10^{-6} Torr 이하 조건을 충족하는지 정확성을 검증함.
시험기관:	한국표준과학연구원
시험내용:	**Capacitance diaphragm gauge 교정 시험 <교정 성적서>** - 용량형진공계 'C-09-006'에 준함.
시험결과:	- 게이지 신호에 대한 출력 상태를 확인하고 교정함.
시험기관:	한국화학융합시험연구원
시험내용:	**Pressure control function <기술검증보고서>** - 진공용기 내의 압력 제어 상태 검증
시험결과:	- 진공 용기 내의 압력을 필요에 따라 제어할 수 있는 환경을 구축하였으며, 이를 5 x 10^{-5} ~ 2 x 10^{-3} Torr 이내의 범위에서 제어 정확성을 검증함.

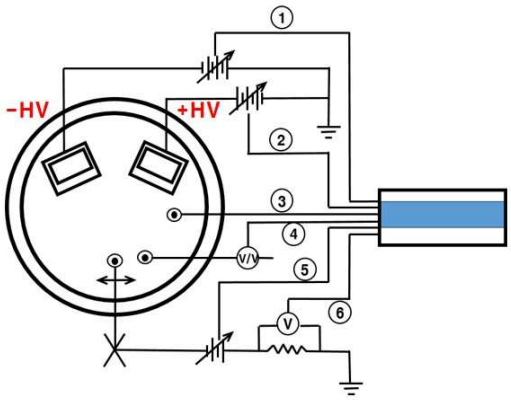
시험기관:	한국기계전기전자시험연구원
시험내용:	**애노드 및 캐소드 이온전류 계측장치 교정 시험 <교정 성적서>** - 이온빔 검출장치의 출력 상태와 계측장치 교정 - 시험 규격 'IEC 60068-1"에 준함.
시험결과:	- 이온 전류 계측장치의 입력 신호에 대한 출력 상태를 확인하고 교정함.
시험기관:	한국화학융합시험연구원
시험내용:	**이온빔 형상(전류밀도) 시험 <기술검증보고서>** - 이온빔 검출장치를 이용하여 애노드 전극에서 발생되는 빔 전류 측정
시험결과:	- 애노드 전극에서 방출하는 이온 전류를 계측하였으며, 신뢰성 및 정확성을 검증함. - 이온 전류밀도가 0.5 mA/㎠로 측정됨.
시험기관:	한국화학융합시험연구원
시험내용:	**인가전압 시험 <기술검증보고서>** - 이온빔 검출장치를 이용하여 애노드 전극에 원하는 전압이 인가되고 있음을 시험 검증함.
시험결과:	- 애노드 전극에 원하는 전압이 인가되고 있음을 확인 검증함. - 인가전압 범위는 700 ~ 3,500 V임.
시험기관:	한국기술교육대학교
시험내용:	**이온빔 불순물 측정 시료(비이커) <시험 성적서>** - 동일 빔 형상으로 가동한 기존 기술 제품과 제안 기술 제품의 불순물 발생여부 측정 - 시편 표면에 대한 XPS 측정
시험결과:	- 동일 빔 형태로 시험한 결과 기존 기술 제품에서는 Fe 2p peak이 5.4 atomic % 검출된 반면, 제안기술 제품에서는 불순물이 검출되지 않았음.
시험기관:	한국화학융합시험연구원
시험내용:	**내전압 시험 <시험 성적서>** - 이온빔 소스의 전원선과 전원선, 전원선과 배관 사이의 내전압 시험 - 시험 규격 'IEC61010-1:2010'에 준함.
시험결과:	- 내전압 시험 결과 전원선과 전원선 AC 1500V, 전원선과 배관 AC 3000V 사이에 이상 없음을 확인함.
시험기관:	한국화학융합시험연구원
시험내용:	**열충격 시험 <시험 성적서>** - 이온빔 소스의 외부 열 충격 환경 시험 - 시험 규격 'IEC60068-2-2:2014'에 준함.
시험결과:	- 200 ℃, 2시간 동안 열 충격 환경시험 결과 이상 없음을 확인함.
시험기관:	한국고분자시험연구소
시험내용:	**표면개질 후 접촉각시험 <시험 성적서>** - 이온빔 처리한 PTFE 표면 측정 - 시험 규격 'KS L 2110'에 준함.
시험결과:	- 이온빔 처리한 PTFE 표면의 접촉각이 156도 이상의 극소수성으로 개질되었음.
시험기관:	한국고분자시험연구소
시험내용:	**표면개질 후 접촉각시험 <시험 성적서>** - 이온빔 처리한 PET 표면 측정 - 시험 규격 'ASTM D5946'에 준함.
시험결과:	- 이온빔 처리한 PET 표면의 접촉각이 79.9도에서 18.9도 이하의 친수성으로 개질되었음.
시험기관:	한국고분자시험연구소
시험내용:	**표면개질 후 접촉각시험 <시험 성적서>** - 이온빔 처리한 유리 표면 측정

	- 시험 규격 'ASTM D5946'에 준함.
시험결과:	- 이온빔 처리한 유리 표면의 접촉각이 23도에서 10도로 변하였음.
시험기관:	한국화학융합시험연구원
시험내용:	**전기자기파 시험 <시험 성적서>** - CE 인증 자료로 제출하기 위한 플라즈마 복합기의 전기자기 적합성 평가 시험 - 시험 규격 'EN61000-6-4:2007+A1:2011', 'EN61000-6-2:2005+AC:2005', 'EN61000-3-2:2014', 'EN61000-3-3:2013'에 준함.
시험결과:	- 시험 규격에 따른 제품의 유럽위원회 전기자기 적합성 평가결과 본 장비는 적합한 것으로 확인함.
시험기관:	한국진공학회
시험내용:	**애노드 전극의 구동 및 열적 안정성 시험 및 분석 <연구 논문>** - 장시간 구동에 따른 불순물 발생과 발열 현상 여부를 시험하고 분석함. - Appl. Sci. Converg. Technol. **27**, 47, (2018).
시험결과:	- 제안기술을 적용한 전극은 불순물과 발열 현상이 검출되지 않았으며, 장시간 구동에도 안정성이 확보될 수 있음을 확인함.
시험기관:	한국진공학회
시험내용:	**애노드 전극의 플라즈마 구동 임계 압력 특성 시험 및 분석 <연구 논문>** - 애노드 전극의 플라즈마 구동 압력 범위를 측정하고, 캐소드 플라즈마와 동시에 구동할 수 있음을 시험하였으며, 이유를 설명함. - Appl. Sci. Converg. Technol. **27**, 65, (2018).
시험결과:	- 전하 반발 메카니즘으로 구동하는 애노드 전극의 경우 임계 압력이 높기 때문에 캐소드 플라즈마를 동시 발진시킬 수 있음을 검증함.
시험기관:	한국진공학회
시험내용:	**애노드 전극에서 방출되는 초점형 이온의 특성 시험 및 분석 <연구 논문>** - 애노드 전극으로부터 방출되는 양이온을 모아 초점형으로 만들 수 있으며, 이를 시험하고 분석함. - Appl. Sci. Converg. Technol. **27**, 70, (2018).
시험결과:	- 특별한 기구를 사용하지 않고 방출되는 양이온을 한 점으로 모을 수 있음을 검증하였음.
시험기관:	한국해양과학기술진흥원
시험내용:	**표면처리용 이온빔 소스 개발 <최종 연구결과보고서>** - 본 개발 장치의 요소기술인 애노드 전극을 개발하고 이에 대한 특성을 객관적으로 검증하는 정부 과제를 수행함. - 한국화학융합시험연구원이 협동기관으로 참여하여 애노드 전극의 객관적 특성을 검증하였음.
시험결과:	- 애노드 전극의 안전성, 신뢰성, 전기적 특성, 전자기적 특성, 시험 장치의 객관성 등을 검증하고 보고하였음.
시험기관:	한국해양과학기술진흥원
시험내용:	**표면처리용 이온빔 소스 개발 <최종 연구결과 평가>** - 2017년 미래해양산업기술개발사업 최종 연구결과 내용을 평가하였음.
시험결과:	- 평가결과 우수 성공과제 판정을 받았음. (종합 평가점수 89.33)

신청 기술 대표 도면 및 시제품 사진 등

1. 신청기술 개요

▪ **단일 공정을 수행하기 위한 애노드와 캐소드의 복합 특성을 적용하는 기술임.**



신청 기술은

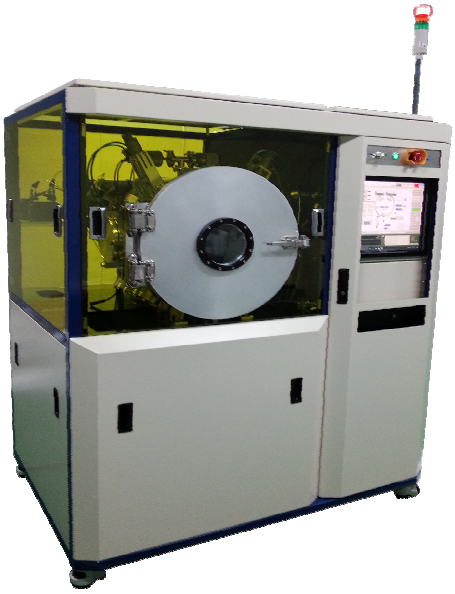
- 애노드와 캐소드 전극에 서로 다른 전원을 공급함.
- 가공물 재질과 표면 상태를 고려하여 주입되는 전하를 측정하고, 제어하는 장치 기술임.
- **향후, 딥 러닝 데이터 처리 방식 접목 가능**

단일 공정을 수행하는 장치로 구성되어 있으며, 애노드와 캐소드의 복합 특성을 얻을 수 있음.

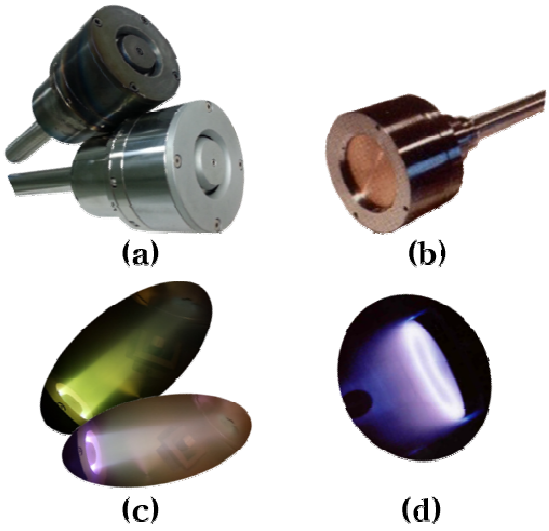
2. 기술 적용 시제품

1) 제품명 : 플라즈마 복합기(PCMC)

2) 제품사진



[그림 1] 플라즈마 복합기의 외관 형태.



[그림 2] 플라즈마 복합기에 장착된 플라즈마 발생용 전극과 플라즈마 현상.

(a)애노드(이온소스)전극, (b)캐소드전극, (c)애노드 플라즈마, (d)캐소드 플라즈마.