

# 산업용 디지털 엑스선 튜브 기술



ICT소재부품연구소  
소재부품원천연구본부  
신소재연구그룹



## 목 차

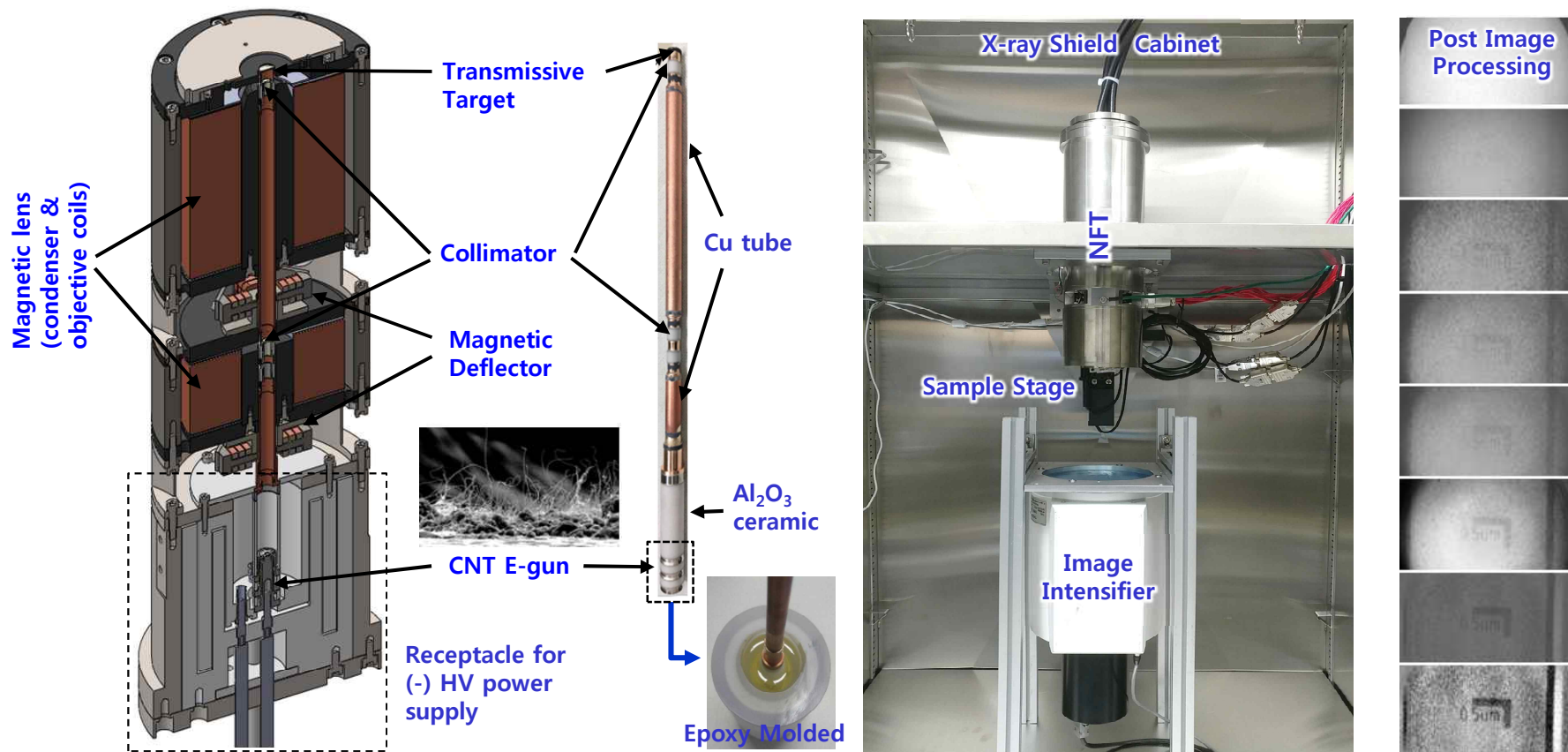
---

1. 기술의 개요
2. 기술이전 내용 및 범위
3. 경쟁기술과 비교
4. 기술의 사업성
5. 국내외 시장 동향

# 1. 기술의 개요

## ❖ 정전 및 자기 렌즈 기반의 완전 진공 밀봉형 전계방출 디지털 엑스선 튜브

- ✓ 정전 및 자기 렌즈 기반 전계방출 전자빔 집속, 완전 진공 밀봉된 디지털 엑스선 튜브 기술
- ✓ 완전 진공 밀봉된 디지털 엑스선 튜브를 활용한 고분해능의 비파괴 검사 시스템 기술



## 2. 기술이전 내용 및 범위

### ❖ 기술이전 내용

- 정전 및 자기 렌즈 기반 전계방출 전자빔 집속 기술
- 정전 및 자기 렌즈 기반 완전 진공 밀봉된 디지털 엑스선 튜브 설계, 제작 기술
- 완전 진공 밀봉된 디지털 엑스선 튜브를 활용한 고분해능의 비파괴 검사 시스템 구축 및 운용기술

### ❖ 기술이전 범위

- 정전 및 자기 렌즈 기반 전계방출 전자빔 집속 기술
  - ✓ 탄소나노튜브 전계 에미터 모델링 및 전자빔 궤적 시뮬레이션
  - ✓ 탄소나노튜브 전계방출 전자빔 집속을 위한 정전 및 자기렌즈 설계, 제작
  - ✓ 전자빔 정렬을 위한 편향기 설계 및 제작
- 정전 및 자기 렌즈 기반 완전 진공 밀봉된 디지털 엑스선 튜브 설계, 제작 기술
  - ✓ 완전 진공 밀봉된 디지털 엑스선 튜브 설계
  - ✓ 완전 진공 밀봉된 디지털 엑스선 튜브 부품 설계 및 제작
  - ✓ 이종 물질간의 진공 브레이징을 통한 완전 진공 밀봉된 디지털 엑스선 튜브 제작
  - ✓ 완전 진공 밀봉된 디지털 엑스선 튜브 에이징
- 완전 진공 밀봉된 디지털 엑스선 튜브를 활용한 고분해능의 비파괴 검사 시스템 구축 및 운용기술
  - ✓ 고전압 절연 및 비파괴 검사 시스템 설계, 구축
  - ✓ 엑스선 튜브의 네거티브 캐소드 구동 및 고분해능의 엑스선 발생
  - ✓ 엑스선 영상 획득 및 후처리

## 2. 기술이전 내용 및 범위

### ❖ 기술성숙도(TRL : Technology Readiness Level) 단계 : ( 5 )단계

구분	단계	정의	세부설명
기초 연구 단계	1	기초 이론/실험	기초이론 정립 단계
	2	실용 목적의 아이디어, 특허 등 개념정립	기술개발 개념 정립 및 아이디어에 대한 특허 출원 단계
실험 단계	3	실험실 규모의 기본성능 검증	실험실 환경에서 실험 또는 전산 시뮬레이션을 통해 기본성능이 검증될 수 있는 단계 개발하려는 부품/시스템의 기본 설계도면을 확보하는 단계
	4	실험실 규모의 소재/부품/시스템 핵심성능 평가	시험생품을 제작하여 핵심성능에 대한 평가가 완료된 단계 3단계에서 도출된 다양한 결과 중에서 최적의 결과를 선택하려는 단계 컴퓨터 모사가 가능한 경우 최적화를 완료하는 단계
시작품 단계	5	확정된 소재/부품/시스템 시작품 제작 및 성능 평가	확정된 소재/부품/시스템의 실험실 시작품 제작 및 성능 평가가 완료된 단계 개발 대상의 생산을 고려하여 설계하나 실제 제작한 시작품 샘플은 1~수개 미만인 단계 경제성을 고려하지 않고 기술의 핵심성능으로만 볼 때, 실제로 판매가 될 수 있는 정도로 목표 성능을 달성한 단계
	6	파일럿 규모 시작품 제작 및 성능 평가	파일럿 규모(복수 개~양산규모의 1/10정도)의 시작품 제작 및 평가가 완료된 단계 파일럿 규모 생산품에 대해 생산량, 생산용량 불량률 등 제시 파일럿 생산을 위한 대규모 투자가 동반되는 단계 생산기업이 수요기업 적용환경에 유사하게 자체 현장테스트를 실시하여 목표 성능을 만족시킨 단계 성능 평가 결과에 대해 가능하면 공인인증 기관의 성적서 확보
실용화 단계	7	신뢰성평가 및 수요기업 평가	실제 환경에서 성능 검증이 이루어지는 단계 부품 및 소재개발의 경우 수요업체에서 직접 파일럿 시작품을 현장 평가(성능 및 신뢰성 평가) 가능하면 인증기관의 신뢰성 평가 결과 제출
	8	시제품 인증 및 표준화	표준화 및 인허가 취득 단계
사업화	9	사업화	본격적인 양산 및 사업화 단계 6-시그마 등 품질관리가 중요한 단계

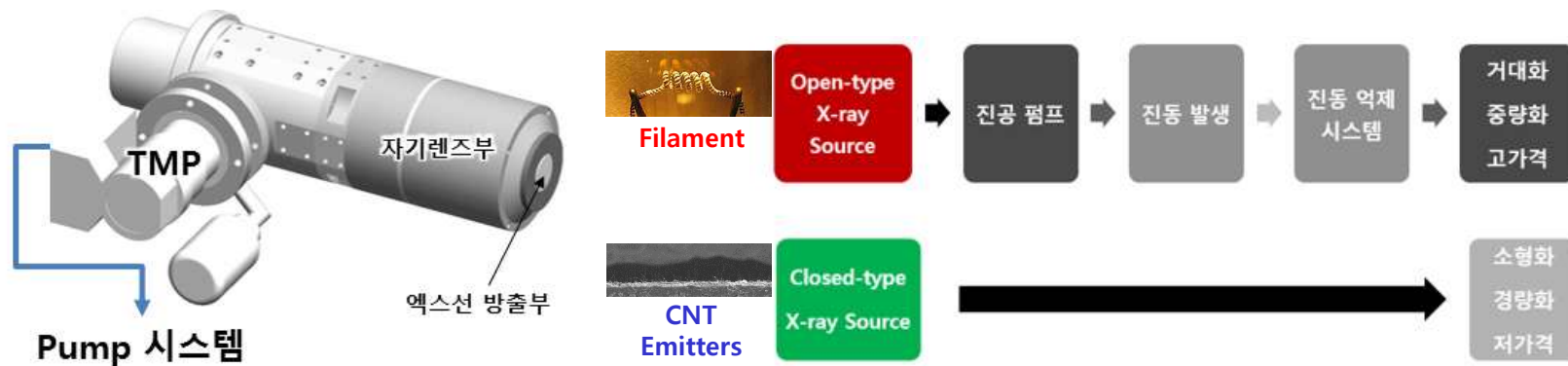
### 3. 경쟁기술과 비교

#### ❖ 기술의 특징

- ✓ 정전 및 자기 렌즈 기반 전계방출 전자빔 집속, 완전 진공 밀봉된 디지털 엑스선 튜브
- ✓ 완전 진공 밀봉된 디지털 엑스선 튜브를 활용한 고분해능의 비파괴 검사 시스템 기술

#### ❖ 기존 경쟁기술 대비 개량된 부분

- ✓ 세계 최초 완전 진공 밀봉된 전계방출 디지털 엑스선 튜브로, 차별성과 우수성 확보
- ✓ 진공펌프가 없는 완전 밀봉 형태로, 진동 저감 및 소형화에 절대적 유리
- ✓ 기존 열전자 기반 오픈형 엑스선 소스 대비 시스템 관리 및 유지보수 절대 용이



## 4. 기술의 사업성

### ❖ 예상 응용 제품 및 서비스

- ✓ 고분해능의 엑스선 소스 부품 및 시스템
- ✓ 정밀 엑스선 비파괴 검사 장비



## 4. 기술의 사업성

### ❖ 예상 제품 /서비스 수요자(층)

예상 제품/서비스	예상 수요자(층)
TSV 적층 분석 등 고분해능 검사 장치	반도체 소자 및 모듈 검사 장비 제조업체
PCB 기판 분석 장치	반도체 & 반도체 장비, 휴대폰 & PCB 제조업체
비파괴 검사 장치	일반 산업 부품 검사 장비 제조업체

### ❖ 관련 기술 국내외 시장 규모

(단위: 백만달러, 억원)

관련 제품 /서비스	시장	1차년도 (2018)	2차년도 (2019)	3차년도 (2020)	4차년도 (2021)	5차년도 (2022)	합계
완전 진공 밀봉된 엑스선 튜브	해외	2	2.2	2.4	2.5	3	12.1
	국내	1	1.5	2.5	4	6	15
완전 진공 밀봉된 엑스선 튜브 모듈	해외	53	55	57	59	61	285
	국내	20	30	50	80	120	300
TSV 검사 등 고분해능 비파괴 검사 장치	해외	526	547	569	590	612	2,844
	국내	200	300	500	800	1,200	3,000
합계	해외	547	572	601	626	654	2999.4
	국내	221	332	553	884	1,326	3,315



## 5. 국내외 시장 동향



### ❖ 관련 제품/서비스 국내외 동향

#### ■ 국외

- 현재 산업용 엑스선 소스는 전량 열전자원 기반의 아날로그형 엑스선 소스이며 디지털적으로 구동되는 전계 방출 엑스선 소스는 아직 상용적으로 판매되고 있지 않으며, 또한 고분해능 엑스선 소스도 대부분 오픈형임

#### ■ 국내

- 국내 엑스선 관련 산업은 95% 이상 수입에 의존하고 있는데, 특히 엑스선 소스와 전원 공급장치로 구성된 엑스선 발생장치는 2008년 이전까지는 100% 수입에 의존해 왔으며 최근에는 (주)세크와 같은 중소기업에 의해 엑스선 발생장치의 국산화가 일부 이루어지면서 시장 점유율을 높여가는 추세임.
- 대부분의 국내 엑스선 발생장치 제조업체는 하드웨어 관점에서 핵심 부품은 외산 부품을 수입하고 그 외 부품은 재가공하여 조립하는 수준이며, 산업용 검사기 분야에서는 (주)세크, 테크밸리(주) 등이, 의료 진단용에서는 (주)바텍 등 일부 소수 기업들이 검사 장비를 국산화하여 생산하고 있음.

## 5. 국내외 시장 동향



### ❖ 기대 효과

- 대부분 수입에 의존하고 있는 전자총 및 엑스선 튜브의 국산화 뿐만 아니라, 세계 최초 완전 진공 밀봉된 전계방출 디지털 엑스선 튜브로 관련 기술 및 시장 선도
- 기존의 산업용 엑스선 튜브의 오픈형 구조를 밀봉형으로 교체할 수 있어 시스템을 최소화 할 수 있고, 유지보수 비용이 필요없는 새로운 패러다임의 검사 장비 시장을 열 수 있음

# 감사합니다!



♣ 연락처 : 신소재연구그룹, 송윤호 책·연 (042-860-5295, [yhsong@etri.re.kr](mailto:yhsong@etri.re.kr))  
정진우 선·연 (042-860-5041, [jinu@etri.re.kr](mailto:jinu@etri.re.kr))