

디지털 X-선원용 고출력 박막전계방출형 음극 기술

전기의료기기연구센터 | 최재구

○ 본 기술은 기존 열음극형 X-선원의 고출력·장수명 특성과 기존 전계방출형 X-선원의 디지털·경박단소 특성을 가지는 신개념 박막전계방출형 음극 개발을 위한 원천혁신기술임. 이는 초경량·저선량·고화질 특성을 가지는 의료용 및 산업용 X-선 기기와 전자빔 발생장치 등에 활용됨.

기술개념 및 구성

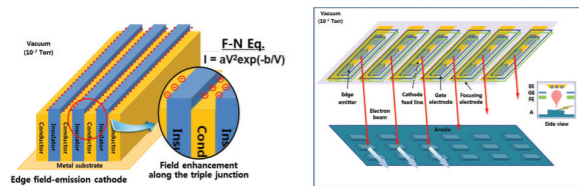
기술개념

▶ 본 기술은 초경량·저선량·고화질 특성을 가지는 의료용 및 산업용 X-선 기기와 전자빔 발생장치에 활용가능한, 고출력·장수명 그리고 디지털·경박단소 특성을 가지는 신개념 박막전계방출형 음극을 개발하기 위한 기술임.

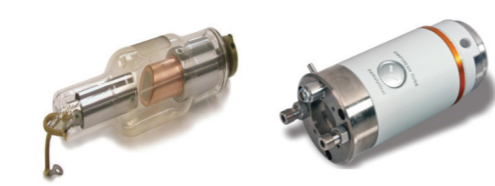
기술의 구성도

- ▶ 박막전계방출소자 기술
- ▶ 음극 설계 기술
- ▶ 에미터 공정 기술

- ▶ 전계방출형 X-선원 기술
- ▶ 선원 구성품 및 SI 기술
- ▶ 특성평가시험



[박막전계방출소자와 전계방출형 X-선원의 개념도]

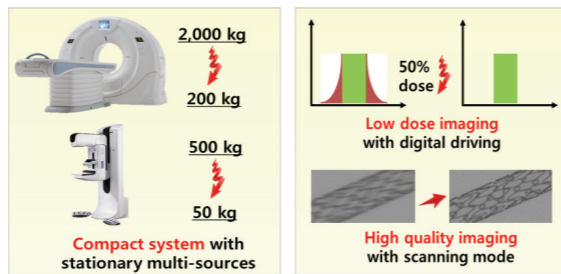


[전계방출형 음극을 채용한 X-선원의 외관]

1. 기술 개요

기술개발의 필요성

- ▶ 1913년 고온 필라멘트를 음극에 적용한 열음극 Coolidge tube가 발명되어 고출력·장수명 특성으로 인하여 의료용 및 비파괴 검사용 등 다양한 산업분야에서 오늘날까지 널리 이용되고 있음.
- ▶ 그러나 기존 열음극 X-선원은 부피가 크고 무겁고, 필라멘트용 전력과 예열이 필요하며, Turn-on 시간이 길고, 등방성의 전자발생분포를 나타내며, 전체시스템이 복잡하고, 유지보수 비용이 증가하고, 피폭선량이 높은 단점을 가진.
- ▶ 기존 열음극 X-선원을 대체하고자 CNT 기술을 활용한 전계 방출형 X-선원 연구가 최근까지 활발히 수행되어 왔음. 그러나 고전압·고진공 하에서 구동 신뢰성, 에미터 제작 재현성, 전류 안정성, 에미터 내구성, 방출 전지량 등에서 한계를 보임.
- ▶ 상용화 및 시장 석권을 위해서 기존 열음극 X-선원의 장점인 고출력·장수명 특성을 보유하며, CNT 기반 X-선원의 장점인 디지털·경박단소 특성을 가지는 신개념의 X-선원 개발이 필요함.



[초경량 X-선 의료기기]

[저선량·고화질 영상]

경쟁기술과 차별성

- ▶ 국내외 유사·경쟁 기술 현황
- ▶ X-선 발생용 전계방출형 음극 기술

구분	기술명	CNT 기반 음극 기술
기술 내용	기술 내용	<ul style="list-style-type: none"> • 스크린프린팅 기법 또는 CVD성장 기법에 의해 제작된 CNT 에미터를 X-선 튜브의 음극으로 사용함. • 치과용, DBT용, soft X-선용, 자외선 조사용 등 주로 소용량 X-선원의 개발을 진행중임.
	기술명	전계방출형 음극 기술
기술 내용	기술 내용	<ul style="list-style-type: none"> • 스크린프린팅, CVD성장, 반도체공정, MEMS 등 다양한 기법과 금속, 반도체, 탄소화합물 등 다양한 재료를 이용하여 전계방출형 에미터를 연구개발중임. • 의료용, 산업용, 우주추진용 등 다양한 분야에서 소용량 X-선원의 개발을 진행중임.
	기술명	전계방출형 음극 기술

2. 기술 내용

기술의 특징

기술의 특징점

- 제안된 경박단소의 X-선원을 채용하면 X-선 기기의 초경량화가 가능하기 때문에, 원가와 유지보수비 절감은 물론 X-선 기기의 이동과 설치가 신속 간편함.
- X-선의 고속 디지털 조사가 가능하기 때문에 X-선 의료기기의 피폭선량이 감소하고 고화질 영상이 가능함.
- 유연 및 평면형 X-선원이 가능하여 웨어러블 X-선 기기와 매트릭스형 분산 X-선 조사장치 등 다양한 형상의 X-선 기기의 개발이 가능함.

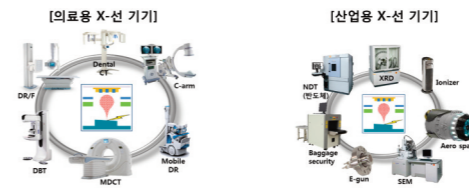
경쟁 기술 대비 우수성

경쟁기술	본 기술의 우수성
X-선 발생용 음극 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 제안된 박막전계방출형 음극 기술은 기존 X-선원의 단점들을 극복하고, 고출력·장수명 그리고 디지털·경박단소 특성을 가진. 이는 초경량·저선량·고화질 특성을 가지는 의료용 및 산업용 X-선 기기와 전자빔 발생장치 등에 활용됨.

3. 기술의 시장성

기술 응용분야 및 제품

- 의료용/산업용 X-선 기기
- 비파괴 검사장비

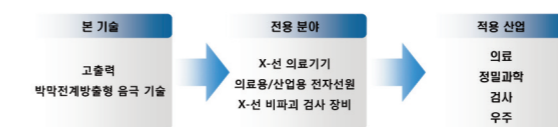


시장이슈

- 전 세계적으로 고령화, 식생활 변화에 따라 암 환자 수가 증가하면서 첨단 진단기기의 수요가 급속히 증가하고 있음
- X-선 의료영상진단기에서 가장 높은 비중을 차지하는 분야로서 진단 및 치료분야에서 가장 널리 사용되고 있으며, 의료환경의 변화에 따라 환자 중심의 이동형 의료영상진단기기의 개발과 출시가 활발함
- 짧은 응답시간에 저선량으로 고해상도의 영상을 구현함으로써 조기 진단 및 정확도 향상함으로써 방사선 피폭 우려를 줄이고, 병원 입장에서 빠른 촬영으로 장비가동률을 높일 필요성이 있음
- 고출력 전계방출형 디지털 X-ray 선원 원천기술을 확보함으로써 방사선 진단기기 시장에서 다국적기업의 높은 장벽에 도전함

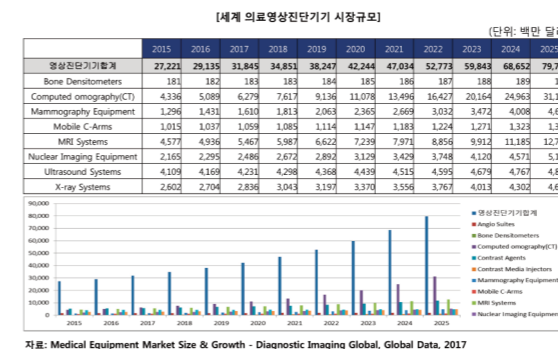
Supply chain

- 본 기술은 고출력 박막전계방출형 음극 기술로, ΔX-선 의료기기 Δ의료용 및 산업용 전자선원 ΔX-선 비파괴검사장비 등에 적용이 가능하며, Δ의료 Δ정밀과학 Δ검사 Δ우주 Δ재료 산업 등에 공급됨.



수요전망

- 의료영상진단기기는 2022년 약 528억 달러로 예상됨



자료: Medical Equipment Market Size & Growth - Diagnostic Imaging Global, Global Data, 2017

4. 주요 연구성과

특허 출원 및 등록 현황

구분	특허명	국가	번호	년도
출원	메시 게이트를 이용한 전계방출 장치	한국	10-2018-0115463	2018
출원	원형 관통홀에 의한 메시 게이트를 이용한 전계방출 장치	한국	10-2018-0119083	2018
출원	전계방출장치	한국	출원예정	2019

기술의 완성도

- ▶ TRL 4 수준의 기술완성도 단계: 시스템성능검증
- ▶ 개발 기술 범위: 디지털 X-선원용 고출력 박막 전계방출형 음극 기술
- 박막전계방출형 음극 설계 기술
- 에미터 공정 기술
- X-선원 구성품 및 시스템 조립 기술
- 박막전계방출형 X-선원 특성평가시험
- ▶ 기술개발 완료 시기
- 2020년 12월: 고출력 박막전계방출형 음극 기술

5. 기대 효과

기술 도입 효과

- ▶ 경제적인 효과
- 초경량 CT와 DBT 개발로 원가 절감, 유지보수 비용 절감 등으로 국내 외 시장 석권 및 이동성 증대로 야전용 긴급진료 및 낙후지역 의료지원 확대
- 경박단소(輕薄短小) 특성을 이용하여 기존 열전자 기반 X-선원을 대체하고 DR, CT, DM, Dental, C-arm, Mobile radiography 등 의료용 X-선 영상진단기기 시장 석권
- Full digital X-선 영상기기 기술 확보로 3,300억 달러 규모의 세계 방사선기기 시장 석권

기술·산업적 파급 효과

- ▶ 기술적 파급 효과
- 환자의 피폭선량 최소화: 고속의 디지털 구동특성을 이용하여 투시(fluoroscopy)의 경우 선량을 최대 50% 저감 가능
- 고정형 다중 X-선원으로 CT와 DBT의 경우 화질 개선, 또한 다중 pencil beam X-선원으로 산란선을 저감하여 고화질 영상 구현
- 고화질, 고속촬영, 이동성 등의 장점으로 NDT, 표면처리 및 분석, 반도체 공정, 우주항공, 첨단과학 등 산업용 및 연구용 X-선 검색 및 분석기기 개발