

○ 본 기술은 한국전기연구원(KERI)이 독자개발한 기술로, 간단한 다이오드 구조에서 펄스폭 1피코초 미만의 극초단 펄스 전자빔을 발생시키는 기술로서 기존 전자빔 대비 펄스폭을 백배이상 줄일 수 있는 신기술임. KERI의 신기술은 단순한 구조와 제어를 통해 기존 chicane과 같은 기술적 성능을 구현할 수 있음. 더불어 초소형으로 제작이 가능하고 제작 비용이 chicane에 비해 거의 무시할 만큼 저렴함. 따라서 학술적인 연구를 넘어 차세대 가속기, 전자기파 발생 및 증폭기 등 다양한 전자빔 응용 산업기술에 적용될 것으로 기대됨.

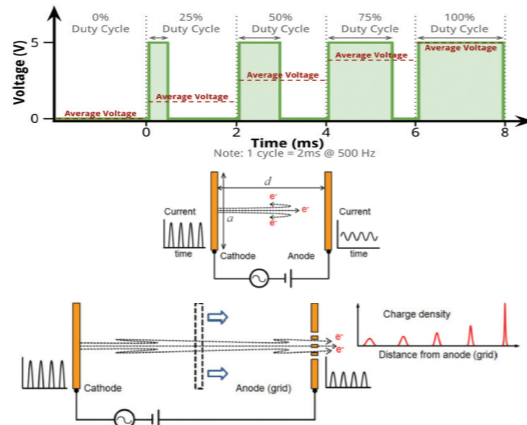
기술개념 및 구성

기술개념

▶ 원하는 펄스폭과 펄스최대값을 얻기 위해서는 다이오드와 같은 회로 구성부품의 기술사양이 적절해야 함. 아래 예시와 같은 경우는 기술적으로 무리가 없으나 펄스폭이 1피코초 (10⁻¹²초) 수준에서는 회로를 구성할 소자를 선택하기가 사실상 불가능함.

▶ 펄스폭 최소값, 주기의 최대값 한계는 물리학적 원리에 기인함. 옆 그림과 같이 AC 신호의 주기가 일정 값보다 작으면 다이오드의 정류기능이 상실됨. 전자속도가 광속을 넘지 못한다는 근원적 제한으로 설명됨.

▶ 기존 기술은 물리학적 공학적 한계에 근접해 있음. 본 기술은 기존 소자의 구조적 회로적 특성을 거의 유지하면서 전혀 다른 동작조건에서 펄스 전자빔을 방출 및 압축하는 신기술로서 기존 기술의 물리적 한계를 회피한 극초단 펄스 전자빔 구현이 가능함.



1. 기술 개요

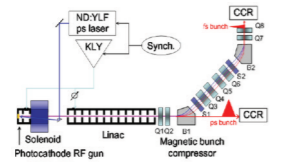
기술개발의 필요성

▶ 펄스 전자빔은 음극에서 발생한 펄스 전자빔을 진공속에 흘려 보내는 것으로 세계최초의 다이오드인 진공다이오드에 활용되었음. 진공속에서 이동하는 펄스 전자빔은 반도체 소자에 비해 월등히 높은 출력과 극초단 미만의 펄스폭을 구현할 수 있기 때문에 차별적 우위를 가지는 응용장치를 구현할 수 있음.

▶ 그러나 진공 전자빔 기술은 큰 부피 높은 비용으로 인하여 많은 응용분야에서 반도체 소자로 대체되었고 높은 기술사양이 필수적인 학술연구용 장치 또는 반도체 소자로 대체가 불가능한 의료용 방사선 암치료기, 일부 첨단 국방기술 등의 응용분야에 제한적으로 활용되고 있음.

▶ 첨단 음극재료기술 진공 패키징 기술 등 진공 전자빔 관련 기술이 반도체 소자 기술 못지 않게 현대화 되고 발전하였으나 큰 부피 높은 가격은 여전히 극복하지 못하고 있어서 고효율 극초단 펄스 전자빔을 이용한 산업기술은 전무함. 현재 활용되고 있는 chicane 기술은 고가의 큰 장치이기 때문에 중대형 가속기와 같은 일부 학술연구용 장치에만 적용되고 있음. (아래 그림)

▶ 기존 chicane 기술을 대체하고 산업기술로 활용이 용이한 저가/초소형 장치를 개발하기 위해서는 원리부터 다른 접근을 통한 극초단 펄스 전자빔 원천기술 개발 필요.



• 기존 진공전자소자의 기본 구조를 그대로 활용함. 즉 간단한 두 평행판으로 구성된 평행판 다이오드를 기본 구조로 하고 있음. 따라서 다양한 형태로 변화가 용이하고 제작기술이 이미 잘 개발되어 있음. 이 기술들은 주로 20세기 초중반 개발이 완료되어 지적재산권 충돌의 가능성이 매우 낮음.

• 현재 진공 전자빔을 방출하는 음극으로 주로 열음극이 활용되고 있으나 본 기술은 탄소나노튜브와 같은 나노재료를 이용하는 냉음극이 더 적합함. 나노기술의 발전으로 현재 전계방출 냉음극은 상용화가 이루어지고 있는 안정적인 기술개발 단계에 도달하였음.

• 의료용 방사선 암치료기, 각종 레이더 및 영상장치용 전자기파 발생 및 증폭장치는 모두 펄스 전자빔을 사용하고 있고 연속형 DC 전자빔을 펄스로 전환하는 기술이 내재되어 있음. 본 기술은 처음부터 펄스 전자빔을 방출하기 때문에 응용장치의 단순화 및 기술사양의 획기적 개선을 기대할 수 있음.

기술의 기본 구조

▶ 기술의 구성은 옆 그림과 같이 두 평행판을 포함하는 공진형 다이오드가 기본 구조인 가장 단순화된 다이오드 구조임. 공진특성 및 전자빔 특성 향상을 위한 변화가 용이하고 잘 알려진 기술임.



경쟁기술과 차별성

▶ 국내외 유사·경쟁 기술 현황

기술명	의료/산업용 펨토초 레이저 기술
국내외 기술 내용	먼저 선행가속기를 통해 전자빔의 속도분포를 조절한 후 에너지에 따라 자속을 통과하는 전자의 경로가 다르다는 원리를 이용하여 전자를 뭉침

2. 기술 내용

기술의 특징

기술의 특징점

• 독자적으로 개발한 원천기술로서 국내외 어디와도 지적재산에 대한 공유가 되어 있지 않으며 기존 기술과는 동작조건 자체가 다르기 때문에 기존 기술과 지적재산권 충돌의 가능성이 거의 없음.

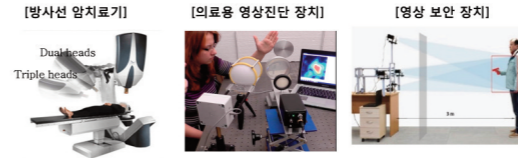
▶ 경쟁 기술 대비 우수성

경쟁기술	본 기술의 우수성
Magnetic chicane 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 경쟁기술은 위 선행가속기에 전자빔을 입사시키기 전에 일반적으로 photocathode에 레이저를 입사시켜 전자를 방출 및 1차 압축하는 과정이 있음. 따라서 아래와 같은 복잡한 기술과정을 필요로 함. 광전자 방출 → 가속 및 1차 압축 → 2차 가속 및 속도분포 제어 → 자기장에 의해 수 차례 전자경로 조절 (회전) • 본 기술은 간단한 다이오드에서 전계방출을 통해 펄스 전자빔을 방출 및 가속하고 이후 self-bunching 과정을 통해 자연적으로 압축되는 과정을 거쳐 극초단 펄스 전자빔을 구현하기 때문에 초소형 저가형 산업기술로 적합함. 전계방출 및 가속 → self-bunching (어떤 제어도 불필요)

3. 기술의 시장성

기술 응용분야 및 제품

- 방사선 암치료기 (LINAC, Cyberknife, CT-LINAC, MR-LINAC 등)
- 의료용 영상진단 장치 (피부암 등 기능성 투시 영상 등)
- 영상 보안 장치 (은닉무기 등 비접촉 투시영상)

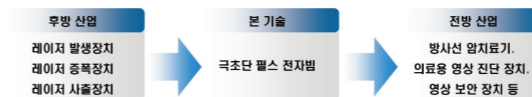


시장이슈

- (의료 기기 및 서비스) 국민 소득 향상 및 건강에 대한 관심 증대로 다양한 첨단 의료 서비스에 대한 수요가 증가하고 있으나, 국내 의료 관련 원천기술 및 경쟁력은 선진국 대비 열세한 실정임.
- (영상 보안장치) 기술발전전에 따른 기존 제품(소형 무기) 업그레이드, 범테러 방지에 대한 관심 증가 등으로 물리 안전, 보안 기술 개발을 국가 경쟁력 강화 수단으로 인식하여 국내외 국가별 장기적 투자 정책이 활발히 도입 중에 있음
- 이에 최근 주목 받고 있는 인공지능기술의 적용과 사물인터넷 환경에 적극적인 대응이 필요하고, 이에 따른 반도체, 센서, 영상 등의 고도화된 기술력이 요구됨

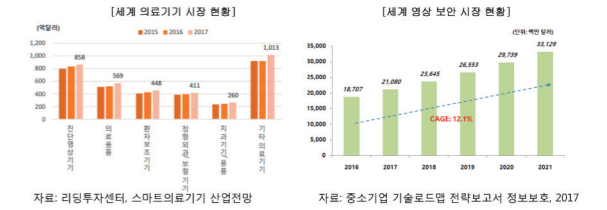
Supply chain

- 본 기술은 극초단 펄스 전자빔 기술로, △방사선 암 치료기 △의료용 영상 진단 장치 △영상 보안 장치 등에 적용이 가능하며, 기초 과학/ 차세대 4차 산업/ 반도체 산업/ 의료 산업/보안 산업 등에 공급됨



수요전망

- 세계 의료기기 시장 규모는 2017년 기준 3,570억 달러를 기록했으며, 고령화, 정부의 복지정책 및 소득 수준의 향상에 따라 프리미엄 의료 수요가 증가할 것으로 예상됨
- 세계 영상 보안 시장 규모는 2016년 187억 달러, 2017년 210억 달러였으며, 향후 2021년까지 331억 달러 수준까지 성장할 것으로 전망됨



4. 주요 연구성과

특허 출원 및 등록 현황

- ▶ 핵심 원리에 대한 물리학적 (수학적) 이론개발부터 독자적으로 연구개발을 진행하고 있음.
- ▶ TRL 1 단계 (기초이론) SCI 논문 게재 (2016 Scientific Reports) 이후 새로운 원리의 상용화 원천기술 개발 진행 중이고 특허 출원 준비 중임.

기술의 완성도

- ▶ TRL 4 단계 : 연구실 단위의 부품 성능 평가
- ▶ 기술개발 완료 시기 : 2022년 신개념 소자를 핵심부품으로 적용한 영상 장치 시제품 시연 (TRL 6 단계 완료)

5. 기대 효과

기술 도입 효과

경제적인 효과

- 방사선 암치료기는 2015년 기준 전세계에서 8조원 규모의 시장을 형성하고 있으며 연평균 6% 이상으로 시장이 증가하고 있음. 고령화 서구화된 식습관 등으로 인하여 국내 암환자는 꾸준히 증가하고 있어서 방사선 암치료기에 대한 수요는 계속 증가할 것으로 예상 됨.
- 국제적으로 보안에 대한 요구가 크게 증가하면서 최근 인공관통에서도 투시영상 인체스캐너가 도입되었음. 궁극적으로는 주요시설 뿐 아니라 민간분야로도 수요가 확대될 것으로 예측 됨.
- 위 두 기술 모두 전방 외국기술에 의존하고 있음. 극초단 펄스 전자빔 기술은 4차산업혁명에 필수적인 초고속 기술과 직결되는 원천기술로서 다양한 첨단신기술에 적용하여 신산업 창출 및 기존 산업경쟁력을 강화하는데 기여할 수 있을 것으로 기대됨.

기술·산업적 파급 효과

신기술 및 신산업 창출

- 극초단 펄스 전자빔 기술은 역으로 하면 초고속 기술이라고 그 기술적 특성을 정의할 수 있음. 기존 기술의 한계를 뛰어넘는 초고속 기술은 현대산업이 요구하는 핵심기술사양임. 따라서 본 기술은 다양한 신산업 창출 및 기존 응용기술과 접목하여 차별적 경쟁력 확보에 기여할 것으로 기대됨.