

# 선형가속기 & 싱크로트론 개요

강좌 : 광자 및 광전자학

학번 : 60132867

이름 : 김 하 준

담당교수 : 임 호 준

# Contents

01	가속기의 필요성 및 역사적 배경	03
02	선형가속기와 싱크로트론 개념 소개	04
03	선형가속기의 구조 및 동작 원리	06
04	싱크로트론의 구조 및 동작 원리	07
05	두 기술의 비교 및 한계점 분석	08
06	미래 가속기 기술의 발전 방향	10

# 가속기의 필요성 및 역사적 배경

입자 가속기란?  
전자, 양성자 등 입자를 가속시켜 고에너지 상태로 만드는 장치로서,  
핵물리학, 의학, 재료 분석 등 다양한 분야에서 활용된다.

## 가속기의 필요성?

- 1. 물질의 기본 구조 연구
- 2. 의학적 응용
- 3. 재료 과학 및 산업
- 4. 에너지 및 환경 연구
- 5. 기초 과학의 발전

- Ex) **힉스 입자의 발견** (2012년, LHC).
- Ex) **암 치료를 위한 방사선 치료**(예: 양성자 치료)
- Ex) **나노 재료, 반도체, 생체 분자 등의 구조 분석**
- Ex) **핵융합 연구, 방사성 폐기물 처리, 새로운 에너지원 개발**
- Ex) **새로운 물리 법칙 탐구**

## 역사적 배경

- 1. 초기 개발 (1920~1930년대)
- 2. 전후 발전 (1940~1950년대)
- 3. 고에너지 물리학의 시대 (1960~1980년대)
- 4. 현대의 거대 가속기 (1990년대 이후)

# 선형가속기와 싱크로트론의 개념 소개

## 선형 가속기 (Linear Accelerator, Linac)

### 정의

- 입자를 직선 경로로 가속시키는 장치.

### 원리

- 전기장을 이용해 입자를 순차적으로 가속.

### 특징

- 구조가 비교적 단순하고 직선형으로 설계됨.
- 고에너지 입자를 얻기 위해서는 매우 긴 길이가 필요.

### 응용 분야:

- 의료: 암 치료용 방사선 발생(**ex. 양성자 치료**)
- 연구: 전자, 양성자, 이온 가속

## 싱크로트론 (Synchrotron)

### 정의

- 입자를 원형 경로로 가속시키는 장치.

### 원리

- 자기장으로 입자의 운동 방향을 제어.
- 전기장으로 입자를 순차적으로 가속.
- 입자는 원형 궤도를 따라 돌면서 점점 더 높은 에너지를 얻음.

### 특징

- 고에너지 입자를 얻기에 적합.
- 원형 구조로 인해 공간 효율성이 높음.

### 응용 분야:

- 고에너지 물리학 연구 (**ex. LHC**)
- 방사광 가속기: 재료과학, 생명 과학, 의학 연구.

# 선형가속기와 싱크로트론의 개념 소개

선형 가속기 (Linear Accelerator)



선형가속기 vs 싱크로트론 비교		
구분	선형가속기	싱크로트론
구조	직선형	원형
가속 방식	전기장을 이용한 직선 가속	전기장 + 자기장을 이용한 원형 가속
에너지	비교적 낮은 에너지	매우 높은 에너지
공간	길이가 길어짐	공간 효율적
주요 활동	의료, 소형 연구	고에너지 물리학, 방사광 연구

# 선형가속기의 구조 및 동작원리

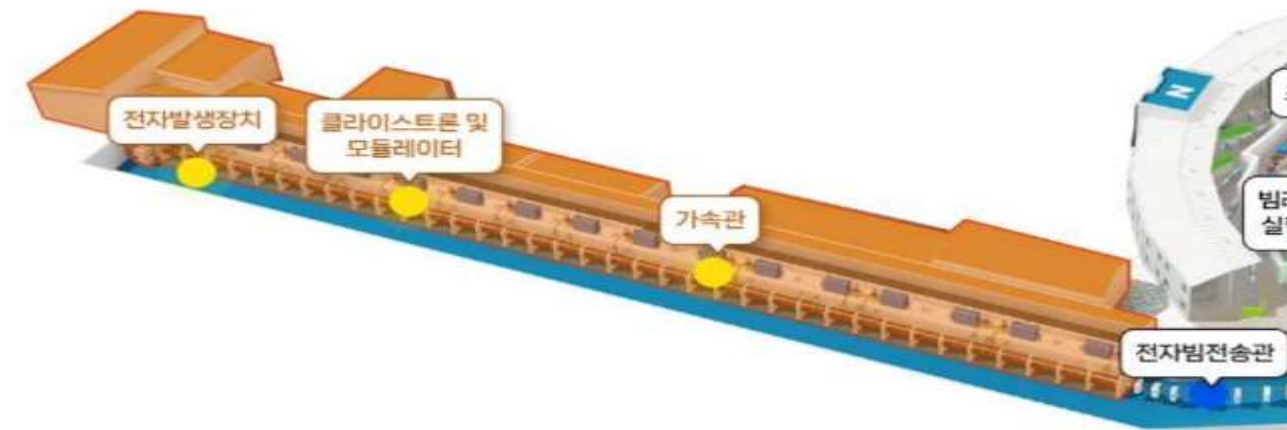
## 선형가속기의 구조

입자소스, 가속관, 전자빔 전송관으로 나눌 수 있다.

입자소스 : 전자 발생 장치, 클라이스트론, 모듈레이터

가속관 : 전기장 생성기(RF Cavity), 초점 조정 장치

전자빔 전송관 : 빔 출력장치



## 동작 원리

- ① 입자 생성 : 전자 발생 장치에서 전자를 생성하고 초기 에너지로 가속
- ② 고주파 전기장 생성 : 클라이스트론과 모듈레이터가 협력해 RF Cavity에 고주파 전기장생성
- ③ 입자 가속 : RF Cavity를 통과하는 입자는 전기장으로부터 에너지를 얻어 점점 더 빠르게 가속
- ④ 빔 초점 조정 : 초점 조정 장치를 통해 입자 빔이 퍼지지 않도록 집중
- ⑤ 가속된 입자는 전자빔 전송관을 통해 목표물에 조사되거나 실험에 사용

# 싱크로트론의 구조 및 동작원리

싱크로트론의 구조



전자빔 전송관, 입사장치, 고주파 가속장치, 초전도 설비동, 빔라인 및 실험장치

전자빔 전송관 : 진공챔버, 밴딩자석, 쿼드루폴 자석, 빔 모니터링 장치

입사장치 : 입자 주입기

고주파 가속장치 : 가속관, 고주파 발생기

초전도 설비동 : 초전도 자석, 냉각 시스템

빔라인 및 실험장치 : 저장링, 빔출력 장치, 방사관 빔라인, 실험장치

동작 원리

- ① 전자빔 전송관 : 선형 가속기에서 싱크로트론으로 입자 빔을 전달
- ② 입사장치 : 입자를 싱크로트론으로 주입
- ③ 고주파 가속장치 : 입자를 순차적으로 가속
- ④ 초전도 설비동 : 자기장을 효율적으로 생성하여 입자 궤도 유지 및 초점 조정.
- ⑤ 빔라인 및 실험장치 : 가속된 입자 또는 방사광을 활용한 실험 수행.

# 두 기술의 비교 및 한계점 분석

## ✓ 선형 가속기

장점:  
고속 가속 및 높은 전자 밀도 가능  
구조가 단순하여 정밀 제어 및 빔 품질이 우수  
방사선 치료나 반도체 이온 주입 공정에 효과적

한계점:  
직선 구조로 인해 설치 공간이 매우 길어야 함  
고에너지 도달에 한계  
대규모 고에너지 실험에는 부적합

## ✓ 싱크로트론

장점:  
반복적인 회전으로 지속적인 고에너지 유지 가능  
**X-ray**, 감마선 등 강한 전자기파 방출 가능  
소재 분석, 나노 기술, 고에너지 물리학에서 필수 장치

한계점:  
싱크로트론 방사로 인한 에너지 손실이 매우 큼  
거대한 자기장과 초전도 자석이 필요하여 설비 비용이 비쌈  
유지 및 운영 비용이 엄청나게 높음

※ 결론적으로 선형 가속기는 초기 입자 가속 단계에 매우 유리, 싱크로트론은 고에너지 상태 유지 및 X-ray 방출에 최적화된 기술



# 두 기술의 비교 및 한계점 분석

## 1. 선형 가속기가 왜 싱크로트론에 비해 고속 가속이 가능한가?

- 직선 구조로, 입자가 전기장을 따라 직진 가속하기 때문에 동기화 문제가 없다.  
즉, 선형 가속기의 경우 전기장이 계속 입자를 밀어주는 구조라 에너지 전달 효율이 매우 높다.

## 2. 선형 가속기 - 싱크로트론 이러



※ " 선형 가속기는 짧은 시간에 강한 전자 빔 밀도를 만드는 가속기,  
싱크로트론은 빛의 속도에 극한까지 도달하는 가속기 "



# 미래 가속기 기술의 발전 방향

## 현재 가속기 기술 동향

### 1. 국내 가속기 현황

- 대형 가속기 5기
- 의료 분야 활용



### 2. 국제적 동향

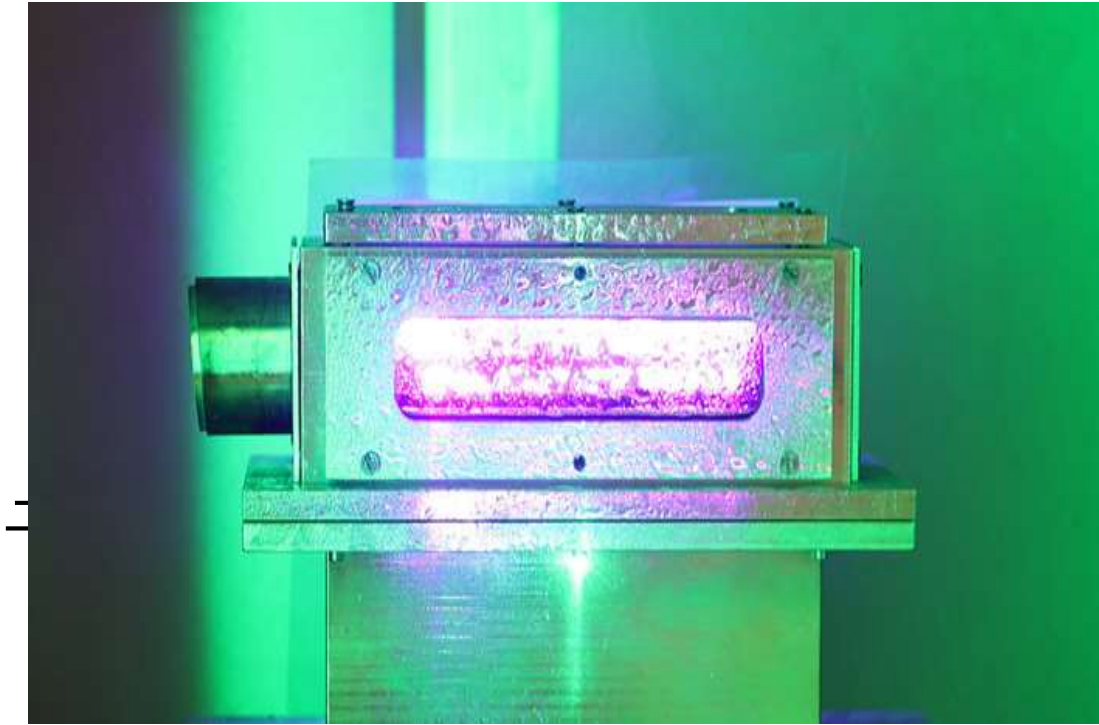
- 미국의 가속기 활
- 유럽의 차세대 가



## 미래 가속기 기술의 발전 방향

### 1. 기술적 발전

- 플라스마 가속기 연구
- 초전도 기술 적용



### 2. 응용 분야 확대

- 의료 분야
- 산업 및 환경 분야



**Q & A**

# 참고문헌

- 1) Chat GPT 대화
- 2) 임호준, "광자 및 광전자학\_Lecture1", 수업자료.
- 3) 포항가속기연구소, "가속기 원리(일반)",  
[https://pal.postech.ac.kr/ko/intro/mechanism3rdGnrl.do?utm\\_source=chatgpt.com](https://pal.postech.ac.kr/ko/intro/mechanism3rdGnrl.do?utm_source=chatgpt.com),  
(2025년 3월 14일 최종검색).
- 4) 박성희, "국내 가속기 개발 및 연구 현황",  
[https://webzine-eng.snu.ac.kr/web/vol121/sub0103\\_p3.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://webzine-eng.snu.ac.kr/web/vol121/sub0103_p3.html?utm_source=chatgpt.com),  
(2025년 3월 14일 최종검색)
- 5) 물리학과 첨단기술 편집위원회, "30년 후 물리학 분야별 전망",  
[https://webzine.kps.or.kr/?idx=16675&p=5\\_view&utm\\_source=chatgpt.com](https://webzine.kps.or.kr/?idx=16675&p=5_view&utm_source=chatgpt.com),  
(2025년 3월 15일 최종검색).
- 6) 김병태, "가속기 기반기술, 경북의 신성장산업으로 키우자!",  
[https://gdi.re.kr/board/b1210000?per\\_page=5&postid=230816-2DA2E4C0-6D18-4D21-8D09-C37455DD9F5A&req=view&utm\\_source=chatgpt.com](https://gdi.re.kr/board/b1210000?per_page=5&postid=230816-2DA2E4C0-6D18-4D21-8D09-C37455DD9F5A&req=view&utm_source=chatgpt.com),  
(2025년 3월 15일 최종검색).
- 6) 이수연, "꿈의 빛' 4세대 방사광가속기 준공, 미국·일본 이어 세계 3번째",  
<https://newsroom.posco.com/kr/%EA%BF%88%EC%9D%98-%EB%B9%9B-4%EC%84%B8%EB%8C%80-%EB%B0%A9%EC%82%AC%EA%B4%91%EA%B0%80%EC%86%8D%EA%B8%B0-%EC%A4%80%EA%B3%B5-%EB%AF%B8%EA%B5%AD%C2%B7%EC%9D%BC%EB%B3%B8-%EC%9D%B4%EC%96%B4-%EC%84%B8/>,  
(2025년 3월 14일 최종검색).
- 7) 이강영, "가속기의 과학 [1]: 입자 가속기", [https://horizon.kias.re.kr/15634/?utm\\_source=chatgpt.com](https://horizon.kias.re.kr/15634/?utm_source=chatgpt.com),  
(2025년 3월 15일 최종검색).
- 8) 엔지, "거대한 과학 시설 '미래 원형 충돌기(FCC)'... 엔지니어의 꿈의 직업될 것",  
<https://blog.naver.com/hkc0929/223360493943>, (2025년 3월 15일 최종검색).
- 9) 문광주, "미니 플라즈마 가속기, 새로운 에너지 기록 달성",  
<https://www.thescienceplus.com/news/newsview.php?ncode=1065574331055535>,  
(2025년 3월 15일 최종검색).

감사합니다