



선형가속기와 싱크로트론

Linear Accelerator and Synchrotron

60211498 물리학과 이나영

2025. 03. 17

CONTENTS

목차

1

Linear Accelerator

1. 선형가속기란?
2. 선형가속기의 구성
3. 선형가속기의 원리

2

Synchrotron

1. 사이클로트론의 원리
2. 싱크로트론의 원리
3. 사이클로트론과
싱크로트론의 차이점

3

Reference

참고문헌

Linear Accelerator

1. 선형가속기란?

선형가속기란?

- 전하를 띤 입자 또는 이온을 선형 빔 라인을 따라 일련의 잔동하는 전위에 노출시켜 고속으로 가속하는 입자 가속기의 일종.
- 포항방사광가속기의 경우, 방사광을 만들기 위해서 우선 전자를 상대론적으로 운동하도록 가속시키는 역할을 함.
- 포항방사광가속기의 선형가속기는 전자총에서 전자를 발생시키고 80MW급 고출력 고주파 발생장치 12대를 이용하여 170m 길이의 직선 가속관을 통해서 전자의 에너지를 30억eV로 만듦.
- 이렇게 가속된 전자들의 길이는 100m 가량의 전자수송관을 통해 저장링으로 보내짐.

Linear Accelerator

2. 선형가속기의 구성

전자총

- 선형 가속기의 전자 가속 모듈: 12개
- 건물: 갤러리 및 터널
- 가속모듈: 모듈레이터, 클라이스트론, 도파관, 가속관, 지지대
- 냉각수로 도파관 및 가속관을 냉각하는 구조임.

모듈레이터

- 클라이스트론의 펄스 전원을 공급하는 펄스 전원공급장치
- 400kV, 500A, 8us의 펄스를 클라이스트론에 공급함

클라이스트론

- 펄스 전원을 이용하여 고주파를 증폭하는 대출력 고주파 증폭장치
- 출력을 가속관에 공급하여 전자를 가속하는 에너지원으로 사용
- 사용주파수 2.856GHz
- 입력 500W, 4us
- 출력 약 80MW, 4us

Linear Accelerator

3. 선형가속기의 원리

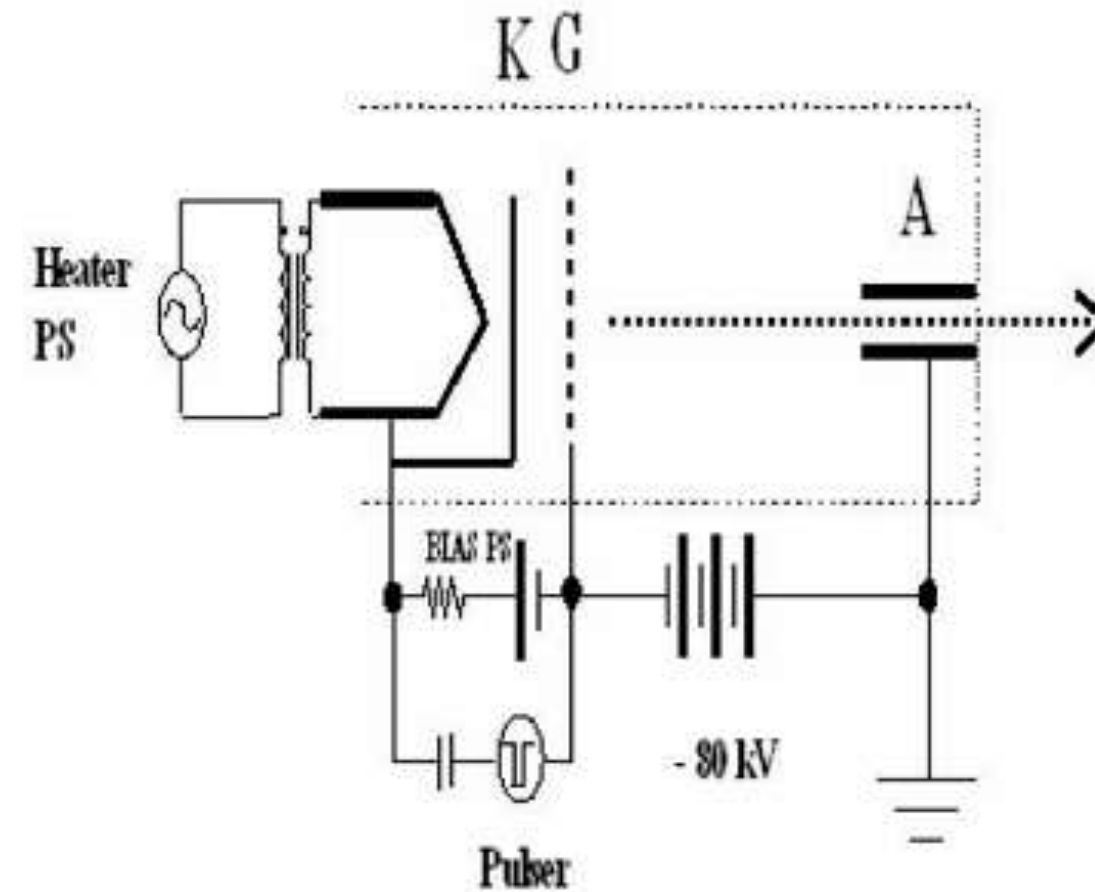
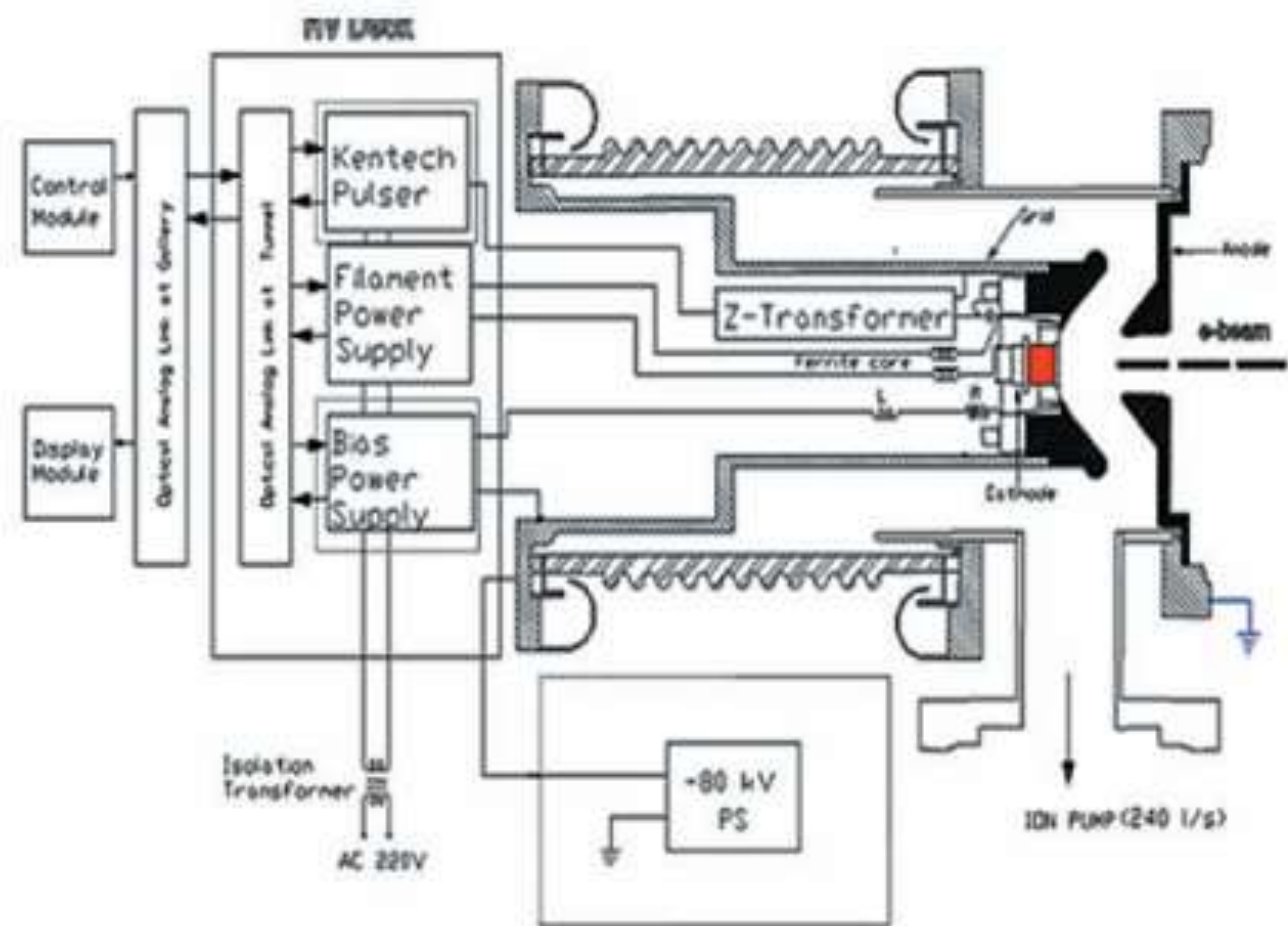
전자의 발생

- 전자는 자외선 혹은 그보다 짧은 파장의 빛을 금속에 쏘이거나, 또는 어떤 일정한 온도 이상으로 가열된 금속면으로부터 발생함
- 방사광 가속기에서는 전자총이라고 하는 장치를 이용해서 전자를 발생시킴.
- 포항방사광가속기는 thermal gun이며, EIMAC(미국) 사의 triode 전극 Y-824를 사용함
- triode 전극은 cathode, grid 전극, anode로 구성.
- cathode는 텅스텐 금속표면에 산화바륨을 코팅하였으며, 히터전극을 가열하는 방식을 사용함.

Linear Accelerator

3. 선형가속기의 원리

전자의 발생

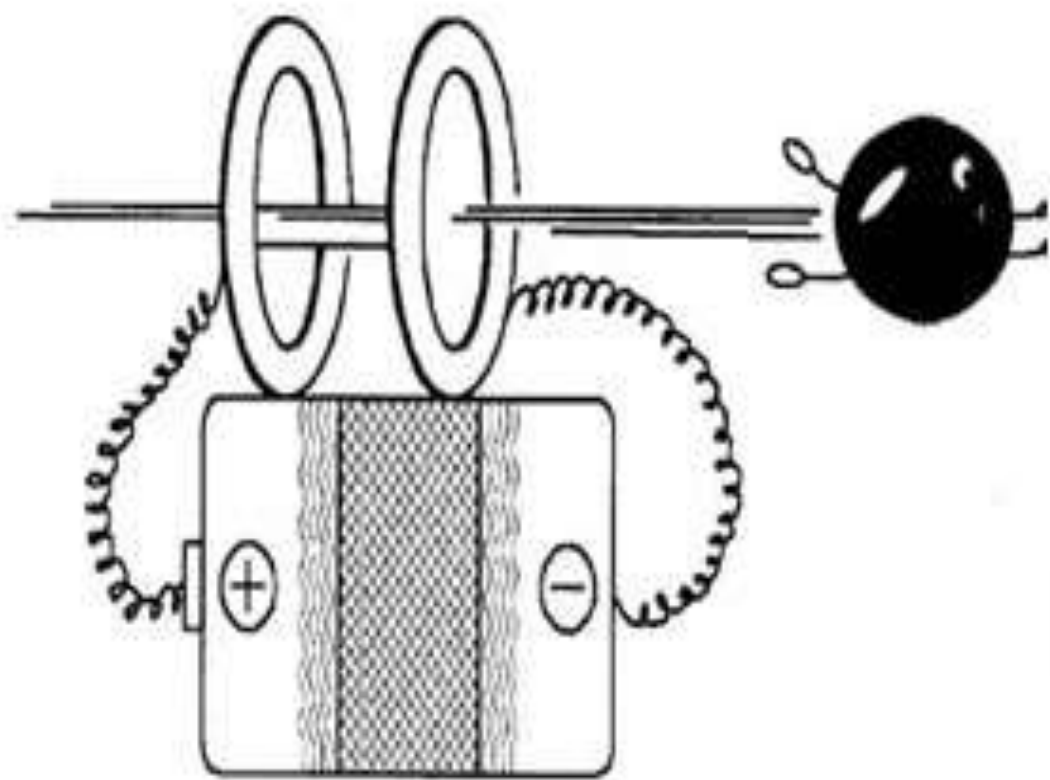


[PLS-II 전자총의 시스템의 구성도(왼쪽) 및 등가회로(오른쪽)]

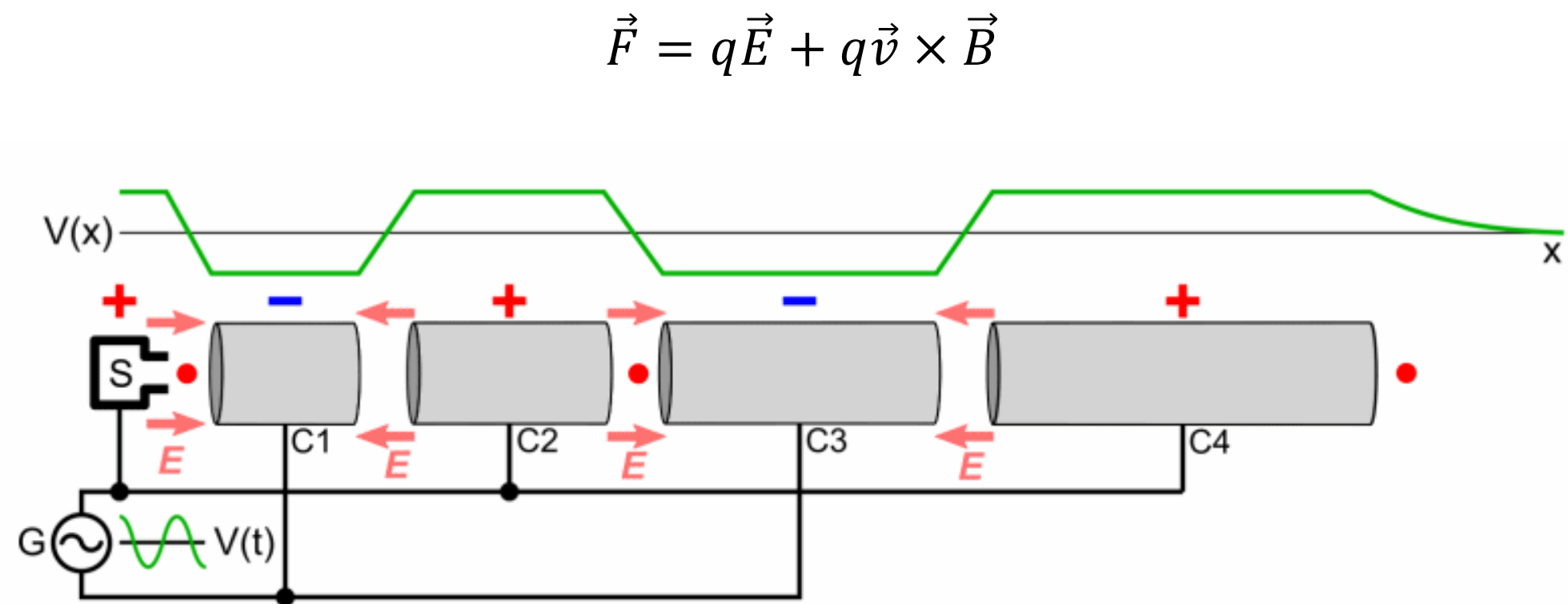
Linear Accelerator

3. 선형가속기의 원리

전자 가속 방법



[기초적인 가속 원리]



[가속장치의 원리]

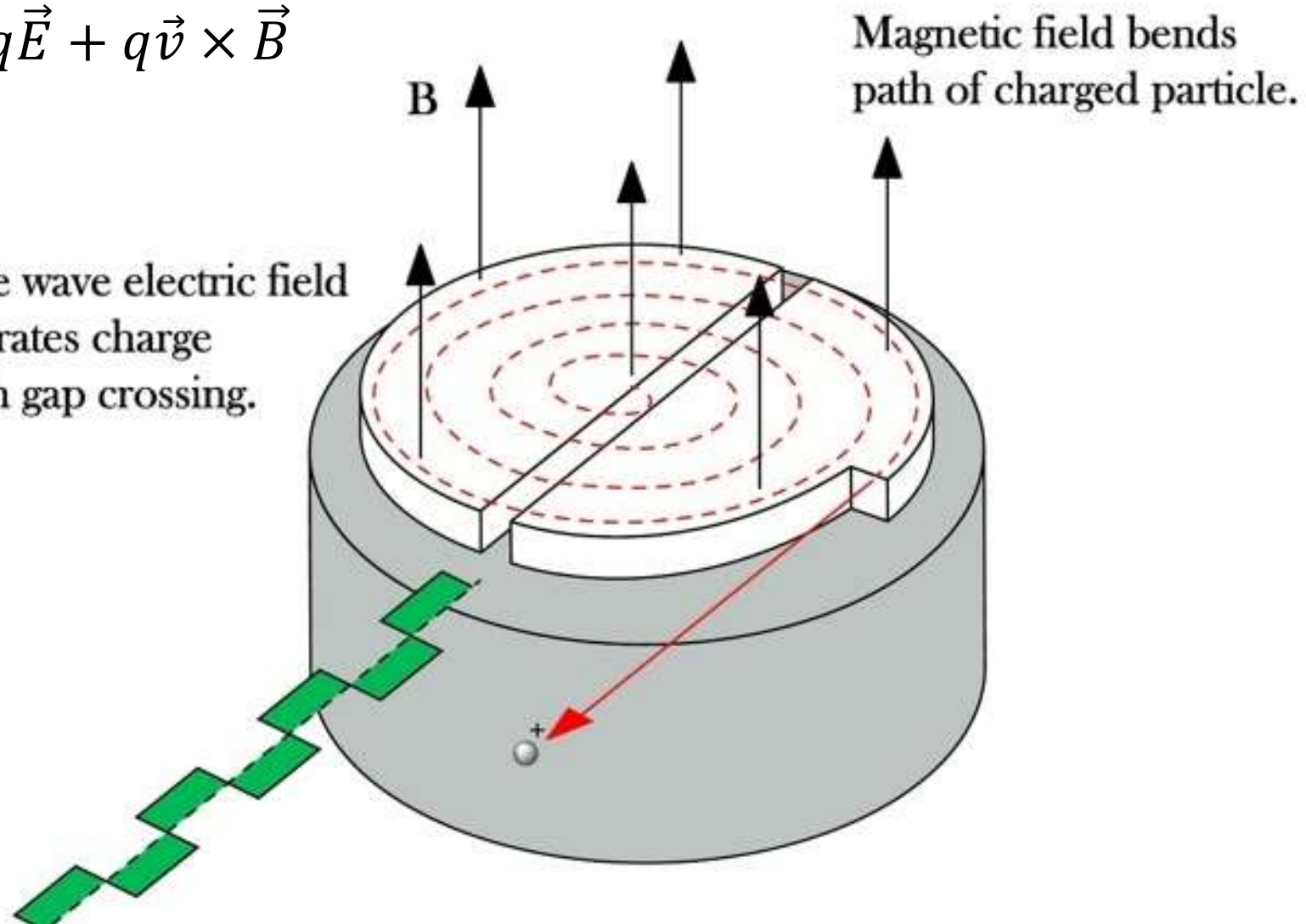
Synchrotron

1. 사이클로트론의 원리

원리

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$$

Square wave electric field
accelerates charge
at each gap crossing.



가속기가 자기장 속에 있으면 로렌츠 힘을 받으며 가속된 입자가 회전하여 반원을 그림
→ 입자가 반대방향에서 가속기로 들어옴
→ 가속기에 걸리는 전압의 부호를 바꿔 입자를 다시 가속시킴

사이클로트론: 자기장 속에서 가속기에 걸리는 전압의 부호를 바꾸어 하나의 가속기로 반복해서 입자를 가속시키는 장치

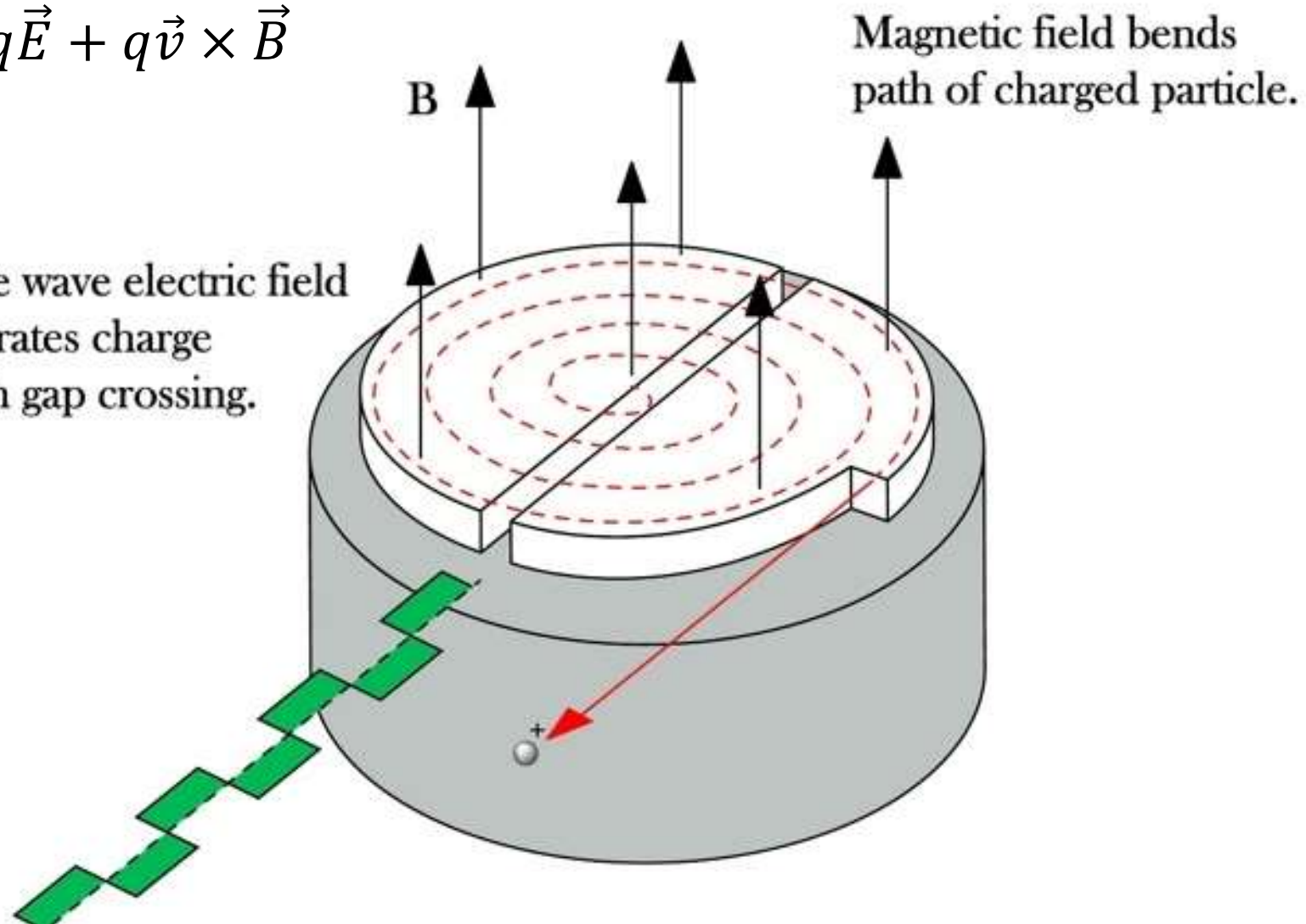
Synchrotron

1. 사이클로트론의 원리

원리

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$$

Square wave electric field
accelerates charge
at each gap crossing.



- 자기장의 세기가 일정할 때 입자가 가속되어 속도가 빨라지면 그만큼 큰 원을 그리며 회전하게 됨.
- 입자의 궤도가 길어진 효과=속도가 빨라진 효과
→ 입자가 가속기로 돌아오는 시간이 같아짐.
- 입자의 질량과 자기장의 세기를 고려하여 가속기에 일정한 진동수의 교류전압을 걸어줌.
→ 가속기 양단의 전압 부호가 일정한 시간 간격으로 바뀜.
→ 입자가 저절로 반복 가속되어 큰 원을 그리게 됨.
: 사이클로트론 진동수(고정 주파수)

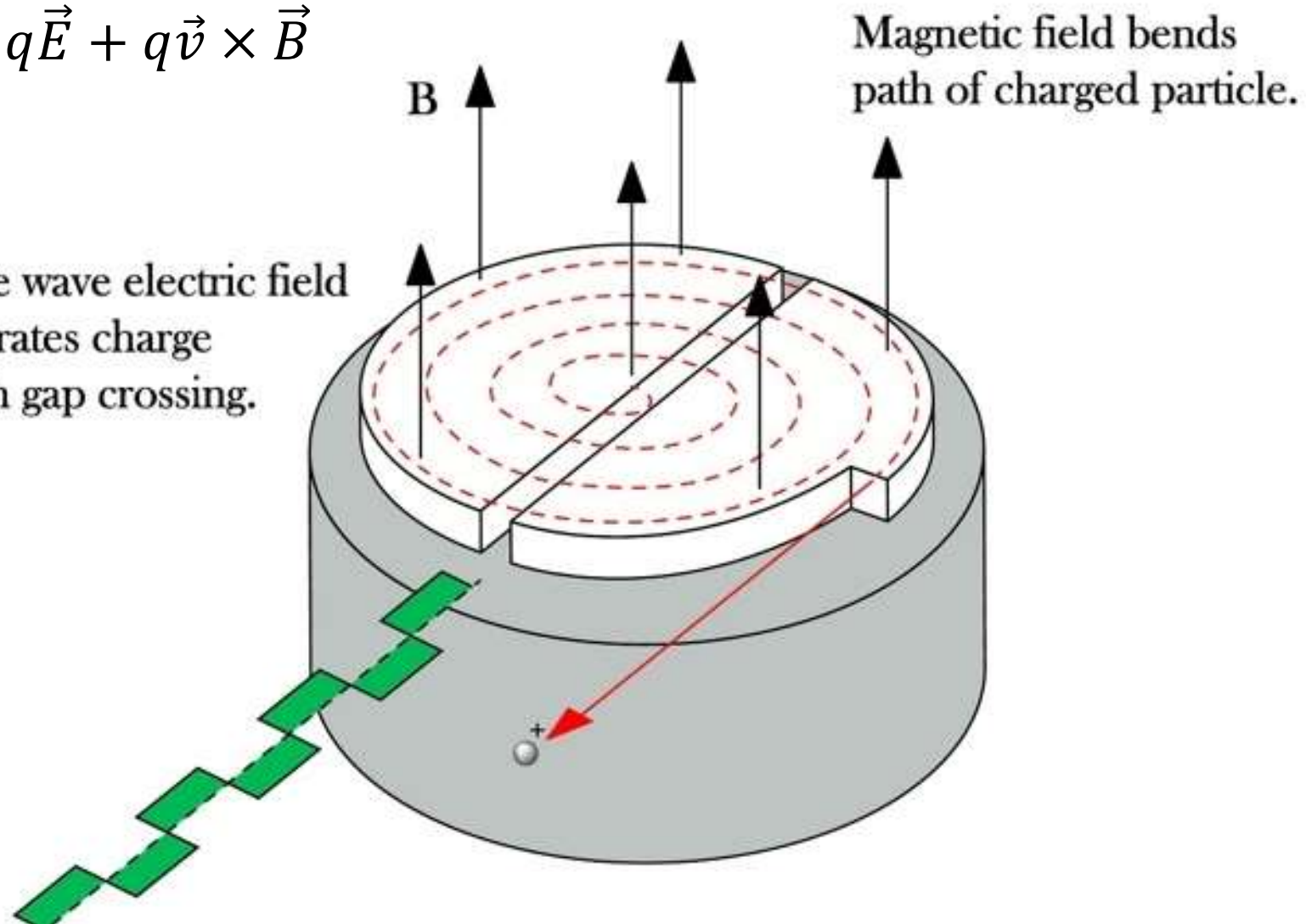
Synchrotron

1. 사이클로트론의 원리

단점

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$$

Square wave electric field
accelerates charge
at each gap crossing.



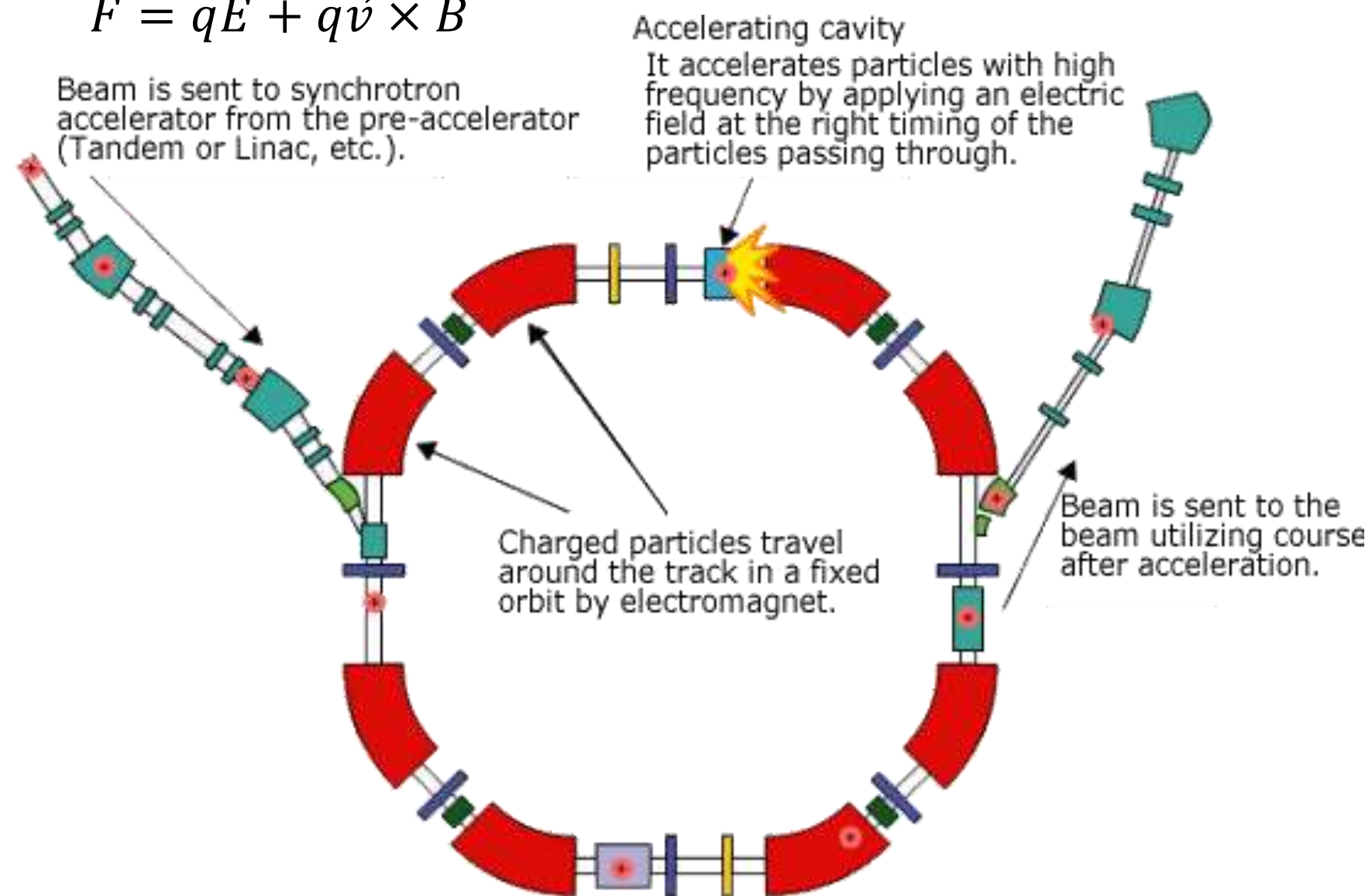
- 입자가 가속될수록 입자 궤도의 회전 반경이 커짐.
→ 가속기의 크기가 점점 커짐.
- 사이클로트론 가속기 전체가 자기장 속에 있어야 함.
→ 가속기가 커지므로 자석도 커짐.
- 크기가 큰 자석 제작, 무게, 비용 문제 발생
- 상대론적 효과도 고려해야 함.

Synchrotron

2. 싱크로트론의 원리

원리

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$$

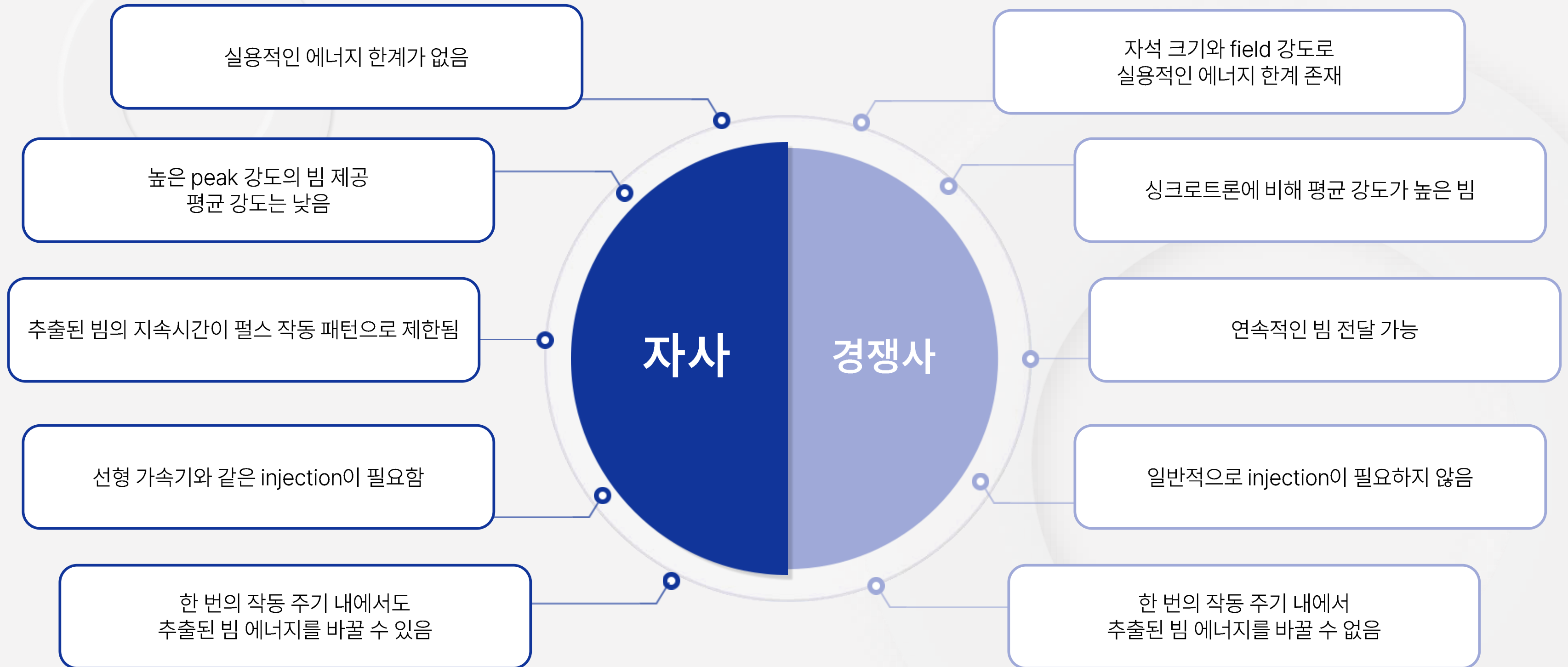


싱크로트론

- 입자가 원형 궤도를 돌게 하지만, 궤도가 일정하게 정해짐.
- 자기장과 가속 전기장이 별개로 작동하며, 입자의 움직임에 연동(synchronized)하여 변함.
 - 반복가속하여 입자를 높은 에너지까지 가속 가능.
 - 입자 빔 에너지 조절 가능.
- 상대적으로 작은 자석
 - 가속기 크기가 얼마든지 커질 수 있음.

Synchrotron vs. Cyclotron

싱크로트론과 사이클로트론의 차이점



Reference

참고문헌

- 포항가속기연구소, 연구소 소개, PLS-II 소개, 포항방사광가속기, 선형가속기
- 포항가속기연구소, 교육및 방문, 가속기 원리소개, PLS-II 원리소개
- G. Ising (1924). "Prinzip einer Methode zur Herstellung von Kanalstrahlen hoher Voltzahl". *Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik*. 18 (30): 1–4.
- Conte, Mario; MacKay, William (2008). *An introduction to the physics of particle accelerators*(2nd ed.). Hackensack, N.J.: World Scientific. p. 1. ISBN 9789812779601.
- Edwards, D. A.; Syphers, M.J. (1993). *An introduction to the physics of high energy accelerators*. New York: Wiley. ISBN 9780471551638.
- 초전도와 저온공학 = Superconductivity and cryogenics, v.19 no.1, 2017년, pp.4 - 13 손영욱 (포항가속기연구소), 전기의 세계 = The proceedings of KIEE, v.61 no.10, 2012년, pp.17 – 27, 황정연 (포항가속기연구소), 이병준 (포항가속기연구소), 김창범 (포항가속기연구소), 주영도 (포항가속기연구소), 김성철 (포항가속기연구소), 남상훈 (포항가속기
- 2006년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2006. 7. 12-14, 전자총 캐소드전극(Y-824)의 특성실험, 포항가속기연구소, p.1,552-p.1,553, 손윤규, 권세진
- 가속기의 과학 [1]: 입자 가속기-고등과학원 HORIZON, 경상대학교 사범대학 물리교육과 교수 이강영, 2020년 10월 14일
- 네이버 지식백과 두산백과 싱크로트론
- Canadian Light Source, What is a Synchrotron?
- ScienceDirect Topics, Synchrotron – an overview, Chapter Radiation Source and Detectors, 2014, Comprehensive Biomedical Physics, Y. Iwata, K. Noda



THANKS FOR WATCHING

