

중성미자 물리 실험과 센서 데이터 분석

삼성전자 설비研
이현기

2024. 12. 18.

I. 수상 관련 실적 소개

(2020년 뉴시스 보도 기사, 직무 유관 내용만 갈무리)

장비 유지 보수·데이터 수집 등을 이유로 제자들을 2주마다 교대로 지방에 보내 24시간 대기 근무

24시간 대기근무자는 현지 실험실에서 일어나는 모든 문제사항들을 파악 및 해결해야 하는 책임을 갖고 있으며, 새벽에 문제가 발생하더라도 즉각 문제를 해결

- 학위과정에서, 인내심을 가지고 설비 및 데이터를 관리하고 분석.
- 설비 및 데이터 관리에서 기여를 인정.

(2024년 한국물리학회 수상자, 상금 200만원)

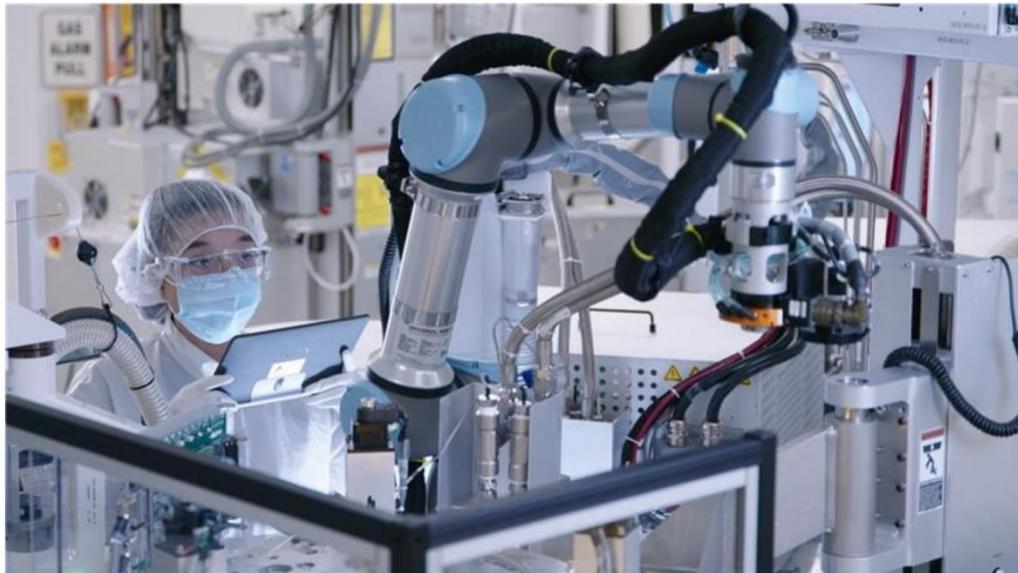
이현기

중성미자 실험의 전문가로 한국 RENO실험의 성공적인 수행에 있어서 중요한 기여를 하였고, 제1저자 또는 주저자로서 여러 편의 연구 논문을 게재

→ 관련 내용이 반도체 산업이 어떻게 연결될까?

II. 반도체 산업에서 센서 데이터 분석이 필요한 이유.

"1%만 개선해도 조 단위 매출 ↑...AI로 반도체 수율 높인다" [강경주의 IT카페]



AI 분석으로 웨이퍼 표면 미세 결함 식별
공정의 다양한 변수 AI로 학습시킨 다음
실시간 모니터링을 통해 최적화

- 기사에 다소 과장이 있지만, 완전히 거짓은 아니다.
- 칩을 많이 팔기 위해, 설비 데이터를 분석하고 알고리즘 연구 할 누군가 필요.

램리서치 로봇 '덱스트로'가 수율 개선을 위한 공정 최적화 작업을 하고 있다. / 사진=램리서치

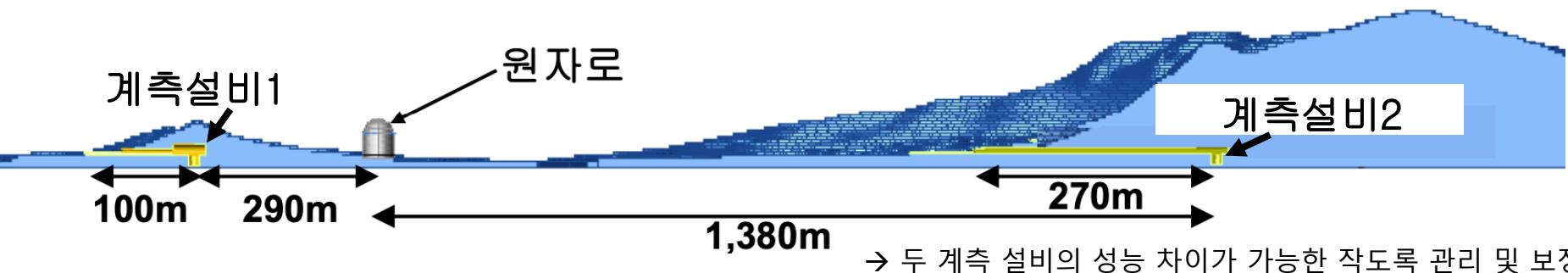
- 반도체 설비에 달려 있는 센서 갯수: ~수백 개.
- **유사설비:** 중성미자 검출기.
- 불행히도, 반도체 설비 데이터 분석을 전공한 사람은 드물다. (보안문제)
- **유사전공:** 입자물리 실험 전공.

III. 수상 관련 전문 분야 소개

- 전공: 물리학 (계측 설비를 통한 데이터 분석)
 - 전문분야: 설비 및 데이터 관리, 분석 및 딥 러닝 적용.
-

[전문분야1]: 설비 및 데이터 관리

- 감마선 계측 설비 (RENO)의 데이터 관리 책임자 (2019-2022).
- Linux shell 기반 데이터 처리 파이프라인 (~수 TB/일) 관리 및 설비 모니터링.
- 통계 오차 감소를 위해 24시간 설비 가동 (하루 100여 개의 Rare Events 발생).
- 얻어낸 데이터를 분석해서, (다음 슬라이드)



III. 수상 관련 전문 분야 소개

[전문분야2]: 설비의 가동시간 단축을 위한, 사건의 분류 알고리즘 개선.

- 설비에서 계측된 사건(Li/He)의 Classification 알고리즘 개선 (오차 50% ->10%).
- 기존의 Correlation 기반 간접 분류 방식에서, 에너지 feature 기반 직접 분류 방식으로 개선.
- 계측 오차 개선 → 동일 조건에서 설비 가동시간 단축에 기여 → 박사학위 취득 (IF:5, 1저자).

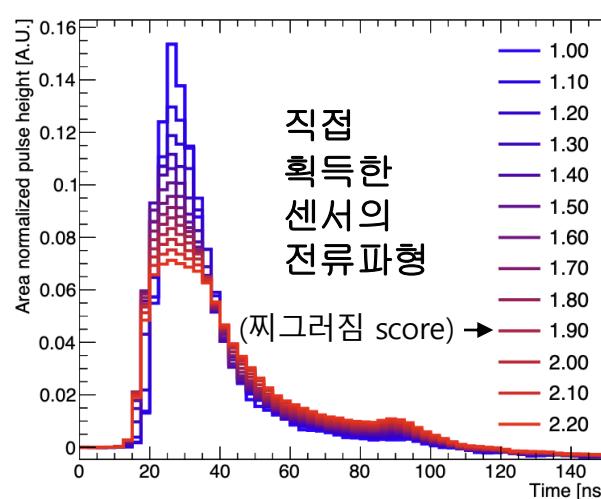
[전문분야3]: 센서의 이상동작 진단 및 예측을 위한, 딥 러닝 기반 방법론 개발.

센서의 전류 파형에 딥 러닝을 적용하여, 센서의 비정상 동작 진단 및 예측 → (IF:8, 1저자).

- 문제 발굴, 데이터 획득, 전 처리, 딥러닝 구현, 평가 등 과정을 진행.

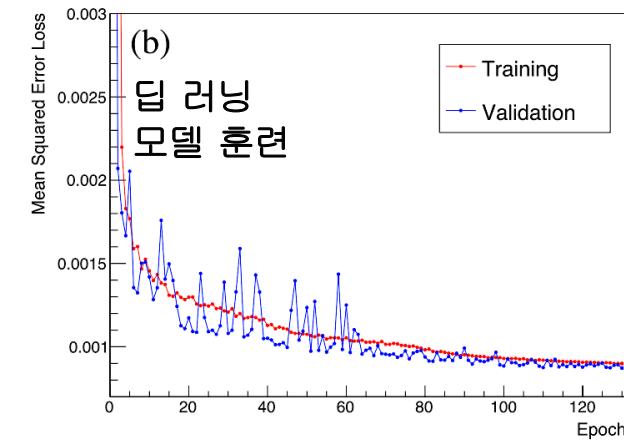
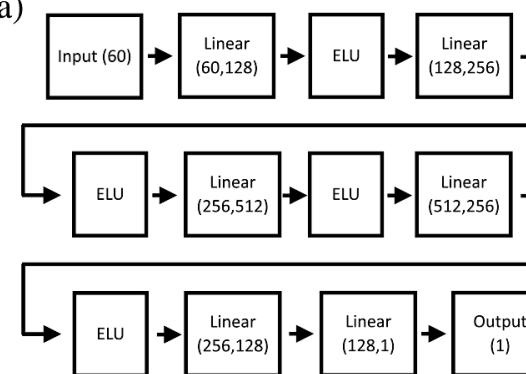


H.-G. Lee et al.



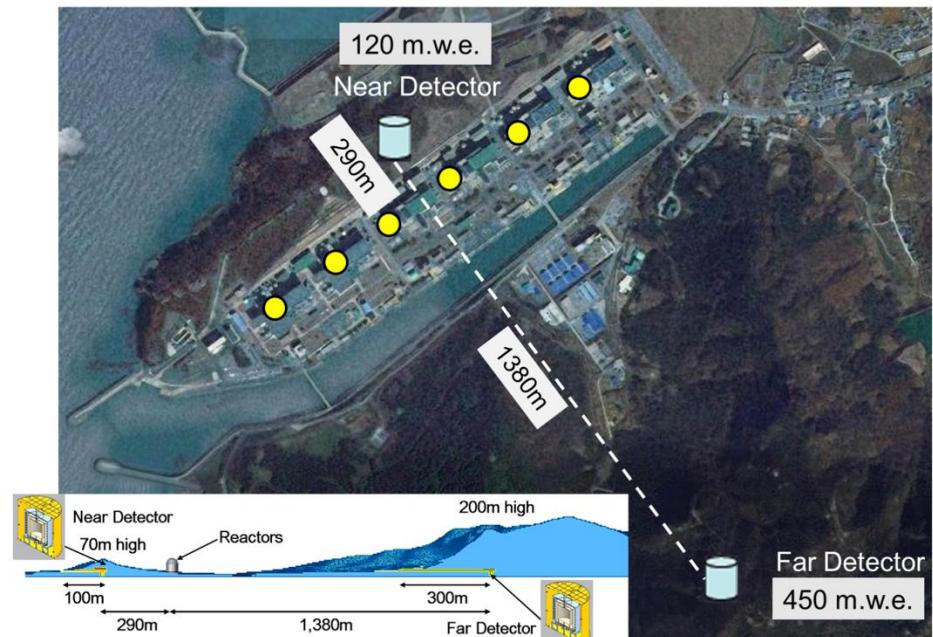
PTEP 2023, 053C01

(a) 딥 러닝 모델 구축



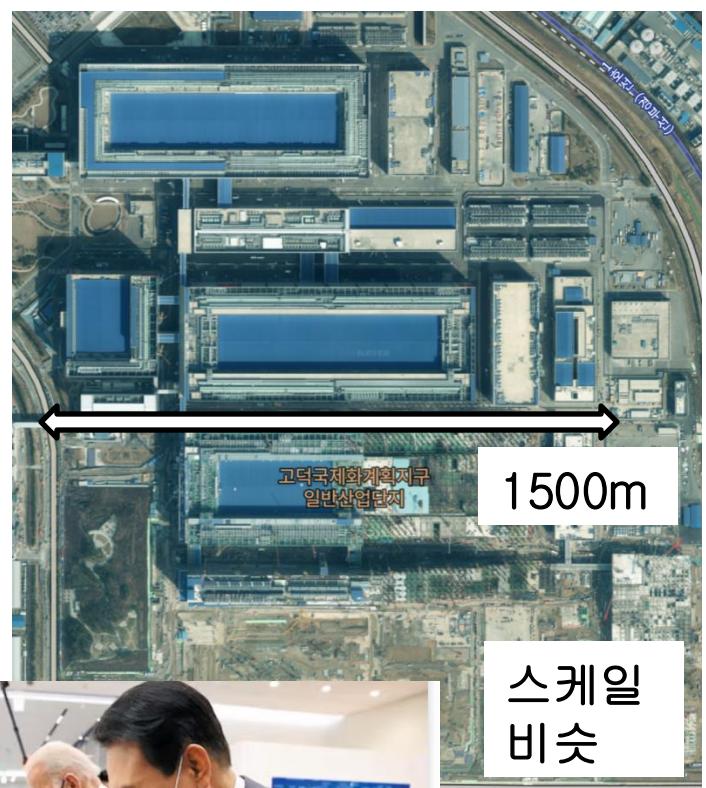
IV. RENO VS FAB

RENO site



← 2009년..

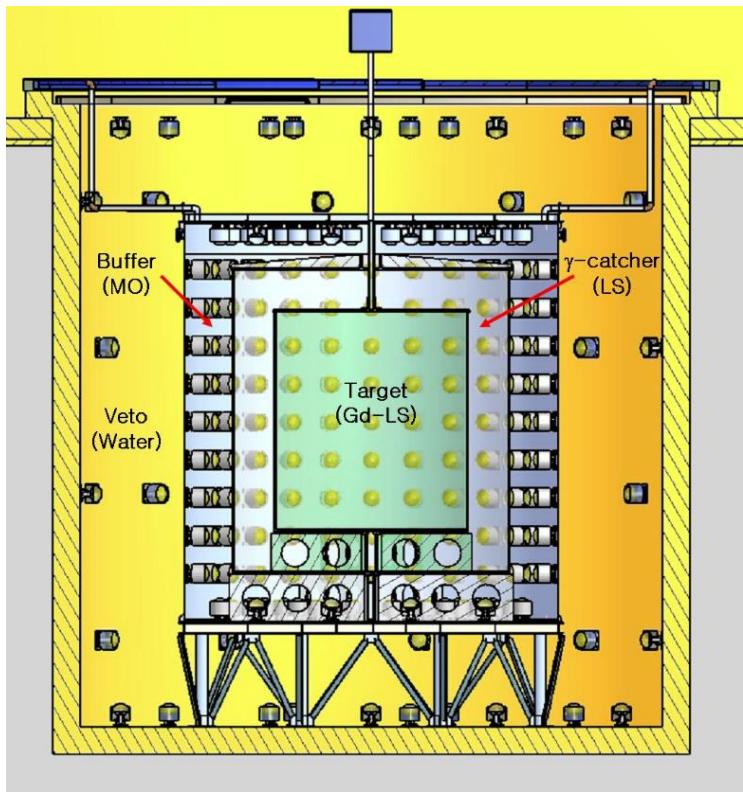
FAB site



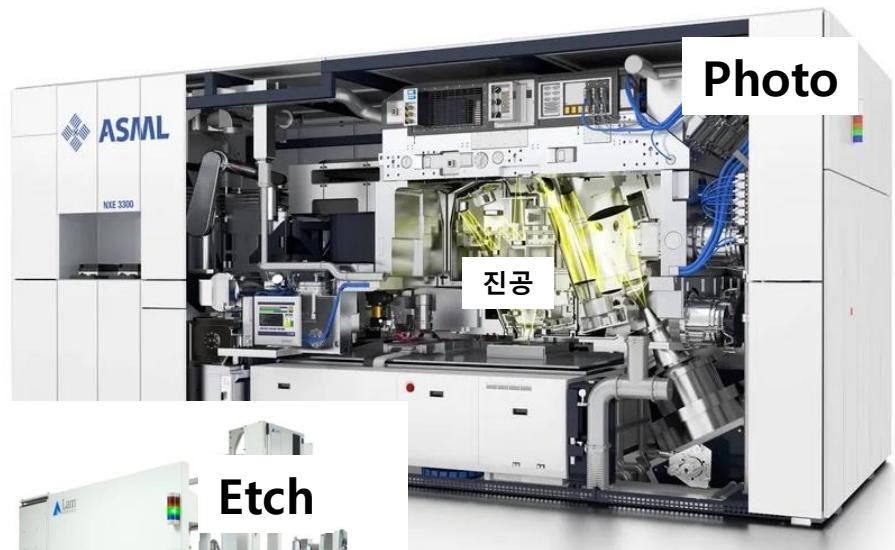
← 2022년..

IV. RENO VS FAB

RENO 검출기



FAB 설비



... 등 다양한 설비.

- 1) 동일한 검출기 2대.
- 2) 동일하지 않은 검출기 없음.
- 3) 연구자가 직접 설비 구축.

- 1) 동일한 설비 다수.
- 2) 동일하지 않은 설비 다수.
(Photo, Etch, Metal, CMP, Clean..등)
- 3) 설비사가 대신 설비 구축.

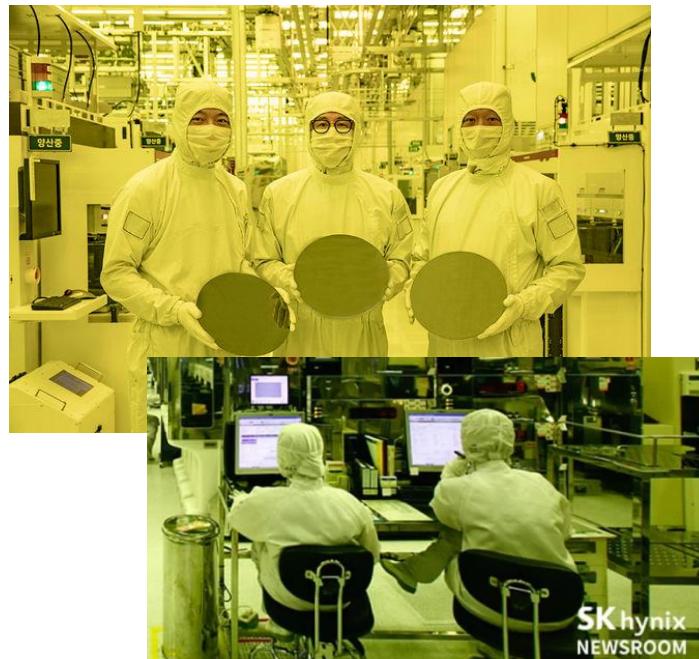
IV. RENO VS FAB

RENO 검출기 현장 담당자



- 1) 검출기가 고장나면 출동.
(예시1: 데이터 파이프라인 끊김)
(예시2: 검출기 에러 발생)
- 2) 검출기 근처 컨트롤룸.

FAB 설비 엔지니어



- 1) 설비가 고장나면 출동.
(예시1: 데이터 파이프라인 끊김)
(예시2: 설비 에러 발생)
- 2) 설비 근처 컨트롤룸.

IV. RENO VS FAB

RENO 검출기 센서



FAB 설비 센서

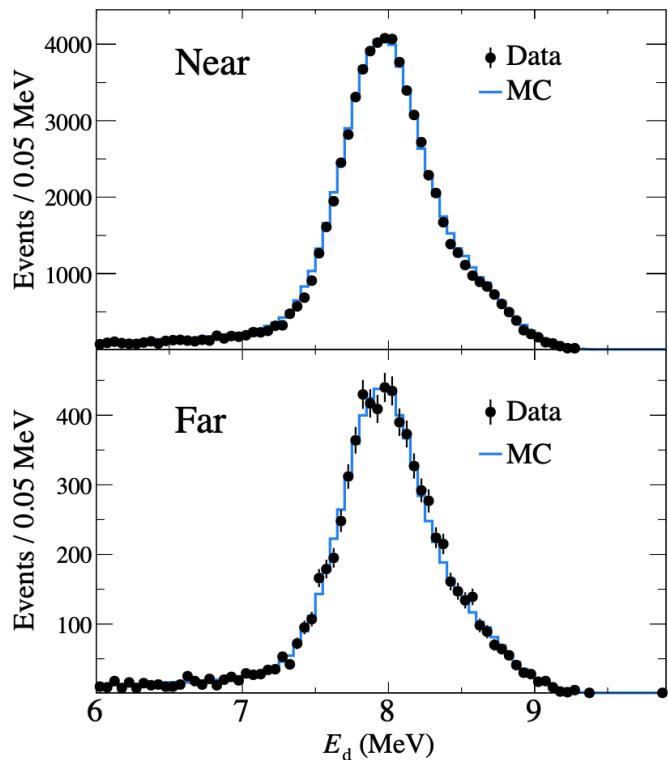


- 1) 센서 수 ~450개.
- 2) 동일 센서 (PMT).
- 3) 고속(ns) data 수집.
- 4) 검출기 로그 정보 수집.

- 1) (Etch 경우) chamber 내부센서 ~수백 개.
- 2) 다른 센서 (분광기, 전압, 온도, 압력 등..)
- 3) (Etch 경우) 비교적 저속 data 수집.
- 4) 설비 로그 정보 수집.

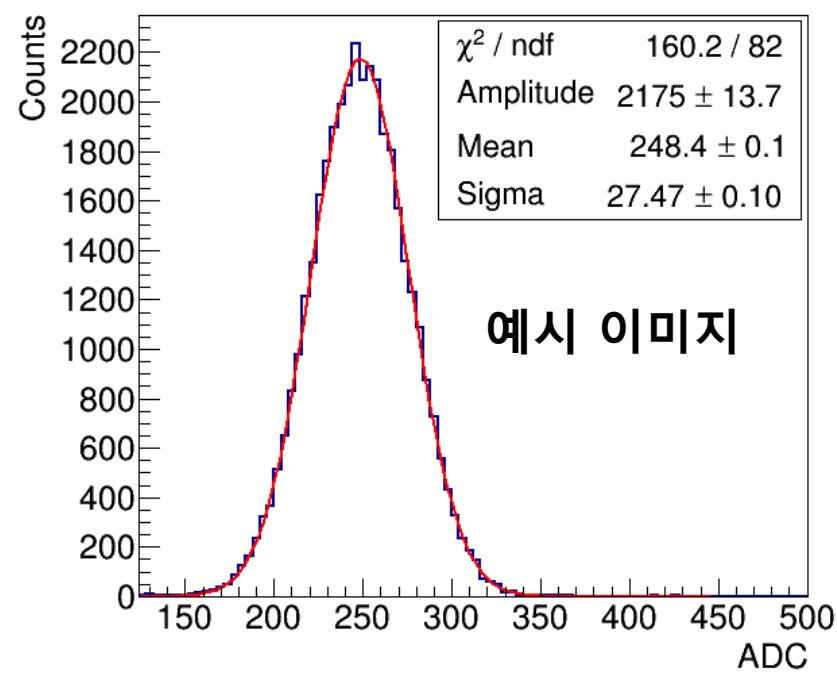
IV. RENO VS FAB

RENO 검출기 데이터 전처리



- 용량 저감 위한 Threshold 있음.
- Linux shell을 통한 data pipeline.
- 대용량 데이터(~PB) 서버에 저장.

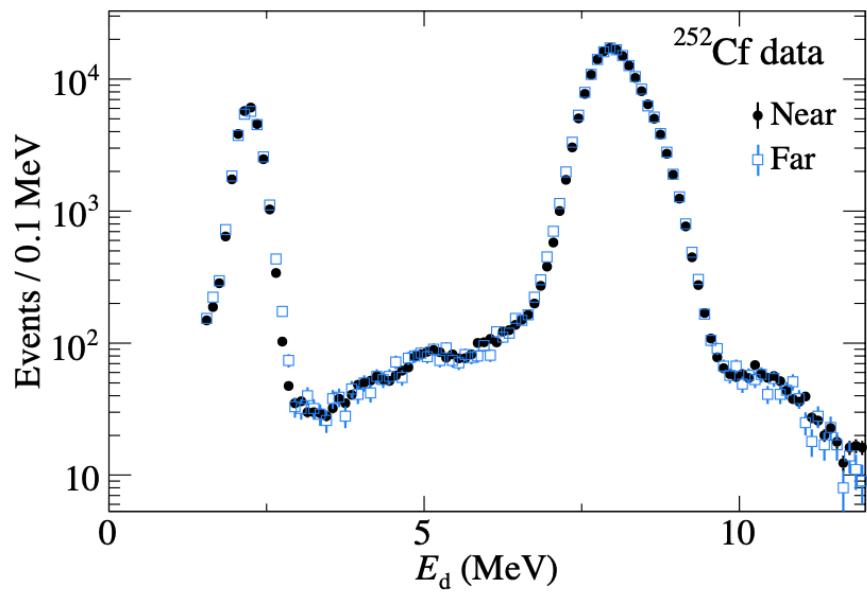
FAB 설비 데이터 전처리



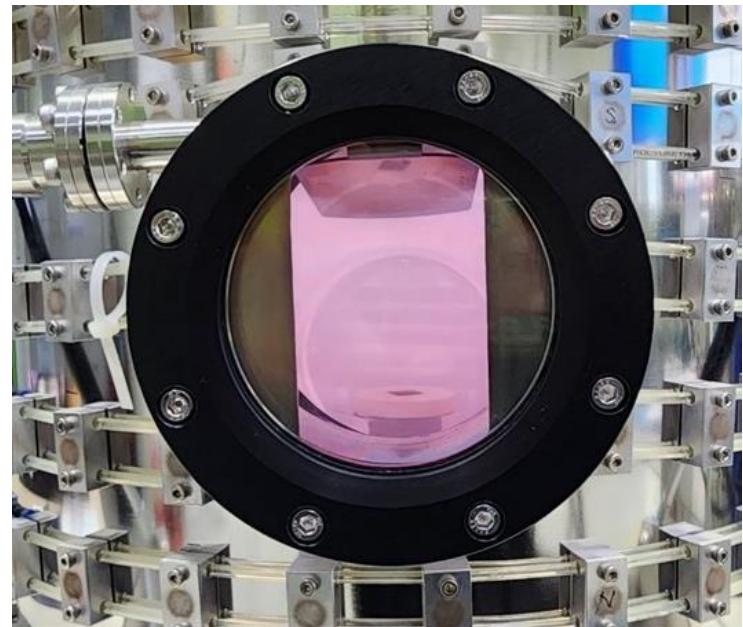
- 용량 저감 위한 Threshold 값 있음.
- 상용 tool(kafka)을 통한 data pipeline.
- 대용량 데이터(~PB) 서버에 저장.

IV. RENO VS FAB

RENO 검출기 calibration



FAB 설비 calibration



- Identical한 검출기의 response를 최대한 동일하게 조정.
- 검출기간 차이: 측정 오차의 원인.

- (Etch) Identical한 chamber의 플라즈마 response를 최대한 동일하게 조정.
- 설비간 차이: 수율 감소의 원인.

IV. RENO VS FAB

대학 입자 물리 연구실



설비研



- 건물 중 한층 사용.
- 1인당 공간은 대학원 시절과 비슷.

- 1) 검출기에서 떨어져 데이터 분석.
- 2) 분석 위해 데이터 전처리 & 데이터 파이프라인 필요.
- 3) 이후 분석 진행.

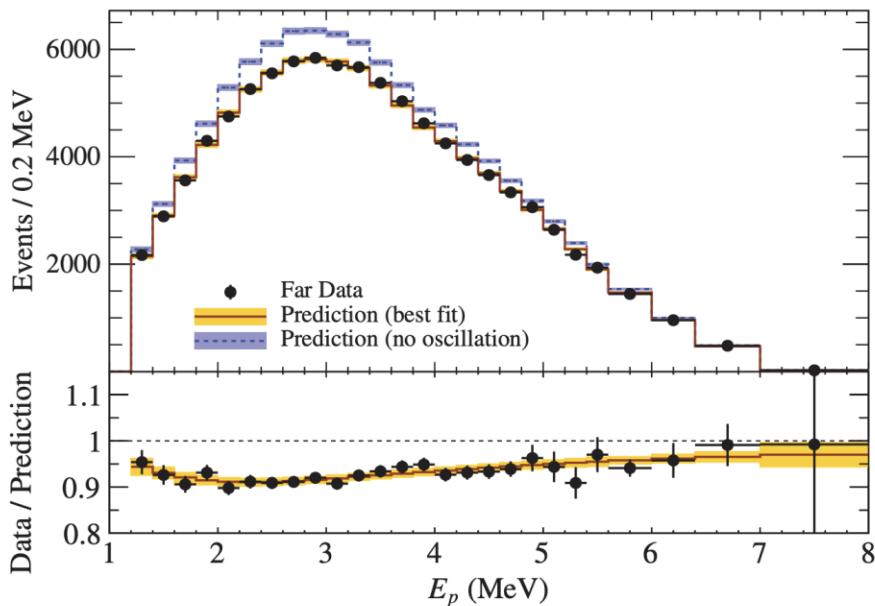
- 1) 라인에서 떨어져 데이터 분석.
- 2) 분석 위해 데이터 전처리 & 데이터 파이프라인 필요.
- 3) 이후 분석 진행.

IV. RENO VS FAB

중성미자 물리 연구

예시 1)

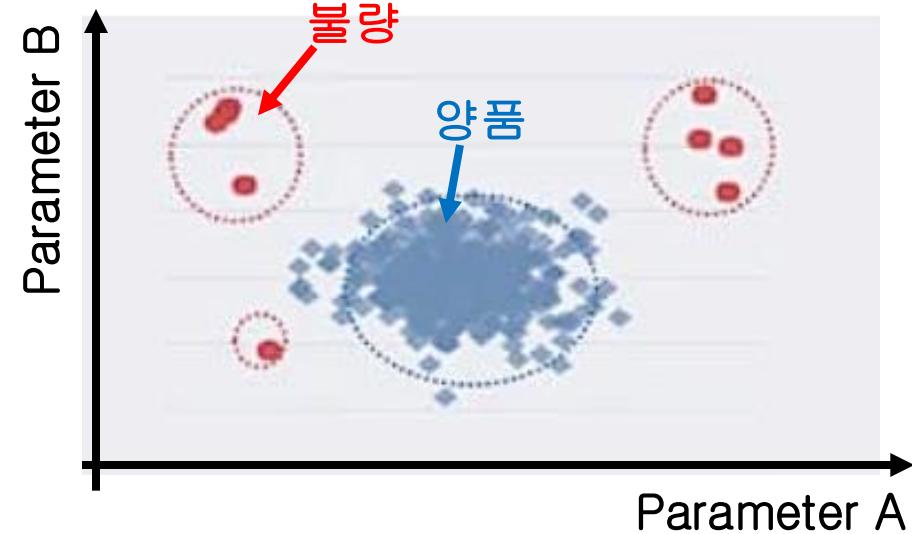
RENO 검출기에서, 동일한 Near, Far 검출기의 response를 A 알고리즘을 사용하여 비교하니, 중성미자 진동변환 상수를 측정할 수 있구나!



설비 기술 연구

예시 1)

반도체 설비에서, 동일한 Etch 설비의 response를 C 알고리즘을 사용하여 비교하니, 수율과 관련되어 있는 Parameter A를 찾아낼 수 있구나!

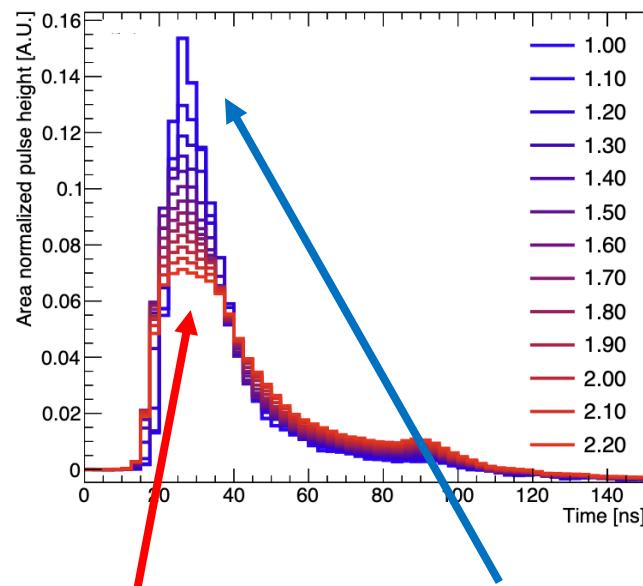


IV. RENO VS FAB

중성미자 물리 연구

예시 2)

RENO 검출기 센서 이상진단에, 딥러닝 기반 B 방법을 사용하니, 센서의 비선형 이상 동작이 제거되더라!



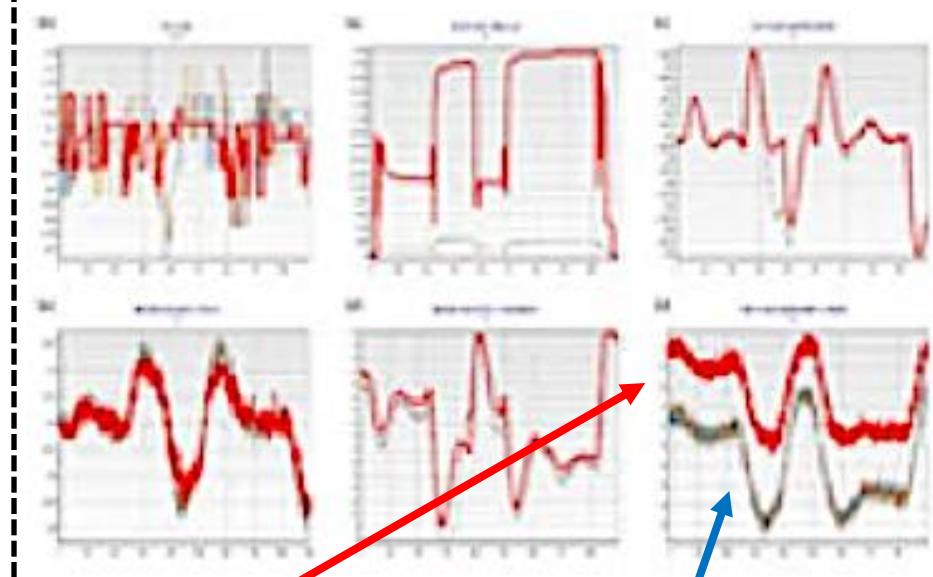
PMT 이상 동작
전류 파형

PMT 정상
전류 파형

설비 기술 연구

예시 2)

Etch 설비의 진공 펌프 이상진단에 딥러닝 기반 B 방법을 적용하니, 이상 진공펌프를 제때 교체하여, 최종적으로 수율이 0.x% 증가해, 이윤이 xxx억 창출되더라.



v. 중성미자 물리와 센서 데이터 분석 정리

- 센서 데이터 분석 관점에서,
- 실험 중성미자 물리 연구와 반도체 설비 기술 연구간 유사점 존재.
- 반도체 설비 데이터 분석을 전공한 사람은 드물다. 유사 전공 산업 수요 有.
(보안문제)

→ 이제 물리를 안하지만, 과거 센서 데이터 분석 경험이,

앞으로 반도체산업 분야에 보탬이 될 수 있으면 좋겠습니다.

