

# CMS

*GEM Detector & KoRIA*  
*Sep. 17, 2011*

Compact Muon Solenoid

**박인규**  
한국CMS실험사업팀  
(서울시립대학교, 물리학과)

% 가져온 그림은 파란색 박스

% CMS공식/비공식 내용을 모두 포함

# 발표목차

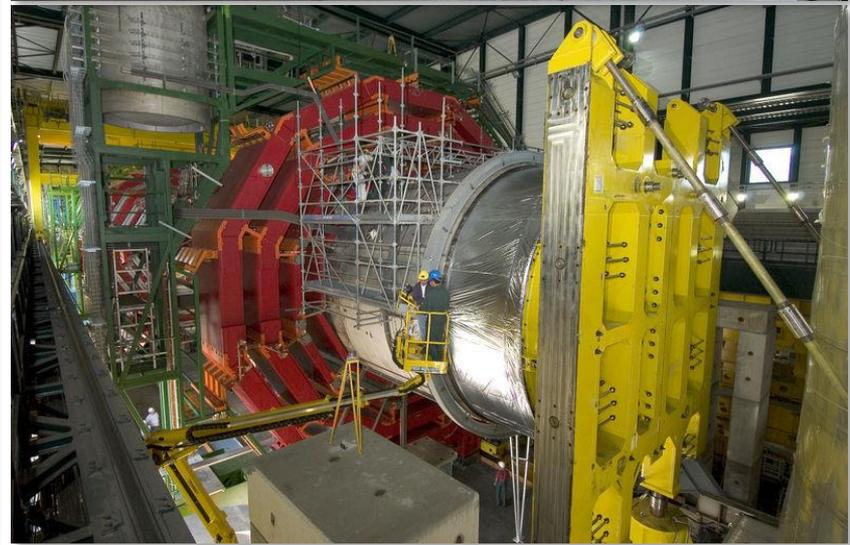
1. 한국 **CMS** 소개
2. **LHC/CMS** 업그레이드 스케줄
3. **GEM** 검출기와 한국**CMS**의 검출기 **R&D**
4. **KoRIA**와의 연계
5. 결론

# 한국 CMS 소개

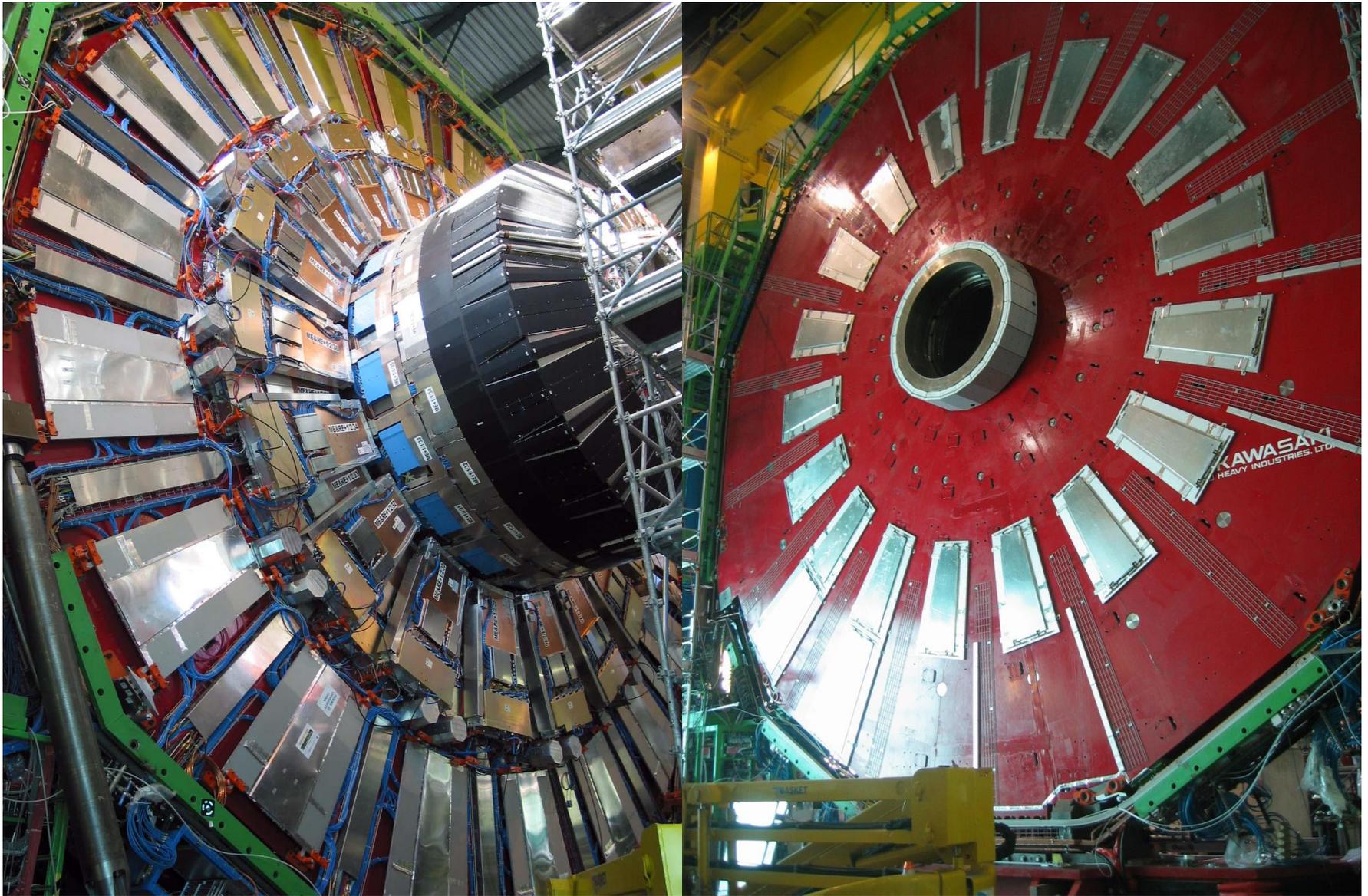
# 한국의 CERN 실험 소사

- **1980-1990:** 개인 연구자 개별 참여
- **1990-1998: LEP 실험**
  - **90GeV e+ e-** 충돌, **Z<sup>0</sup>, W** 쌍 생성
    - **ALEPH, L3**
  - 중성미자 진동 실험
    - **CHORUS**
  - 한국인 미국 유학생들의 **LEP** 실험 참여 (한국인 ~20명)
- **1998-2006: LHC 준비 기간**
  - 과학기술부의 **CMS** 실험 지원 (총 20억원)
    - **12 대학**
      - 초전도자석의 설치 플랫폼 (동양중공업) (**815kCHF**)
      - 전방저항판검출기 제작 설치 (**500kCHF**)
      - 온라인 **DAQ H/W** 지원 (**500kCHF**)
- **2007-현재: 한CERN 국제협력 ( CMS / ALICE )**

# CMS 초전도 자석 설치 플랫폼



# 전방저항판 검출기



# 한-CERN협력사업의 개시

## □ 2006: 한-CERN협력사업 체결

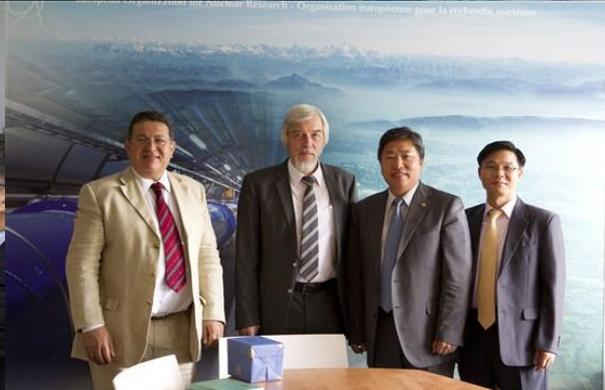
- 박원화 주 스위스대사
- **Robert Aymar CERN** 사무총장



## □ 한국**CMS**, 한국**Alice** MOU체결

- 연간 예산 **10**억원

# CERN 러쉬 아워!



**2006:**  
**Mayer of Seoul**

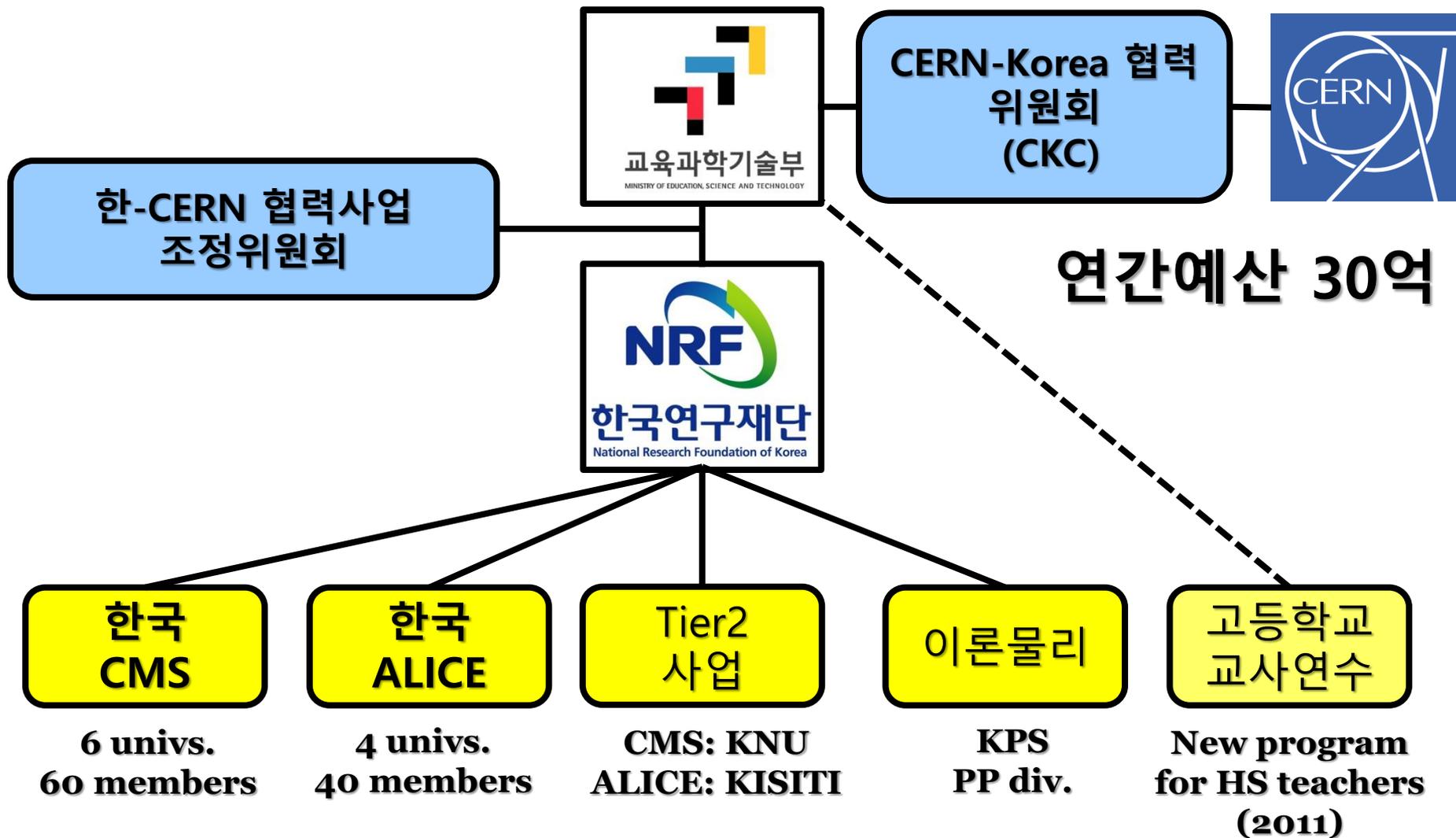
...

**2010:**  
**Nat'l Assembly  
Ambassador  
Minister & Vice Min.**

**2011:**  
**Vice Min.  
National Assembly**

**National labs.  
KBS, MBC, EBS  
Major journals**

# 한-CERN 국제협력사업



# 한국CMS실험사업팀의 규모

## □ 참여기관 6개

- 현참여기관: 고려대, 경북대, 성균관대, 서울시립대, 전남대, 강원대
- 참여예상/희망기관: 서울대, 전북대, 건국대, 제주대, 동신대

## □ 전체 참여연구원 62명

- 박사학위자 : **28명** (전임교원+박사급연구원)
- 대학원생 : **29명**
- 기술자 및 행정 : **5명**

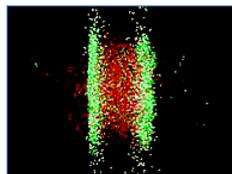
## □ 참여규모

- **M&O-A 20명** → 약 전체 **CMS**의 **1.5%** 규모
- 연간 인건비/체재비/직접비 → **14억5천만원**

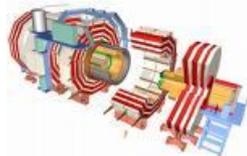
## □ 발전방향

- **2012-2016:** 대표 물리그룹 양성 및 검출기 업그레이드 참여
- **2017-2020:** ~**100**여명 연구원, ~**\$3M/year**의 규모로 성장

# 한국CMS팀 주요 연구 주제 및 서브그룹



Heavy Ion



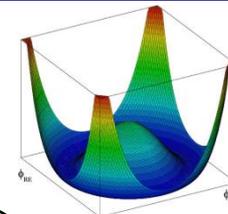
Detector R&D

Computing



Operational Committee

Higgs search

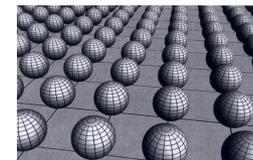


QCD

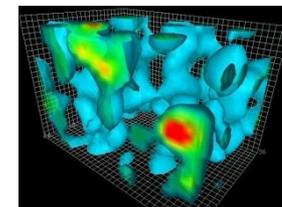
Beyond SM



ExtraD



SUSY



MEST/NRF/CERN

CMS / Korea CMS

**LHC/CMS**

**업그레이드 스케줄**

# LHC 업그레이드 계획

## □ LHC 2010년 부터 본격 가동

-에너지: **3.5TeV+3.5TeV → 7TeV**, 휘도:  **$L \sim 10^{33}/\text{cm}^2/\text{s}$**

## □ Phase 1 shutdown

-**LS 1 (Long Shutdown 1, 2012-2013)**: 에너지 업그레이드

- **Ramping up to 14TeV from 2014**

-**LS2 (2017-2018)** : 휘도 업그레이드

- **Increased luminosity at  $10^{34}/\text{cm}^2/\text{s}$  from 2018**

## □ Phase 2 shutdown

-**LS3 (2020 이후 계획)**

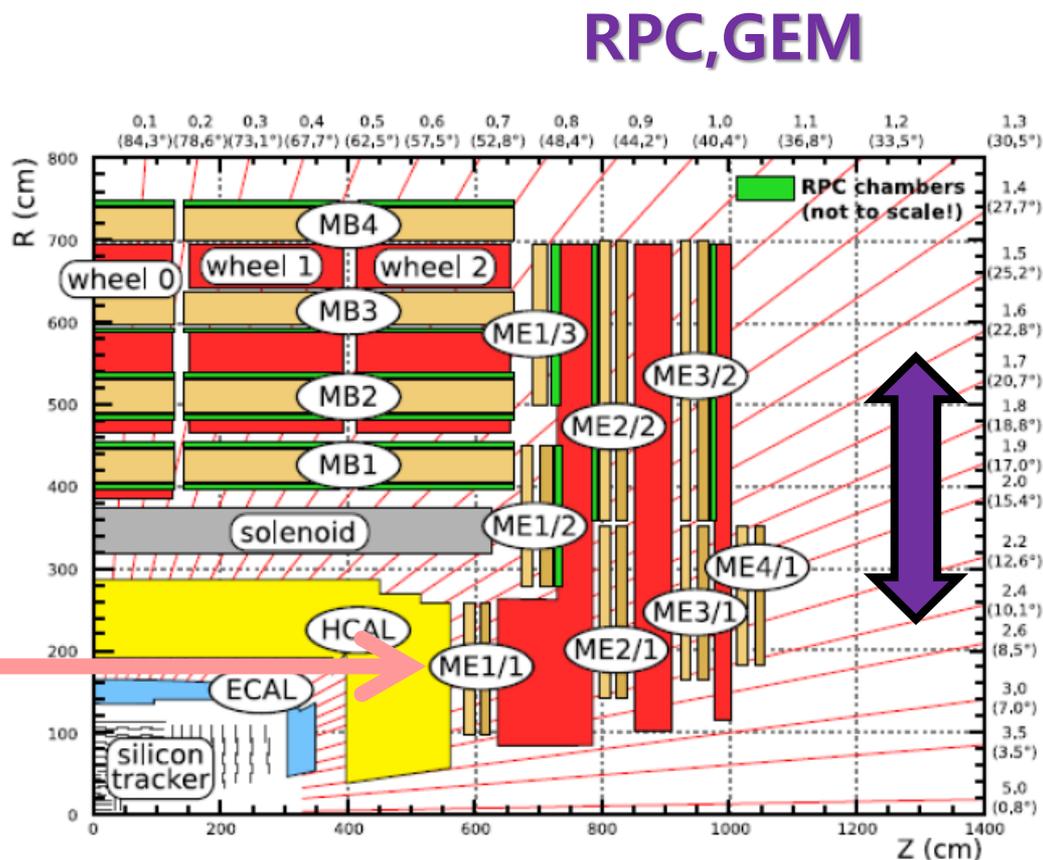
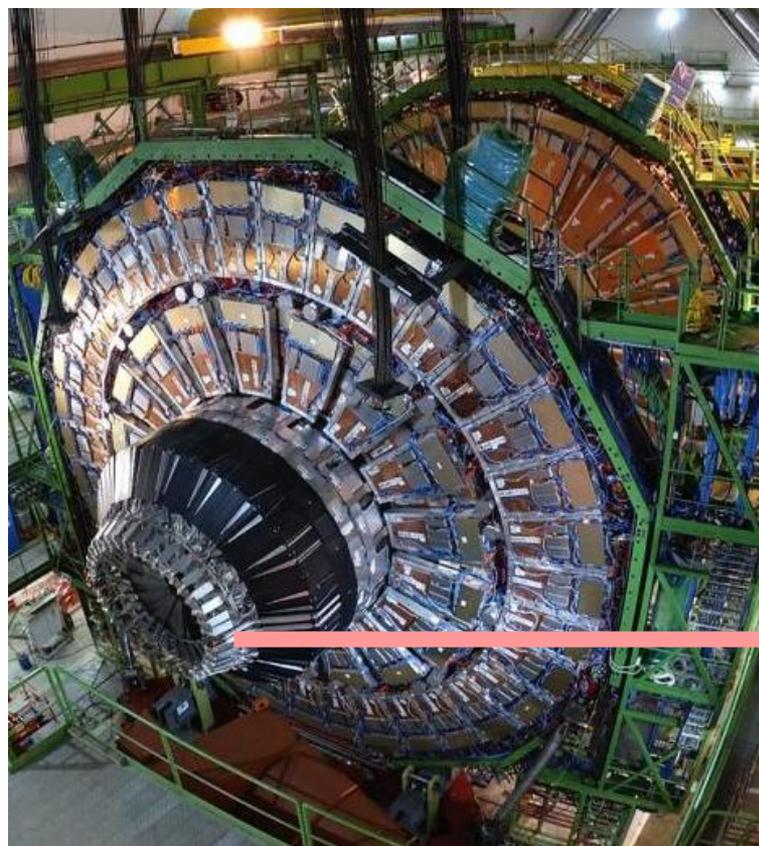
## □ CMS 서브검출기마다 각 기간 중 유지/보수/업그레이드

-한국**CMS**의 주요 관심사 : 뮤온시스템

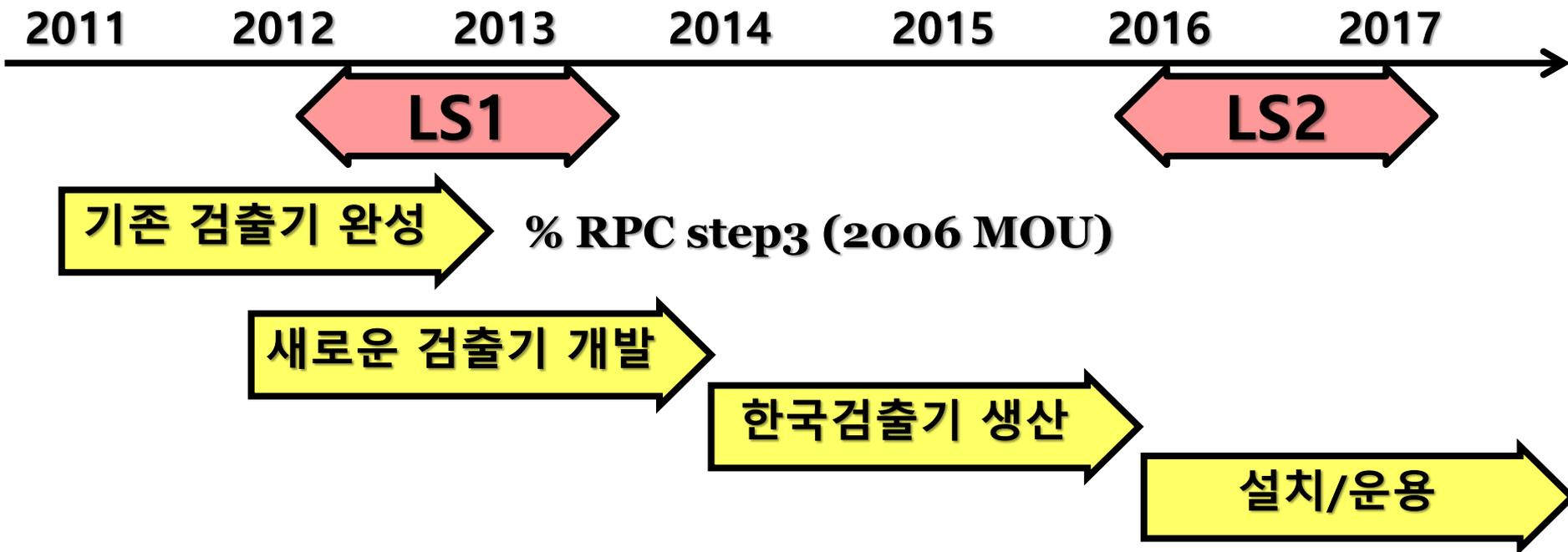
- **LS1 : Step3 RPC RE42, RE43**
- **LS2 : Forward Muon 검출기**

# CMS Muon 시스템 업그레이드 (LS2)

- **High eta** 영역 (현재 검출기 미 설치 영역)
  - **high luminosity, high rate, high radiation**



# 한국 CMS 검출기 서브그룹



## □ Phase 1 LS1: RPC Step3 완성 (RE42, RE43)

- ~220 RPC 패널 생산 (한국 RPC 검출기로 명명)

## □ Phase 1 LS2: 새로운 전방 뮤온 검출기 공헌

-  $|\eta| > 1.6$ , GEM, RPC

• **Good news & Bad news** → 예산 확보 성공, 그러나 1/3 만...

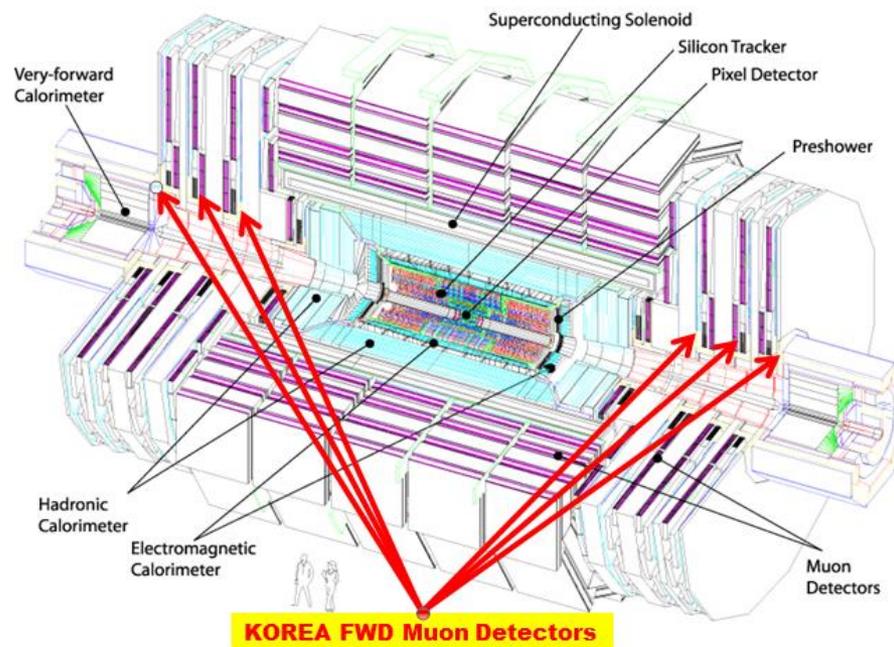
# 한국CMS의 업그레이드 참여 계획 (제안)

## □ 2012-2016년 CMS 업그레이드 활동

- 실질적 기여의 마지막 기회, 검출기 인력양성의 최적 기회
- 전방  $\eta > 1.6$  지역에 **GEM** 또는 **RPC** 검출기
  - 개발 (12'-13') → 제작 (13'-14') → 생산 (14'-15') → 설치 (15'-16')  
→ 운영 (16'-17')
  - 총 50억 (년간 10억원)

## □ 2017년 이후

- 한국주도 **Shift**
- **Data analysis**
- 운영 **Know-how** 축적
- 검출기 전문인력 배출



# 한국 CMS 검출기 서브그룹 구성 (예정)

## □ 검출기 제작

- 센서제작, 패키징, **Q/A, test-beam**, 성능조사분석
- 박사급 **4**, 박사과정 **2** 외 석사과정 및 기술자, 외주기업

## □ 일렉트로닉스

- 신호입출력, **FPGA, CMS DAQ**와의 인터페이스
- 박사급 **3**, 박사과정 **2** 외 석사과정 및 외주기업

## □ 온라인/오프라인 모니터링 시스템

- **P5** 온라인 **DQM** 및 오프라인 **DQM**제작
- 박사급 **3**, 박사과정 **2** 외 석사과정

## □ 시프트 및 관리 운영

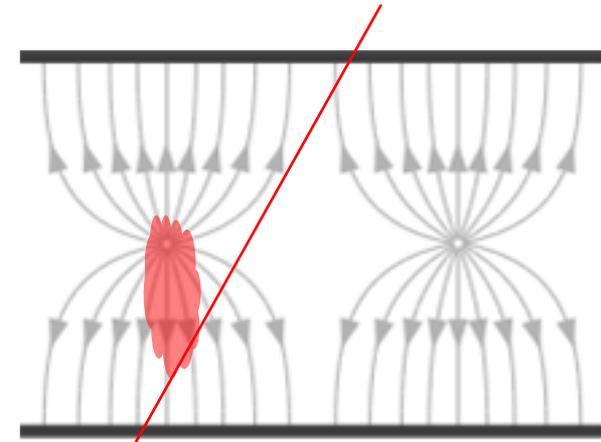
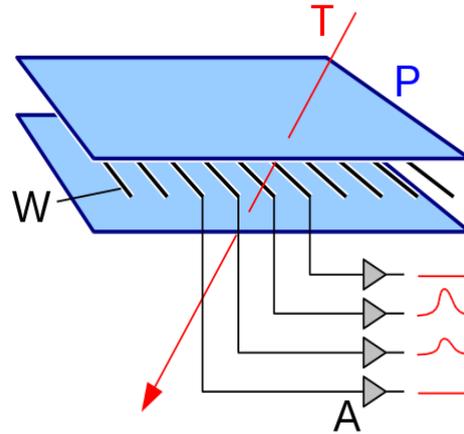
- **2017,2018**년 부터 한국**CMS**가 주도적으로 한국검출기의 **Shift** 운영

**GEM**검출기  
와  
한국**CMS**의  
검출기 **R&D**

# 입자검출기

## □ 와이어 챔버의 기본원리

- Ionization
- Drift field
- Electron avalanche
- Read out



## □ TPC

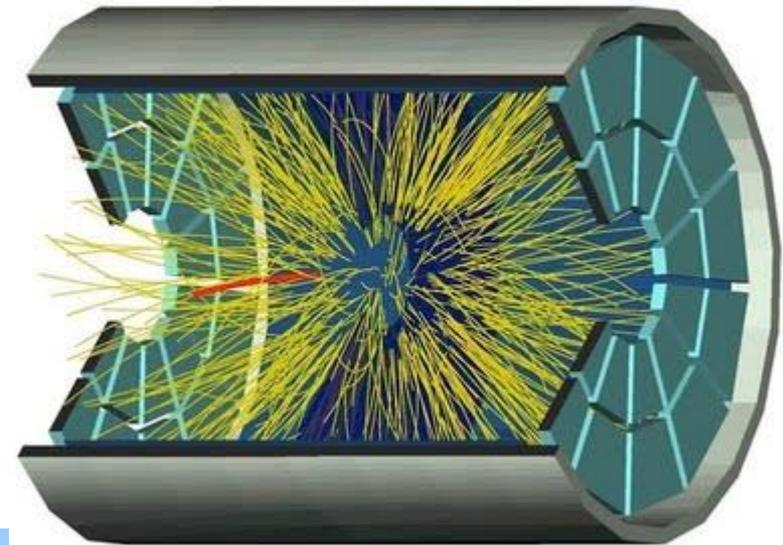
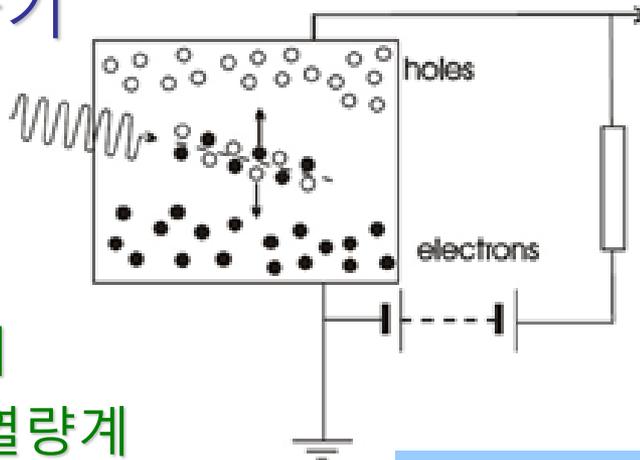
- Time Projection Chamber

## □ 반도체검출기

- Diode
- Si, Ge

## □ 열량계

- EM 열량계
- Hadron 열량계

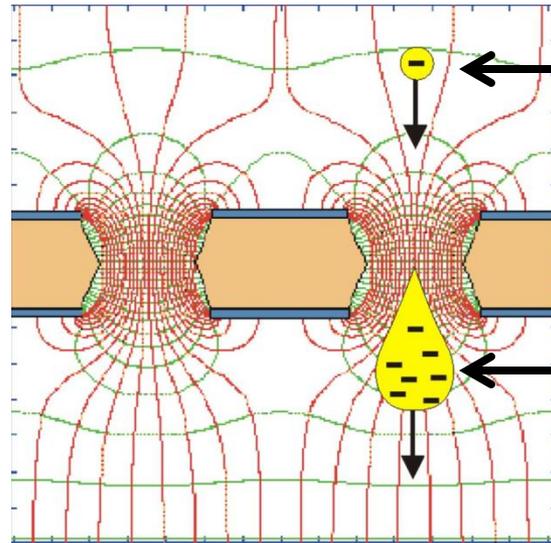


CC, Wikipedia

# GEM검출기

## □ GEM검출기의 구조

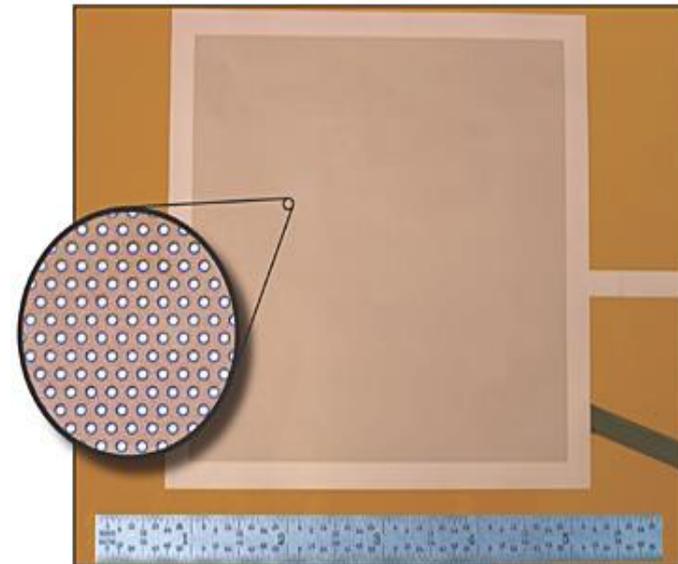
- **50-70um** 캡톤 필름
- **5-10um** 구리박막
- **50-70um** 미세구멍
- **Drift field**와 **HV field**



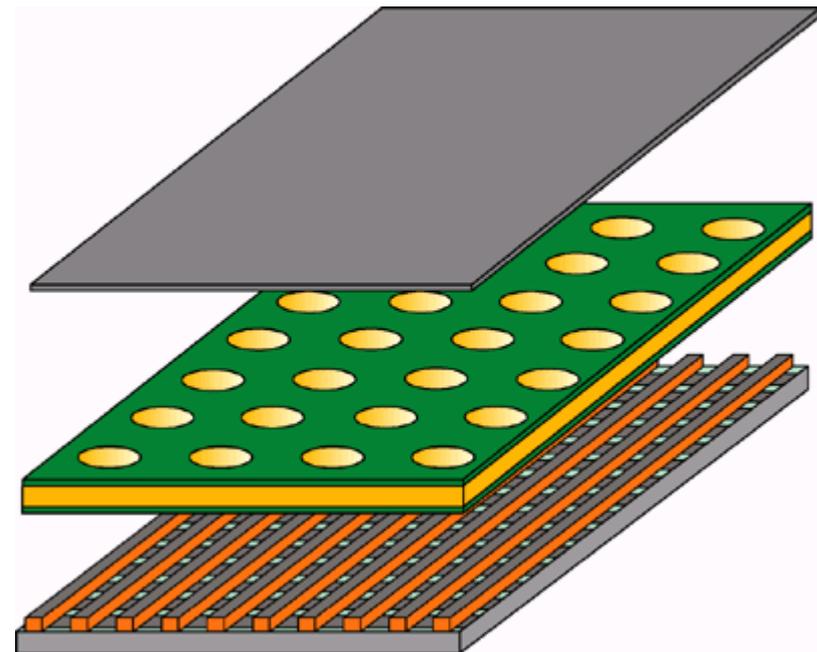
Drift electron

Electron avalanche

다층 연성기판  
+  
리소그래피 공정



CC, Wikipedia



# GEM의 응용: TPC

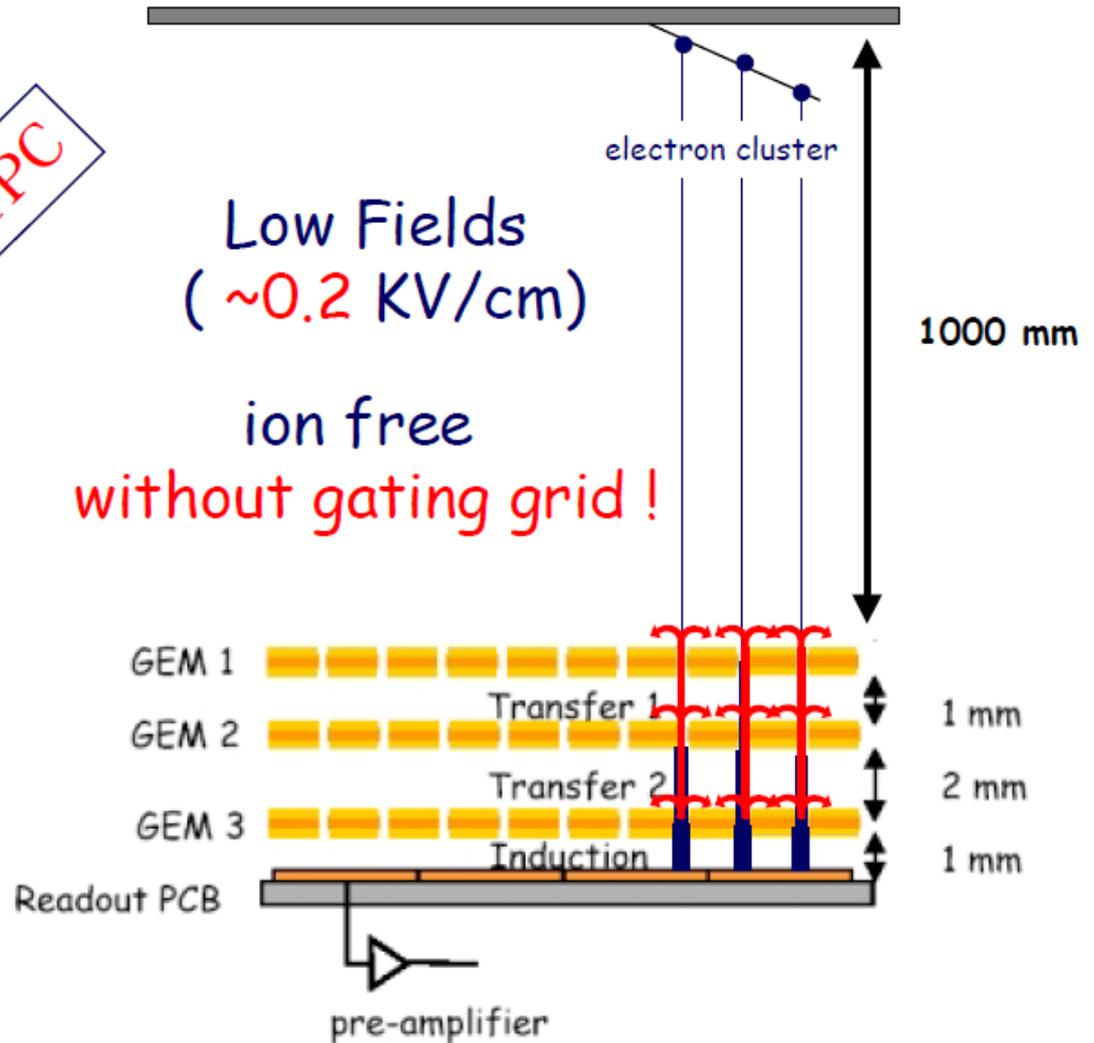
□ 기존의 **TPC**와 같은 원리

□ **KoRIA** 검출기

- **LAMPS**

- 이경세교수 발표

GEM is a TPC

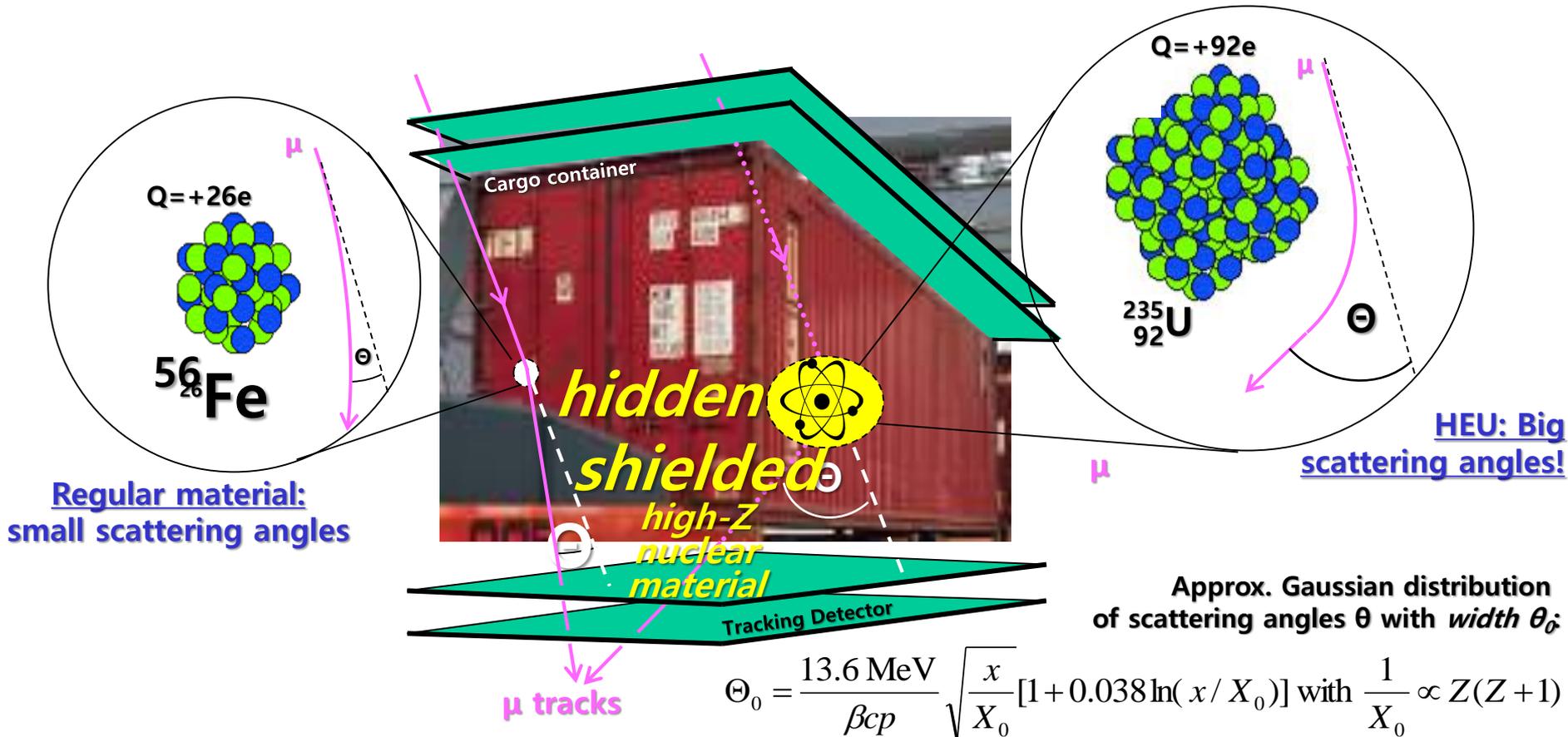


F. Mutas (LNF/INFN) @ Frascati, 2002

# GEM의 응용: Muon Tomography

## □ Incoming muons ( $\mu^\pm$ ) (from natural cosmic rays)

Note: angles are exaggerated!



M. Hohlmann (Florida Institute of Technology) @ RD51 Coll. Meeting, Freiburg, Germany

# GEM의 응용: 중성자 검출기

## □ Boron을 도핑한 GEM을 활용한 중성자 검출

- 변형된 금속을 판독

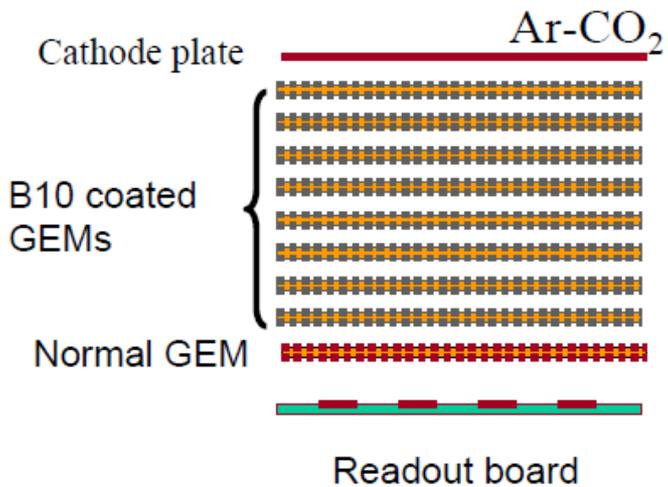
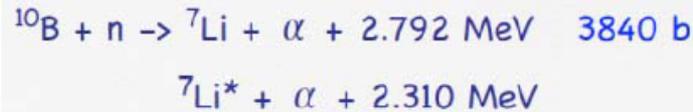
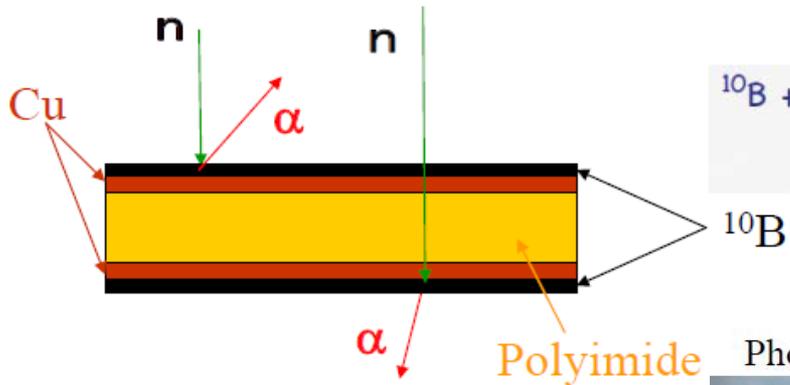
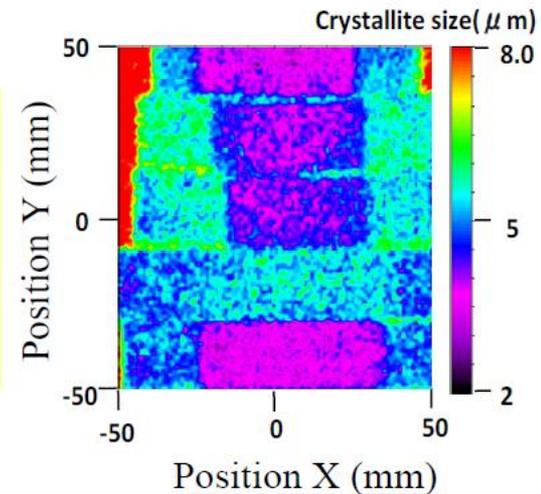
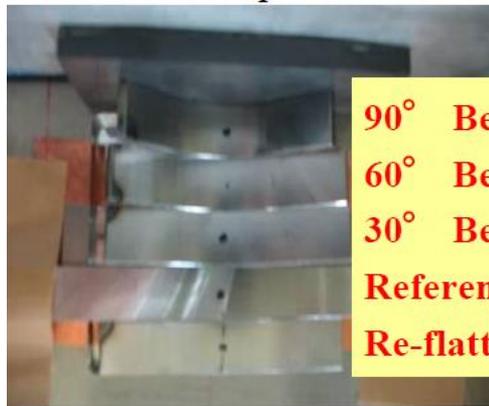


Photo of iron plates



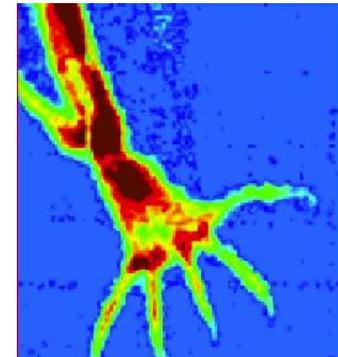
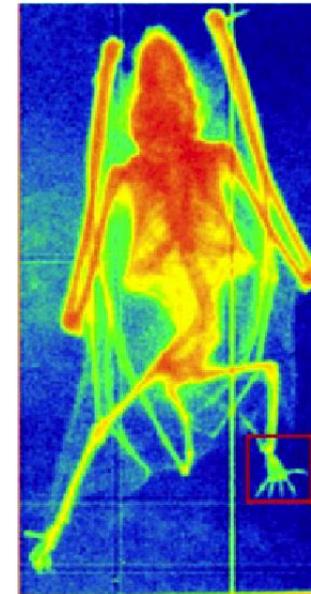
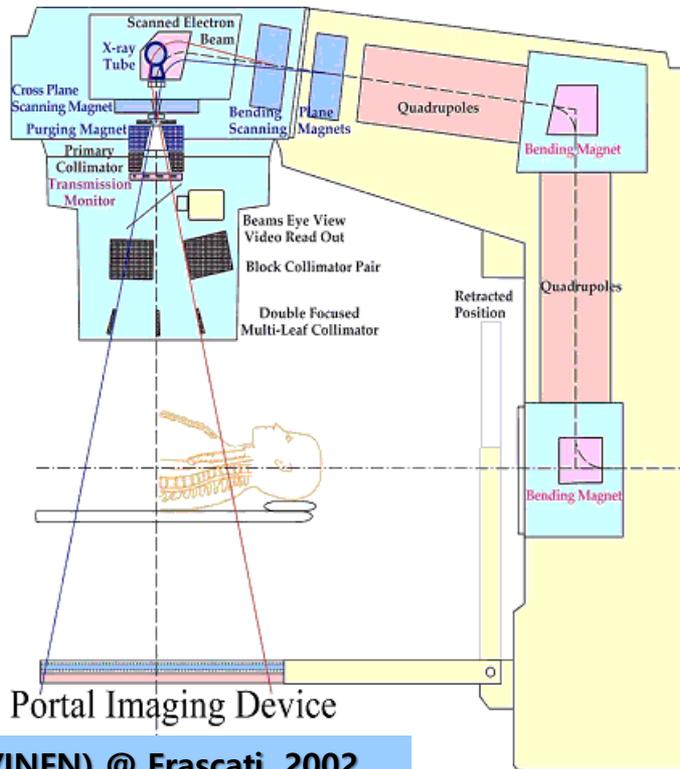
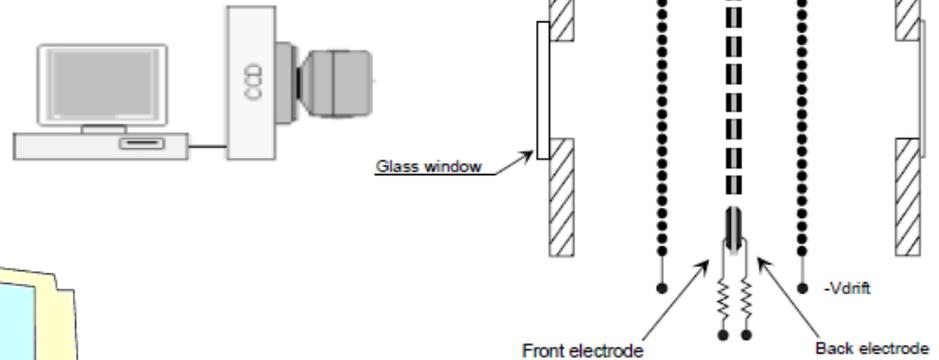
S. Uno (KEK) @ UKANS, Beijing 2010

# GEM의 응용: Medical Imaging

## □ GEM+CCD with X-ray

## □ Medical Imaging

– X-ray / Gamma



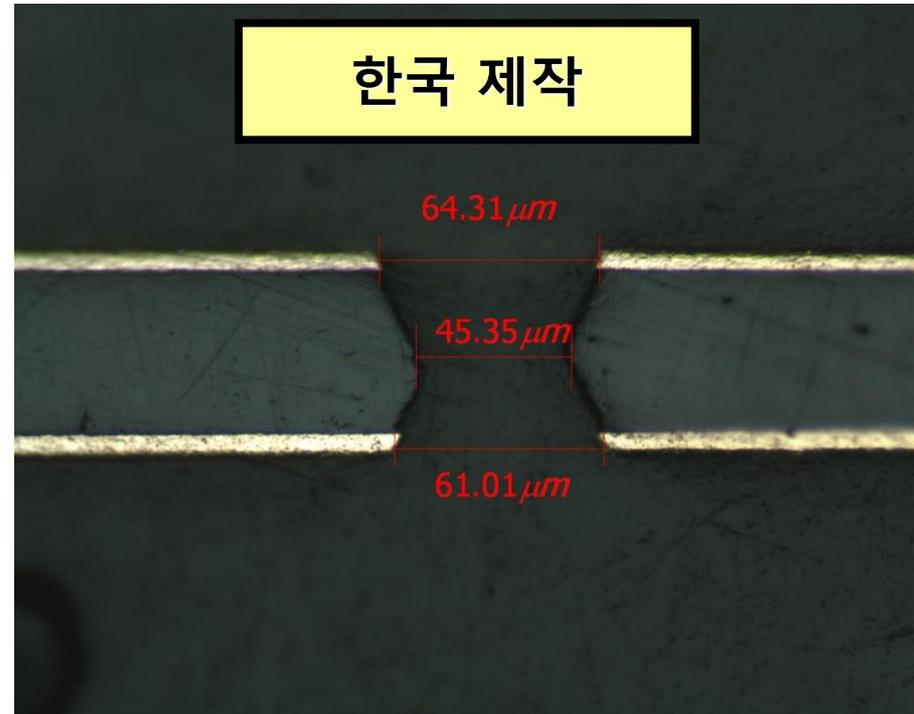
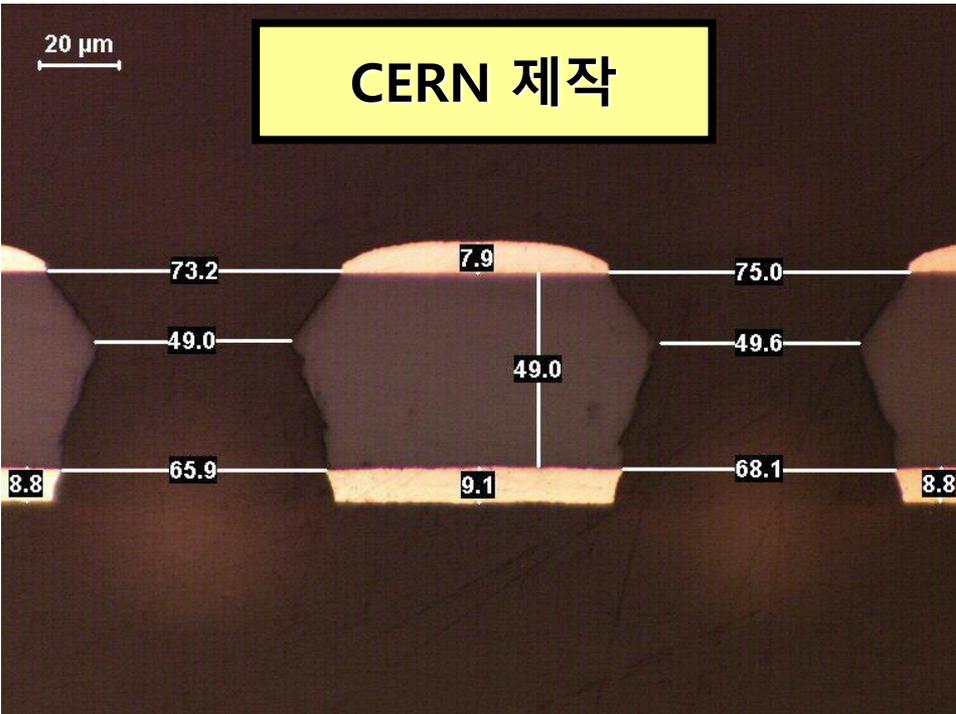
F. Mutas (LNF/INFN) @ Frascati, 2002

# CMS GEM 활동 / RD51

- **GEM for CMS High-Eta collaboration**
  - **RD51**
- **RPC 대신 GEM이 설치될 경우**
  - **GE11, GE21, GE31, GE41**
  - **72+144+72+72 chambers (4\*3072 channels)**
- **한국기업의 GEM호일 생산**
  - **8cm x 8cm 생산 → test beam in RD51**
    - **Results were excellent!**



# CERN GEM vs Korea GEM



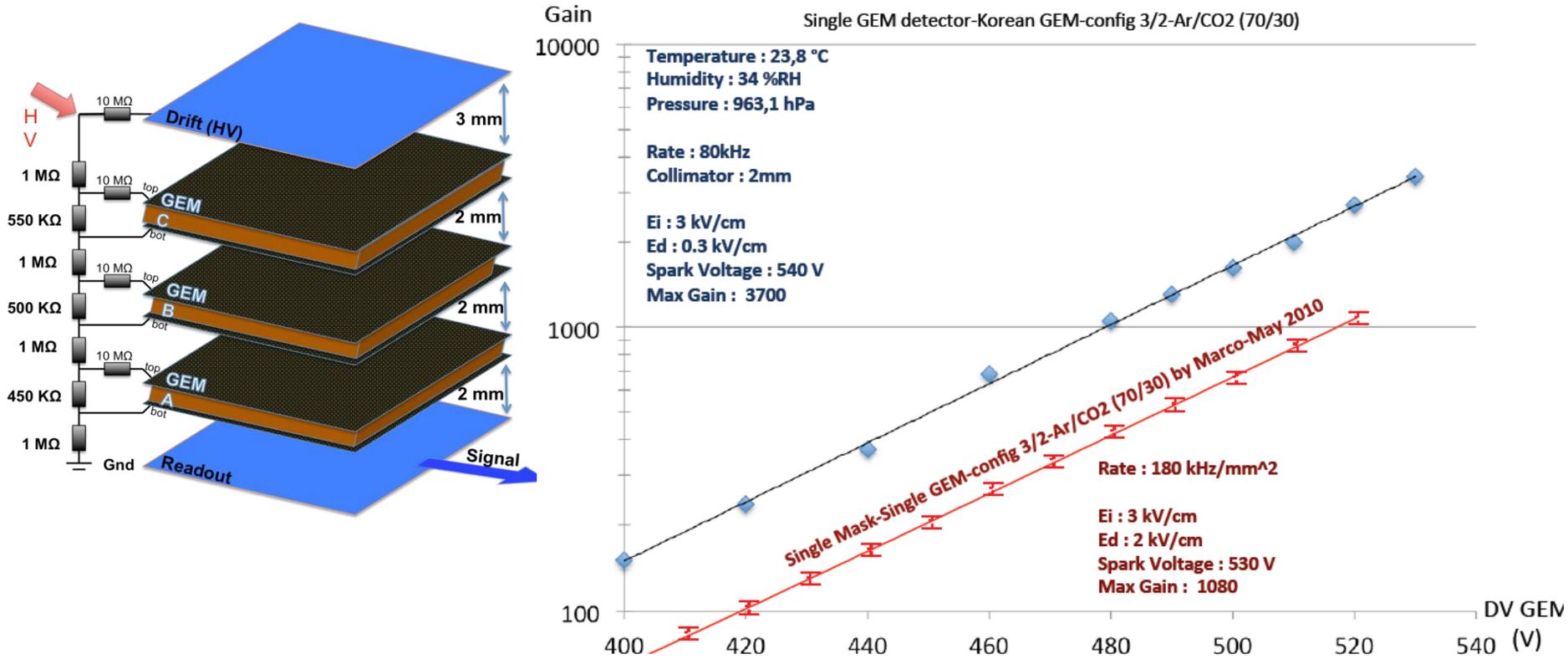
단위 마이크로 미터

제작	상층동판 두께	하층동판 두께	캡톤 두께	상층구멍 지름	하층 구멍 지름	캡톤 지름
CERN	8.35	8.75	49.30	70.25	69.05	50.95
Korea	5.85	5.96	49.01	65.14	63.08	48.03

Archana SHARMA @ Kobe, MPGD 2011

# Gain 비교

## □ 한국생산 GEM의 성능이 우수를 보임



Archana SHARMA @ Kobe, MPGD 2011

# KoRIA와의 연계

# KoRIA 가속기

□ 에너지:  $^{132}\text{Sn} \sim 250\text{MeV/nucleon}$  ( $9 \times 10^8$  pps)

- 김용균교수 발표 (오늘 오전 세션)

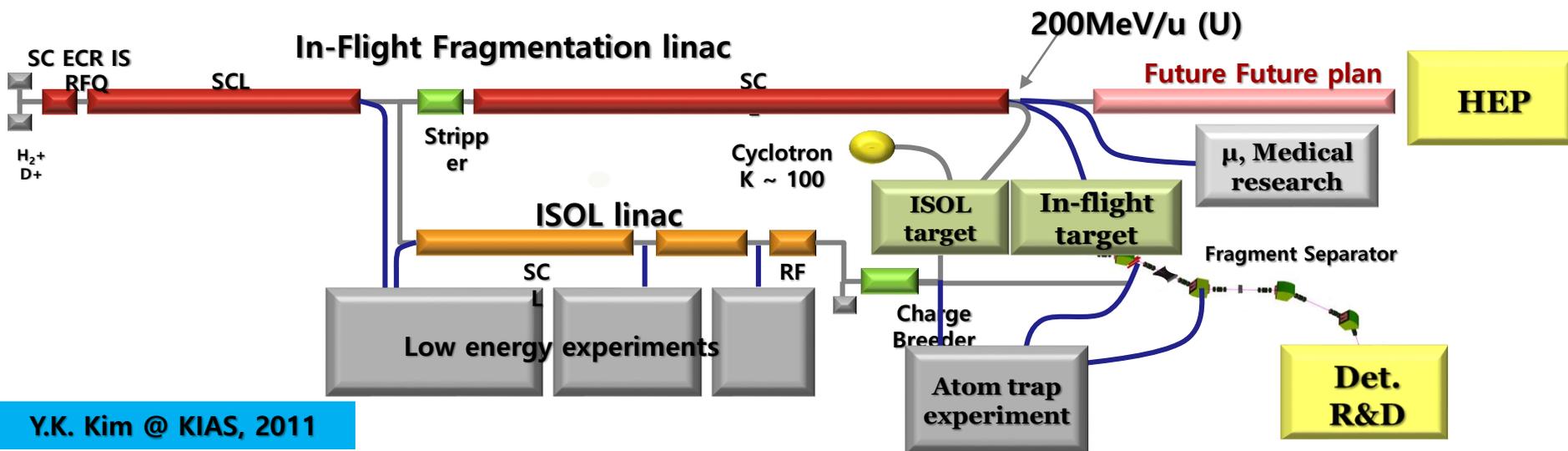
□ 다양한 핵물리 연구 및 응용연구 가능성은 높음

□ 고에너지 입자물리 연구 주제 발굴 가능성은 낮음

- **Small picture** → 검출기 R&D, test-beam

- **Big picture** → 가속기 **Complex (CERN)**

- 초기 단계부터의 협조 필요



Y.K. Kim @ KIAS, 2011

# KoRIA-HEP: Small picture

## □ HEP가능성 : 낮은 에너지 타깃실험

- 반물질 생성, **QED** 정밀측정 등, 새로운 주제의 가능성 (**doubt**)

## □ 2차입자의 생성 → 뮤온, 파이온 생성

- 지난 **KIAS**미팅 (최수용교수 발표)
- Few GeV** 양성자 (**doubt**)
- 낮은 에너지 뮤온, 파이온의 테스트빔 활동 ?

## □ 빔라인 및 통합 검출기 **R&D** 랩 및 테스트빔 시설

- 이번 **KIAS**미팅 (유인권교수 오늘 발표)
  - 빔라인, 마그넷, 전원, 가스, 일렉트로닉스, 케이블, 컴퓨팅, 차단시설, 운용팀
  - 핵/입자/천체 모두 활용.

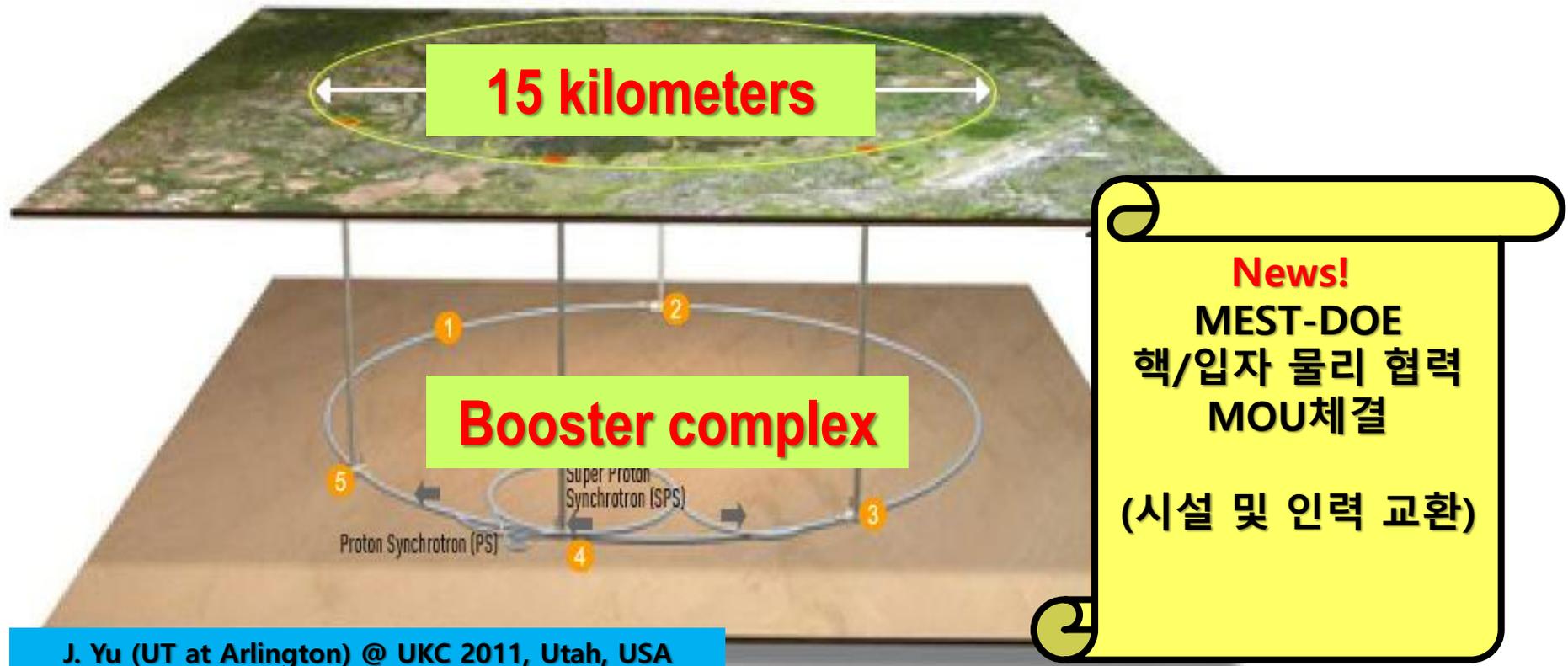
## □ Direct contribution to KoRIA

- LAMP3** 검출기 제작에 참여중
  - **Beam Monitor, TPC, SST, Neutron Calorimeter, TOF**
  - 추가 전문인력 양성 필요

# KoRIA-HEP: Big Picture

## □ UKC 2011 (Aug. 13) Utah

- 재미과학기술인 및 한/미 정부, 펀딩기관, 국회의원 참여
  - **KoRIA**의 절대적 성공이 필요 (모든 물리분야의 협력)
  - **Future-future plan**을 초기부터 고려



J. Yu (UT at Arlington) @ UKC 2011, Utah, USA

## □ DOE – MEST

- 한미과학기술(장관)회의
- 7차회의 **2010/06/14-15**
- 핵/입자물리 분야의 시설, 인적, 정보 공유

## □ 2011 APS

- 테바트론 쿼드러폴의 일부를 재활용
  - **300-600GeV** 양성자
  - **150-300GeV/n** 중이온
- **Shutdown Sep. 2011**
  - **No cold shutdown !**
  - **Need LOI**

DOE-MEST, 2010

IMPLEMENTING ARRANGEMENT  
BETWEEN  
THE DEPARTMENT OF ENERGY OF THE UNITED STATES OF AMERICA  
AND  
THE MINISTRY OF EDUCATION, SCIENCE AND TECHNOLOGY  
OF THE REPUBLIC OF KOREA  
FOR COOPERATION  
IN THE AREA OF HIGH-ENERGY AND NUCLEAR PHYSICS RESEARCH AND  
RELATED FIELDS

The Department of Energy of the United States of America and the Ministry of Education, Science and Technology of the Republic of Korea, hereinafter referred to as the Parties:

Noting the fundamental need of a large research facility like accelerators to the advancement of science and technology at the Seventh Joint Committee Meeting for Science and Technology, held on June 14-15, 2010;

Noting the necessity of mutually beneficial cooperation and exchanges of human resources, information and technology in the area of high-energy and nuclear physics research; and

# KoRIA-HEP Big Picture: 물리프로그램

- **300GeV** 양성자 가속기 또는 **150GeV/n** 중이온 가속기
  - 아시아최대가속기, 미 탐험된 에너지 영역
- **Lepton-Hadron 충돌**
  - 전자-양성자, 전자-중이온 충돌 (**eRHIC**)
  - 뮤온 충돌기 (**muon collider**, 뮤온-양성자, 뮤온-중이온)
  - **Low-x, High-Q2 PDF** 확장
- 고출력 중성미자 실험
  - 역 **T2KK** 실험
    - 한국에서 생성된 중성미자를 카미오카로!
- 타깃실험
  - **Rare Kaon decay (JPARC, E14)**
  - 중이온 타깃실험
  - 반핵생성 및 반물질 생성



- 한-CERN 협력사업을 통한 고급 전문 인력 배출
  - 연 참여 인원 **100**여명, **> 10** 박사급 인력배출 (검출기 전문가 포함)
    - **KoRIA**시설에 설치될 검출기 (**LAMP3**)인력 공급
    - **LAMPS : TPC, SST, TOF, 중성자 열량계**
- 빔라인, 테스트빔 시설, 검출기 **R&D**시설 등의 구축
  - 관련전문인력을 통한 한국의 첨단 기술집약 산업의 육성
    - 대표적인 **KoRIA** 이용 프로그램으로 발전
- **Future-future** → **KoRIA**는 한국가속기컴플렉스의 씨앗!
  - **CERN/Fermi Lab**등과의 협력을 통한 아시아 최대의 가속기 컴플렉스로 발전
  - **2011 DOE-MEST MOU**를 통한 시설구축 (테바트론자석의 재활용)
    - **300GeV-600GeV** 양성자 / **150-300 GeV/n** 중이온
    - **eRHIC, R-T2KK, Rare decay**