희귀동위원소 과학을 위한 초전도 중이온가속기

중이온가속기건설구축사업단 장치구축사업부 장치기반기술

DOI: 10.3938/PhiT.24.048

현명옥·한재은·최철진·차혁진

Introduction of the Accelerator Engineering Team

MyongOok HYUN, Jae Eun HAN, Chuljin CHOI and Hyukjin CHA

The superconducting linear accelerator (SC Linac) for heavy ions is one of the most important large science facilities for the future of basic science in Korea. Many physicists, scientists, engineers, and R&D support personal are now working at the Rare Isotope Science Project (RISP) for the successful construction the SC Linac for heavy ion. The RISP has many teams, such as the accelerator system team, the experimental device team, and so on. In this paper, we introduce the accelerator engineering team (AET), which includes research groups for the radio-frequency (RF) system, the cryogenic system, the vacuum system, the normal conducting (NC) magnet

system, and the control system.

서 론

한국형 초전도 중이온가속기는 대한민국 기초과학의 미래를 위해 반드시 필요한 거대 과학을 선도할 기반시설 중 하나이다. 성공적인 중이온가속기 구축을 위하여 국내외에서 많은 과학자들과 엔지니어들이 중이온가속기건설구축사업단(이하 사업단)에 모여 하나의 목표를 향해 지금 이 순간에도 연구에 매진하고 있다. 사업단에는 다양한 팀이 저마다의 역할을 맡고 있는데, 본 지면에서는 장치구축사업부 산하의 장치기반기술팀을 소개하도록 하겠다.

중이온가속기의 수많은 장치를 설계, 제작하고 설치 및 검증을 담당하는 장치구축사업부는 사업단의 핵심 부서라고 할 수 있다. 장치구축사업부는 4개의 팀으로 이루어져 있는데 초전도 가속관 및 저온유지모듈, 파워커플러, 튜너, 이온원, RFQ 등 주요 가속장치를 만드는 가속장치팀, 가속된 빔을 타겟에 충돌하여 우리가 의도하는 여러 가지 중이온을 생성하는 RI & ISOL팀, 생성된 중이온으로 여러 가지 실험을 할 수 있는 실험장치를 설계 및 제작하여 실험을 진행하는 실험장치팀, 그리고 이 모든 장치들을 효과적으로 통합하고 제어하고 운용하는 팀이 바로 장치기반기술팀이다.

장치기반기술팀은 다시 다섯 개의 연구그룹으로 나뉘는데, RF(Radio-Frequency) 파워시스템 연구그룹, 극저온(Cryogenic) 시스템 연구그룹, 진공시스템 연구그룹, 상전도전자석 연구그룹, 그리고 제어(Control) 시스템 연구그룹으로 나뉜다. 장치기반기술팀은 크게 두 가지의 역할을 가지고 있다. 첫 번째는 가속기의 기반기술을 제공하기 위한 각 분야의 독립적인 시스템을 구축하고 검증하는 것이고 두 번째는 가속기에 설치되는 수많은 장치의 개별적인 검증에 있어서 필요한 기반기술을 제공하는 것이다.

RF(Radio-Frequency) 파워시스템 연구그룹

RF 파워시스템 연구그룹은 초전도가속관 및 RF 파워를 사

저자약력

현명옥 연구원은 연세대학교에서 석사학위(2007)를 기계공학 전공으로 취득하였으며 2010년까지 삼성전자 반도체총괄 스토리지사업부에서 선임연구원, 2012년까지 한국과학기술연구원(KIST)에서 연구원, 2015년까지 기초과학연구원 중이온가속기건설구축사업단에 가속기부에서 연구원을 거쳐 2015년부터 현재까지 기초과학연구원 중이온가속기구축사업단에서 장치기반기술팀장으로 재직 중이다.(atikus43@ibs.re.kr)

한재은 박사는 포항공과대학교에서 박사학위(2009)를 물리학(가속기물리) 전공으로 취득하였으며 포항가속기연구소에서 박사후 과정을 거친(1년) 후 2012년까지 SP Microwave에서 Senior Research Scientist, 2015년까지 기초과학연구원 중이온가속기건설구축사업단에 가속기부에서 연구위원을 거쳐, 2015년부터 현재까지 기초과학연구원 중이온가속기건설구축사업단의 장치기반기술팀에서 RF 연구그룹장으로 재직 중이다.(jehan@ibs.re.kr)

최철진 박사는 한국과학기술원에서 2004년 기계공학(다상유동 열전달) 박사학위를 취득하였으며, 2009년까지 LG전자 가전연구소 책임연구원, 2012년까지 일리노이주립대 방문연구원을 거쳐 2012년부터 현재까지 기초과학연구원 중이온가속기건설구축사업단의 저온그룹장으로 재직 중이다.(cjchoi@ibs.re.kr)

차혁진 박사는 연세대학교 물리학과 이학박사(2006)로서 한국원자력연구원, 광주과학기술원 고등광기술연구소 연구원을 거쳐 2012년부터 기초과학연구원 중이온가속기건설구축사업단에서 연구위원으로 재직 중이다.(hjcha@ibs.re.kr)

Fig. 1. RF Power System - Current Status.

용하는 가속장치에 RF 파워를 제공하는 역할을 담당하고 있으며, 이를 위해서 각 장치에 최적화된 RF 전원장치를 개발, 제작 및 검증 중이다. 각각의 가속장치는 서로 다른 전력과 주파수를 사용하므로 RF 전원장치도 그에 맞게 각기 다른 사양을 가지도록 설계 및 제작되어야 한다. 또한 RF 파워를 효과적으로 제어하기 위해 별도의 Low-level RF 제어장치가 각 전원장치에 부착되어 RF 파워를 제어해야 하며, 가속기 전체의 RF 파워를 동시에 효율적으로 제어하기 위해 RF Reference Line 이 설계되어야 한다. 그림 1은 RF 파워시스템 연구그룹이 진행 중인 RF 파워시스템의 실험 진행 상황을 보여주고 있다.

극저온(Cryogenic) 시스템 연구그룹

극저온 시스템 연구그룹은 초전도가속관의 초전도상태를 유지하기 위해 영하 269~271 °C의 극저온 액체헬륨을 생성하여 저온유지모듈까지 전달하는 일련의 시스템을 설계, 제작 및 검증하는 역할을 담당하고 있다. 또한, 극저온 냉각상태를 유지해야 하는 초전도 전자석과 저온유지모듈에 극저온 유체(주로 액체질소)를 공급하는 시스템을 구축하는 역할 또한 담당한다. 현재, 극저온 시스템 연구그룹은 KAIST 문지캠퍼스 내에

Fig. 2. SRF Cryogenic System Detail Design.

Fig. 3. Vacuum Profile Analysis Results.

구축 예정인 SRF(Superconducting RF Facility) 시설의 극저온 시스템을 국내 업체와 함께 설계, 제작 및 설치를 진행하고 있다. 그림 2는 설계가 완료된 SRF 시설의 극저온 시스템을 보여주고 있다.

진공시스템 연구그룹

진공시스템 연구그룹은 빔이 가속되는 가속관과 가속관에 연결된 각 장치의 목표 진공도를 유지하도록 진공 프로파일을 설계, 해석하고 이에 따라 진공펌프 및 진공장치의 사양을 결정, 구매하여 설치 및 검증하는 역할을 한다. 그림 3은 현재 위탁과제로 설계 중인 진공 프로파일의 해석결과를 보여주고 있다.

Fig. 4. QWR Section Normal Conducting Magnet - Current Status.

상전도전자석 연구그룹

상전도 전자석 연구그룹은 초전도 가속관을 내포한 저온유지 모듈 사이에 설치되어 중이온 빔을 집속하는 4극 전자석 쌍들과 빔 전송 라인을 구성하는 2극 전자석 등 여러 종류의 전자석 및 전원 공급장치를 개발하는 임무를 맡고 있다. 현재, QWR 초전도 가속관 구간 사이에 설치될 상전도 4극 전자석 시제품을 제작하여 자기장 특성에 관한 검증이 진행 중이다. 또한, 시제품용 전자석 전원 공급장치를 제작하여 전류 안정도에 관한 측정이 진행 중이다(그림 4).

제어(Control) 시스템 연구그룹

제어시스템 연구그룹은 초전도 중이온가속기에 설치되는 모든 장치를 제어하는 그룹이며, 궁극적으로는 모든 시스템을 하

Who uses an Accelerator Control System

- Accelerator Physicists
- Operators
- Accelerator Subsystem Experts (Injector, SCL, IF, RF, Power Supplier, Cryogenic, Vacuum, Magnet, ...)
- Experimental Users Community
- Sponsors (General Public, Politicians, ...)
- Control System Specialists

o a lot of **different user groups** with **different requirements and demands**
o have to be satisfied **simultaneously**

A Control System provides

- Distributed end points and processes
- Data Acquisition (front end hardware)
- Real-time needs
- Process control (automation, feedback ..)
- Central Services (Archive, Databases, Name Resolution)
- Data transport (network, control system protocol)
- Security (who is allowed to do what from where?)
- Time synchronization (time stamp, when a device does an action)

Computers and Computer Environment

Fig. 5. Objective and Direction of Control System.

나로 엮어서 우리가 의도하는 대로 가속기를 제어해야 하는 대단히 중요한 임무를 맡고 있다. 모든 장치들을 유기적으로 연동하고 원하는 대로 제어하기 위해서는 각 장치를 정확한 시간에 끄고 켜기 위한 타이밍 시스템 구축, 전체 장치의 신호를 엮는 제어 네트워크 구축, EPICS 기반의 제어 소프트웨어 개발 등 수많은 기반시설(Infrastructure)의 개발 및 구축이 완료되어야 한다. 그림 5는 현재 제어시스템 연구그룹에서 진행하고 있는 개발 목표와 방향을 나타내고 있다.

결 론

지금까지 중이온가속기건설구축사업단의 장치구축사업부 소속 장치기반기술팀에 대하여 간략하게 소개하였다. 한국형 중이온가속기의 성공을 위해서는 무엇보다 우선적으로 가속기를 구성하는 초전도가속관, 저온유지모듈, RF 파워 커블러, 이온 원, RFQ 등 모든 가속장치의 성공적인 개발 및 구축 완료가 되어야 한다. 이를 위해서는 가속장치 검증이 성공적으로 되어야 하는데, 바로 이를 제공하고 가속장치가 올바르게 작동하도록 돕는 역할이 바로 장치기반기술팀의 역할이라고 할 수 있다.