

방사선 모니터링 시스템 개발

최윤걸, 김민재, 김영선, 김범준
포항가속기연구소

Dosimeter system for monitoring radiation damage to permanent magnets

Yoon-Geol Choi, Min-Jae Kim, Yeong-Seon Kim, Beom-Jun Kim
Pohang Accelerator Laboratory, POSTECH

ABSTRACT

이 논문에서는 포항 가속기 연구소 X-ray Free Electron Laser (PAL-XFEL)의 두 개의 Undulator 빔라인인 Hard and Soft X-ray beamlines의 안정성과 성능을 유지하기 위한 선량계 시스템을 소개한다. PAL-XFEL의 Undulator 빔라인 방사 특성을 유지하기 위해서는 일정한 B-field를 유지해야 합니다. 그러나 누적된 방사선은 Undulator의 영구 자석 B-field값을 변화시킬 수 있으며, 이는 PAL-XFEL의 목표인 10 GeV의 빔 운영을 방해한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 방사선에 의한 Undulator 영구 자석의 B-field 손상을 모니터링하기 위한 선량계 시스템이 개발되었습니다. 이 시스템은 DOSFET 센서에 전원을 공급하는 정전류원 회로와 임계 전압 측정회로로 구성되어 있으며, 센서 포트를 통해 DOSFET의 임계 전압 데이터를 TCP/IP 통신으로 유저에게 제공한다. 장치의 정격 전압은 100~240VAC (50~60Hz)이며, 정격 전력은 25W이다. 측정된 방사선 누적량을 통해 Undulator의 B-field 손상 상태를 예상할 수 있다. 선량계 시스템은 PAL-XFEL의 운영 및 유지보수에 필수적이며, 안정적인 빔 운영을 유지하는 데 중요한 역할을 한다.

1. 서론

현재 3세대 및 4세대에 설치되어 있는 Undulator들은 가속장치에서 발생하는 Radiation에 의해 서서히 자속이 감쇄하여 그 성능의 저하를 초래한다. 이에 설치되어 있는 각 Undulator들의 누적 Radiation양을 Monitoring하여 상시적으로 Undulator의 상태 확인에 도움이 되도록 한다. 또한 이를 자체적으로 개발하여 관련 기술을 확보하고 이를 바탕으로 비용절감과 가속기 운전에 기여하도록 한다.

2. Radiation Dose Monitoring System 사양

Radiation Dose Monitoring System의 주요 규격은 아래 표 1과 같다. 개발된 Monitor는 4Channel까지 실장이 가능하다. Sensor는 USB cable로 연결되며, 필요에 따라 길이 연장이 가능하다. 정전류에 DC 신호를 검출하기 때문에 Cable 길이는 큰 문제가 되지 않는다. Readout 정전류 490 μ A는 Elettra 논문을 참고하였다^[1]. Dosimeter Sensor는 REM Oxford 사의 RFT300을 사용하였다. 조립된 PCB들과

Shelf는 그림1과 같다. Front Panel의 Timer LED는 DSP의 Timer에 의해서 Blinking 되며 DSP가 정상적으로 동작하는 것을 보여준다.

표 1 Dose Monitoring System 주요 규격

No.	Items	Contents
1	Channel Number	4
2	Dosimeter	2 P-MOSFET (Type RFT300-CC10G1)
3	Readout Voltage	25V
4	ADC resolution	16-bit
5	Readout Current	490 μ A(10 μ A)
6	Thermometer Accuracy	$\pm 0.5^{\circ}$ C
7	Bias Voltage	0-25V 100mV
8	Communication	RS232C, Ethernet(TCP/IP/EPICS)
9	Size	Standard 19-inch 1 U



그림1 Radiation Dose Monitoring System

3. Radiation Sensor

사용하는 Sensor는 REM OXFORD 사의 RFT-300 (그림 2)이다. 1 Package에 2 개의 FET가 Common B/S로 조립되어 있다. 이 Sensor는 그림3과 같이 Expose mode와 Read mode로 동작된다.^[2]

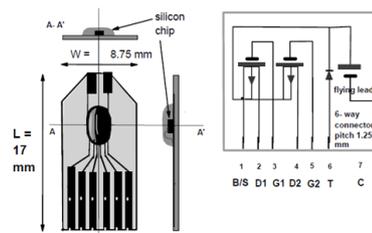


그림2 Sensor RFT300

6. 결론

PAL-XFEL 언듈레이터의 영구 자석 손상을 모니터링하기 위해 방사선 모니터링 시스템이 개발되었다. 현재 radFET 센서가 12개의 언듈레이터에 설치되어 있으며, 방사선량을 지속적으로 모니터링하고 있다. 이 모니터링 결과에 따라 영구 자석의 손상 정도를 추정하기 위해 Radiation Damage Test Undulator (RTU)가 2018년 11월 Soft X-ray beamlines에 설치되었다. 개발된 모니터링 장비는 PAL-XFEL 운영 조건에서 NdFeB 자석의 감자와 방사선 누적량 사이의 관계를 연구하는 데 사용될 것이다.

This research was supported in part by the Korean Government(MSIT: Ministry of Science and ICT) (No. RS-2022-00155836, Multipurpose Synchrotron Radiation Construction Project) and also supported by Pohang Accelerator Laboratory (PAL). PAL is supported by Korean Government(MSIT) and POSTECH.

참고 문헌

- [1] L. Frohlich, K.Casarin, E.Quai, A.Holmes-Siedle, M.Severgnini, R.Vidimari, "Online monitoring of absorbed dose in undulator magnets with RADFET dosimeters at FERMI@Elettra", pp. 70-79, 2013.
- [2] www.radfet.com, Type: RFT300-CC10G1 REM LOW-FADE SILICON MOSFET DOSIMETER".

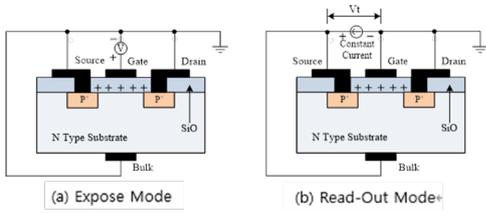


그림3 Sensor RFT300 동작에 따른 등가 회로

4. 장치 설명

Hardware는 4장의 PCB/DSP board, Analog Board, Adaptor Board와 작은 Sensor Board와 별도의 Raspberry보드로 구성된다. DSP는 TI사의 TMS320F28335를 사용하며, 이 DSP는 상위 제어 시스템과 통신을 하고, Detection에 필요한 여러 제어 신호들을 만들어 내고, Data acquisition을 수행한다. Raspberry Small모듈을 통해서 중앙감시 시스템과 Ethernet 통신을 한다. 그림4는 Monitoring System의 Hardware 구성도이다.

Analog Board는 490 μ A 정전류를 만들어서 RADFET Sensor에 공급하고, Sensor에서 검출되는 전압을 ADC 입력 범위에 맞도록 처리한다. DSP와 SPI로 연결된 DAC 회로는 필요에 따라 Sensor에 0~25V까지 Bias 전압을 인가할 수 있다. 이 밖에 3 개의 Analog switch는 Sensor의 Expose와 Read Mode를 전환하는데 사용된다. DSP Board에는 최대 4개까지 Analog Board가 실장 될 수 있다. Analog Board와 Sensor Board는 USB Cable로 연결된다. Ethernet 통신은 Raspberry사의 Raspberry Pi 3 Model B를 사용하여 구현하였다.

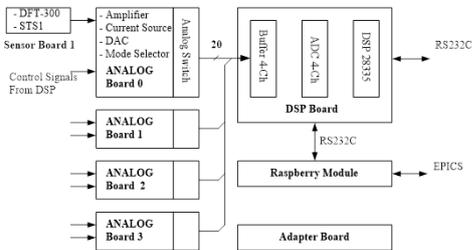


그림4 Monitoring System의 Hardware 구성도

5. 실험 결과

그림5은 Radiation Monitoring System의 log data이다. Board에는 실제 Sensor가 삽입되어 있으며, 그림 5의 오른쪽에 있는 그래프는 연속적으로 Monitoring 한 값이다. 여기서 0.714V는 Maker에서 보내준 값과 일치한다.

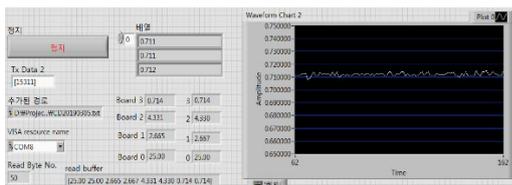


그림5 Radiation Monitoring System GUI