

빔 출력 특성 개선을 위한 빔 측정 시스템 개발

김동명* · 문하정* · 허민구* · 양승대* · 이동훈*

*동명대학교, **한국원자력연구원

The Development of a beam measurement system for improving the beam output characteristics.

Dong-Myung Kim* · Ha-jung Moon* · Min-Gu Hur* · Seung-Dae Yang* · Dong-hoon Lee*

*TongMyong University, **Korea Atomic Energy Research Institute

E-mail : kdm2867@naver.com

요 약

PET와 같이 방사선 진단에 사용되는 방사성동위원소는 사이클로트론을 이용해 생산된다. 이러한 방사성동위원소는 사이클로트론에서 인출되는 양성자 빔의 크기와 모양, 그리고 타겟에 조사되는 위치에 따라 생산 수율에 영향을 받는다. 이에 빔 손실을 개선하기 위한 빔의 분포를 측정하는 장치를 개발하고자 한다. 빔 측정 장치는 두 개의 와이어가 수직으로 교차하여 이동하면서 빔 전류를 측정한다. 이는 각 위치에서의 빔 전류 값을 이용하여 와이어의 위치 정보와 빔의 크기와 형태를 알 수 있다. 입사된 빔의 단면을 X축 Y축으로 스캔하면서 얻은 빔 데이터를 2차원 그래프로 출력시키고 측정된 결과 값을 분석한다. 이렇게 측정된 결과를 문서화하여 저장할 수 있도록 하였다.

ABSTRACT

Radioactive isotopes for radiation diagnosis is production by using Cyclotron like a PET. Radioactive isotopes is influenced product yield according to shape and size of the proton beam and target irradiation position by cyclotron. And to develop a device for measuring the distribution of the beam to increase the loss of the beam. Beam measuring device is measured vertically beam current according move the two wires. In this way, by using the beam current value in each position you are able to know the cross section and location information of the beam. By scanning cross-section for X-axis Y-axis of beam acquires data of beam. Print this into 2D graph, and analyze the result. You can save this result by documentation process.

키워드

BPM, 빔 진단장치, 빔 튜닝, Labview

1. 서 론

사이클로트론에서 생산되는 방사성동위원소는 PET와 같은 방사선 진단을 위한 의약품으로 사용된다. 이러한 방사성동위원소의 생산 수율은 사이클로트론에서 인출되는 양성자 빔에 의해 영향

을 받는다. 양성자 빔의 인출 시 동위원소 생산용 타겟으로 집속되는 빔의 분포가 균질하여야 한다. 그렇지 않고 일부로 편향된다면 타겟의 손상과 함께 핵반응의 부족으로 인한 방사성동위원소의 생산 수율이 저하된다. 또한 빔 라인에서의 불필요한 방사화로 인한 작업 시 피폭 가능성이 증가

된다.[1] 이에 양성자 빔의 분포 상태를 정확히 파악하여 빔 손실을 개선, 조정하기 위한 빔의 분포를 측정하는 장치를 개발하고자 한다.

II. 빔 측정 시스템의 개념

빔의 단면을 측정하기에 앞서 양성자 빔에 의한 피폭을 염려하여 가상 시뮬레이션을 통하여 최적화 된 빔 측정을 위한 위치 정보에 대하여 시험하였다.

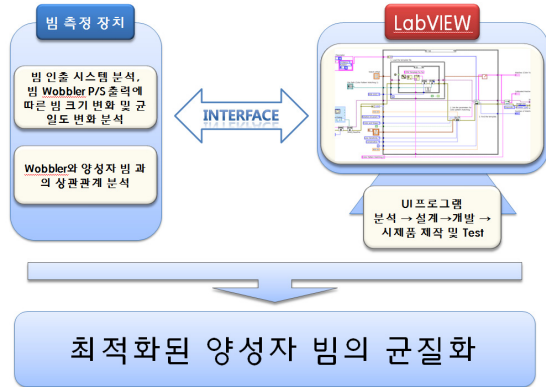


그림 1. 빔 측정 시스템의 구성도

기본적으로 빔의 단면을 측정하기 위해 프로토타입으로 제작한 빔 측정 장치를 빔 라인에 설치하고 빔 측정 장치 내에 X축과 Y축으로 수직으로 교차하여 이동하는 Wire에 빔을 조사한다. 이 때, 수직으로 이동하는 X축과 Y축 Wire의 위치 정보와 각 위치에서의 빔 전류 값을 이용하여 빔의 크기와 형태를 알 수 있다. 이러한 빔의 정보 수집과정에서 발생된 자료 및 기술을 통하여 빔 측정 장치를 조정 및 개선한다.

또한 Labview를 이용하여 빔 측정 장치를 구동시켜 입사된 빔의 단면을 X축 Y축으로 스캔하면서 얻은 빔의 데이터를 3차원 빔 분포 모양으로 전환하는 기법을 통하여 모니터에 출력시키고 그 결과 값을 모니터링하고 분석한 후 빔 라인의 빔 튜닝을 위한 정보를 제공하도록 한다.

III. 빔 측정 시스템의 개발

3.1 빔 측정 시스템의 구현

이 시스템은 빔 분포 측정 장치를 통해 빔의 분포를 측정하기 위하여 빔 라인에 빔 측정 장치

를 설치하고 X축 Y축으로 이동하는 Wire를 통하여 미세 전류 값을 측정한 후 그 데이터를 이용하여 빔에 대한 정보를 수집하도록 한다.



그림 2. 빔 출력 특성 측정을 위한 장치

Labview를 이용한 빔 측정 시스템을 통하여 빔 측정 장치를 제어하여 X축과 Y축 Wire를 구동시켜 빔의 단면 정보 측정을 위한 스캔 값을 미리 설정하여 입력한 후 자동으로 빔 측정이 전개될 수 있도록 하였다.

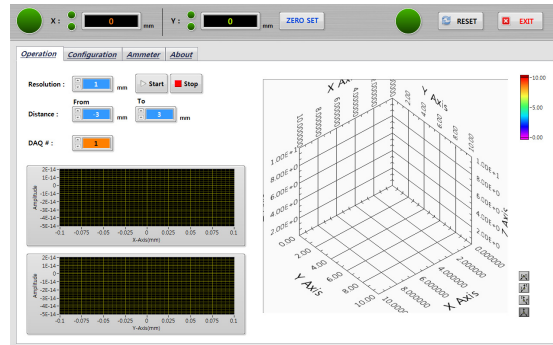


그림 3. 빔 측정을 위한 모니터링 시스템

X축 Y축Wire를 통해 흐르는 미세전류를 측정하기 위하여 X축 Y축에 대한 전류 그래프를 통하여 실시간으로 측정되는 전류 값을 확인할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 또한 X축, Y축으로 스캔하면서 얻은 빔의 수치 정보를 2차원 이동 그래프와 3차원 빔 분포 그래프로 전환하여 결과 해석을 쉽게 할 수 있도록 하였다. 최종적으로 이 빔의 측정 정보를 기록하기 쉽도록 Excel 파일로 저장할 수 있도록 시스템을 구성하였다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	X축 위치	-3	-2	-1	0	1	2	3	
2	X축 분포	2.57E-04	-1.93E-04	-1.76E-04	-6.53E-04	9.31E-03	4.99E-04	4.10E-04	
3									
4	Y축 위치	-3	-2	-1	0	1	2	3	
5	Y축 분포	9.90E+37	1.00E-04	-2.52E-03	1.66E-04	1.32E-04	1.87E-04	1.46E-04	
6									
7		-3	-2	-1	0	1	2	3	
8		2.54E+34	2.58E-08	-6.48E-07	4.26E-08	3.40E-08	4.80E-08	3.76E-08	
9		-1.81E+34	-1.83E-08	4.61E-07	-3.03E-08	-2.42E-08	-3.42E-08	-2.67E-08	
10		-1.74E+34	-1.77E-08	4.44E-07	-2.92E-08	-2.33E-08	-3.29E-08	-2.58E-08	
11		0	-6.47E+34	-6.59E-08	1.65E-06	-1.08E-07	-8.65E-08	-1.22E-07	-9.56E-08
12		1	9.21E+35	9.34E-07	-2.35E-05	1.54E-06	1.23E-06	1.74E-06	1.36E-06
13		2	4.94E+34	5.00E-08	-1.26E-06	8.26E-08	6.60E-08	9.32E-08	7.30E-08
14		3	4.06E+34	4.11E-08	-1.03E-06	6.79E-08	5.43E-08	7.66E-08	6.00E-08
15									

그림 4. Excel 문서로 저장된 빔 측정 결과

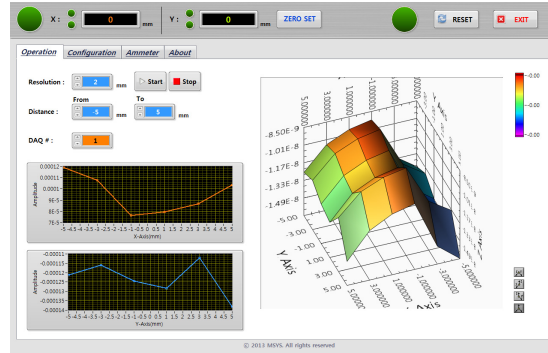


그림 6. 빔 측정 가상 테스트 결과

IV. 실험 및 결과

정확한 빔의 분포를 측정하기 위해서는 빔이 입사할 위치의 중심점을 잡아주는 것이 중요하다. 이를 위하여 빔 측정 시스템을 통해 빔 분포 측정 장치를 제어하여 양성자 빔이 이동할 위치의 중심점을 찾아 빔의 분포 값을 찾고자 한다. X축과 Y축의 Wire의 이동축을 기준삼아 미리 맞추어 놓은 기준 값을 설정하여 중심축으로 이동 시킨다. 그 후 Distance를 항목을 이용하여 총 이동시킬 범위의 총 거리를 설정하고 Resolution 항목을 이용하여 이동시킬 범위의 구간의 거리를 설정하여 실험을 시행한다.

Wire의 중심점을 찾기 위해 Wire의 움직임을 보기 쉽도록 모눈종이를 부착하였다. 그림5는 위의 과정을 토대로 중심점에서의 5mm의 거리 이동을 시행하였을 시 X축과 Y축이 이동한 거리를 보여준다. 빔 분포 측정 시스템을 제어하여 5mm씩 이동한 결과 Wire의 이동 거리가 실제 모눈종이의 5mm와 일치하였다.



그림 5. X축과 Y축의 거리 이동

그림6은 양성자 빔이 빔 측정 장치에 입사 시 중심점을 기준으로 하여 자동으로 빔의 분포를 측정하기 위한 가상 테스트를 실시한 결과이다.

2차원 그래프를 통해 X축과 Y축의 이동한 거리와 구간을 알 수 있으며 X축과 Y축으로 이동하면서 스캔하여 얻은 빔 정보인 두 그래프를 3차원 그래프로 전환 하여 빔 분포 정보를 쉽게 확인할 수 있었다.

V. 결론

본 연구는 빔 분포를 측정하여 빔 손실을 개선, 조정하여 최적화된 빔의 분포를 파악하기 위한 시스템이다. 빔 분포 측정 시스템을 이용하여 얻은 빔의 분포에 대한 정보를 토대로 빔 튜닝에 활용을 하는 것이 목적이다. 이로 인해 방사성동위원소의 생산 수율을 극대화 시킬 수 있고 공급 또한 안정화 될 것이라 예상된다. 방사성동위원소의 생산 효율의 증가로 인해 가속기의 운영 시간을 줄여 가속기의 운영 효율을 늘릴 수 있으며, 양성자 빔이 입사되는 생산용 타겟과의 연관관계도 파악할 수 있을 것이다. 또한 빔 누수로 인한 불필요한 방사화를 줄임으로써 방사선작업종사자의 피폭을 최소화 시킬 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] 동명대학교, “BPM을 이용한 사이클로트론 빔 라인에서의 빔 분포 측정”, 미래창조과학부, 2014