

## 레이저-유도 고속 중성자 측정을 위한 게이트 섬광검출기 개발

### Development of a gated scintillation detector for the measurement of laser-induced fast neutrons

정영빈, 이성만\*, 박상순\*\*, 차형기\*

한국원자력연구원, \*한국원자력연구원, \*\*충북대학교 대학원 물리학과  
smlee3@kaeri.re.kr

지금까지 다양한 중성자 수율(yield) 측정 장치들이 레이저와 타겟의 상호작용으로 발생된 고속 중성자 측정을 위해 사용되어왔다. 최근 대기의 OH 농도 측정을 위해 게이팅 모드로 동작하는 CPM(Channel Photon Multiplier)을 이용되었는데, 사용된 CPM의 특성이 기존에 이용된 MCP(Micro Channel Plate)와 PMT(Photon Multiplier Tube)에 비해 강한 노이즈 환경에서 미약한 신호를 검출하는데 우수한 성능을 갖는다는 것이 확인되었다. 따라서 본 연구에서는 낮은 노이즈 발생의 장점을 갖는 CPM과 BC-408 플라스틱 섬광봉을 결합하여 게이팅 모드로 동작되는 중성자 검출기를 개발하였다. 게이트 섬광검출기는 플라스틱 신틸레이터(BC-408, Bicon), CPM(C1982, PerkinElmer Optoelectronics), 그리고 게이팅 전자회로로 구성된다. 그림 1은 게이트 섬광검출기의 개략적 도식도를 나타낸다. 플라스틱 신틸레이터는 20mm의 직경과 50mm의 두께로 제작되었다. CPM의 광음극은 Bialkali 재질로 만들어졌으며, 165nm과 650nm 사이에 감도를 가지고 있어서, 대략 430nm에서 최고형광파장을 갖는 BC-408의 형광파장과 잘 일치한다.

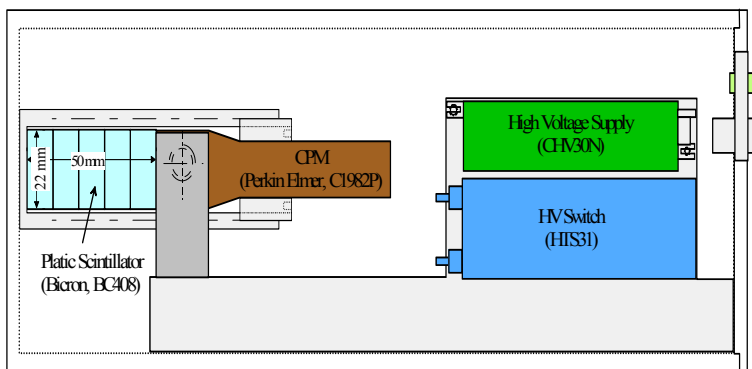


그림 1. 게이트 섬광검출기(GSD)의 내부구조도

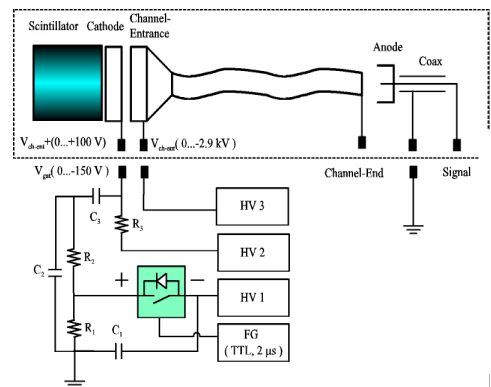


그림 2. CPM의 고전압 펄스 계폐 회로도

제작된 신틸레이션 검출기를 게이팅 모드로 동작하기 위해서, 고전압 스위치(HTS 31-GSM, Behlke Electronics GmbH)를 이용한 고속 게이팅 회로가 그림 2와 같이 제작되었다. 사용된 고전압 스위치는 펄스 간격 조절이 가능하고 고전압 네거티브 펄스를 생성한다. 게이팅 회로의 turn-on 상승시간은 로드 커패시터 C<sub>2</sub>와

직렬저항  $R_2$ 에 의해서 결정된다. 20  $\Omega$ 을 갖는 작은 직렬연결 저항은 용량성 전력소실 부하로부터 스위치를 보호한다. 그리고 최고 전류는 저항  $R_2$ 에 의해서 제한된다. 짧은 변환시간을 갖기 위해서 완충 축전기의 용량  $C_1$ 은 10 nF으로 결정되었다. 고압부의 전기적인 연결선과 구성요소는 가능한 짧고 전기유도가 감소되도록 설계되었다. 전원을 끄는 과정에서 고전압 스위치의 용량성 전기를 포함하여 모든 회로의 전기용량들은 로드저항  $R_1$ 에 의해서 방출되었다. turn-off 시간은 부하저항과 전기용량을 줄임으로써 짧아질 수 있다. 2 k $\Omega$ 의 부하저항이 고전압 스위치를 위해 사용되었다.

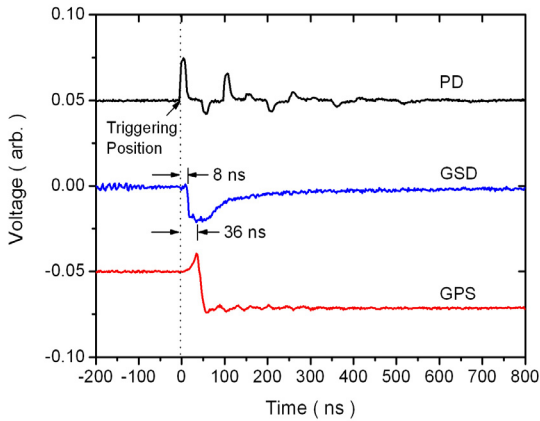


그림 3. 기준신호, GSD의 X-선 신호, 게이트 펄스와의 관계

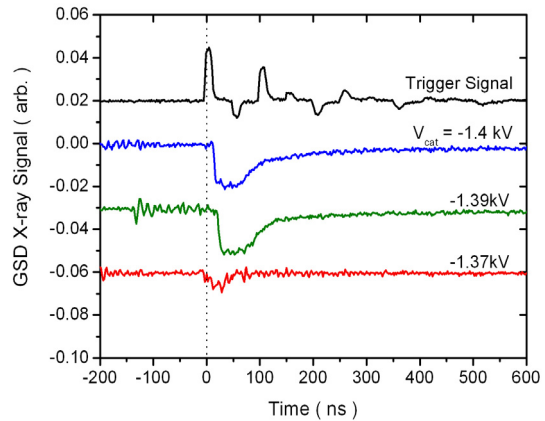


그림 4. 광전극 전위 변화에 따른 CPM에 검출되는 X-선 신호

자체 제작된 게이트 섬광검출기를 사용하여 레이저 유도 중성자 신호를 검출하기 위한 연구가 수행되었다. 레이저 시스템의 진치증폭기에서 발생한 레이저빔을 광다이오드로 검출하여 그림 3과 같이 기준신호(PD)로 사용하였다. 레이저빔과 고체 타겟의 상호작용으로 발생한 X-선은 PD로부터 약 8 ns 떨어진 시간에 발생하였고, X-선은 펄스의 피크는 PD로부터 약 36 ns의 일정한 시간지연을 가지고 발생하는 것으로 게이트 섬광검출기에 의해 측정되었다. 그림 4는 강한 X-선을 차폐하기 위해 필요한 광음극과 CPM(C1982)의 채널입구(channel entrance) 사이에 필요한 전위차를 나타낸다. 이때 채널-입구전압 ( $V_{ch-ent}$ )은 -1.4 kV로 고정되었다. 강한 X-선 신호의 대부분이 30 V의 전압 차이에서 감소됨을 알 수 있으며, -1.4 kV의 낮은 바이어스 전압에 의해서 측정된 X-ray 신호는 70 ns의 넓은 펄스폭을 가지고 있다. 그러므로 CPM이 낮은 바이어스 전압에서는 낮은 다크 전류를 가지는 이점이 있지만, 짧은 펄스폭을 얻기 위해서는 바이어스 전압의 증가가 필요하다는 것을 알 수 있다. 낮은 바이어스 전압은 강한 X-선 소스로부터 조금 더 멀리 위치한 게이트 섬광검출기로 중성자 신호를 측정할 때 사용이 가능하다.

그림 4의 경우 레이저 중성자 발생 직전에 강한 X-선 발생으로 중성자 검출에 실패한 경우이나, 추가적인 실험을 통하여 납벽돌을 이용하여 검출기를 X-선으로부터 차폐하여, 그 신호를 줄이고 게이트 펄스신호의 크기와  $V_{ch-ent}$ , 그리고 광음극 전위( $V_{cat}$ )를 적절히 조정할 경우 고속 중성자 신호 검출이 가능함을 확인하였다.

참고문헌

1. G. M. Hagen and G. Gao, D. A. Roess, B. G. Barias, "Flexible Normally on Photomultiplier gating strategy for reducing postgate artifacts", Review of Scientific Instruments vol. 76, 083117 (2005).