

게이트 섬광검출기를 이용한 레이저-유도 고속 중성자 측정 Laser-induced fast neutrons measured with a gated scintillation detector

박상순, 이성만^{1)*}, 정영빈¹⁾, 차형기¹⁾

충북대학교 대학원 물리학과, ¹⁾: 한국원자력연구원 양자광학연구부

*: smlee3@kaeri.re.kr

중성자 에너지와 수율(yield)의 정확한 측정은 소규모 혹은 대규모 레이저-유도 핵반응 분석에 매우 중요하다. 지금까지 중성자 수율 측정 장치들이 다양한 레이저와 타겟의 상호작용으로부터 발생된 고속 중성자 측정을 위해서 개발되어 사용되었다. 하지만 측정 과정에서 중성자와 동반하여 방출하는 X-선의 영향으로 수율의 정량적인 측정에 어려움이 있었다. 최근에 Kanaya 등이 대기의 OH 기 농도 측정을 위한 게이팅된 CPM(Channel Photon Multiplier)을 사용하였으며, 이 CPM의 신호 검출 특성은 MCP와 PMT를 비교하여 우수하다는 것이 확인 되었다. 따라서 본 연구에서는 CPM과 약 410 nm에서 최고형광방출을 갖는 BC-408 섬광 플라스틱을 결합하여 새로운 시간 단속형 중성자 섬광 검출기를 개발하였고, 제작된 검출기를 사용하여 중수소화 폴리스티렌 고체(C₈D₈) 타겟으로부터 발생된 레이저-유도 고속 중성자 TOF(Time-Of-Flight) 신호를 효과적으로 측정하였다.

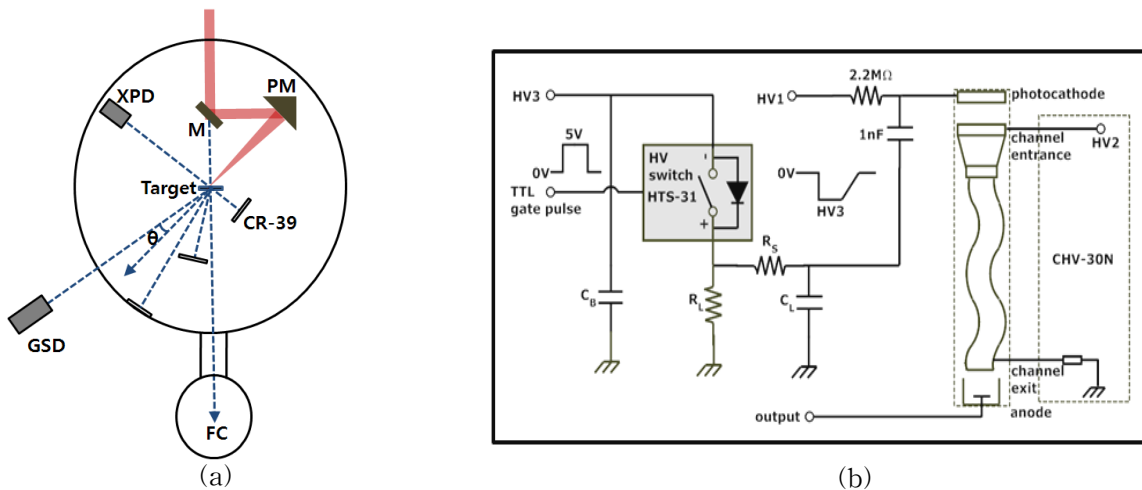


그림 1 고속중성자 발생과 계측을 위한 실험장치 및 CPM의 개폐 회로도

그림 1(a)에서 보여지는 것과 같이 타겟 챔버는 주 챔버와 작은 보조 챔버로 이루어져 있고, 발진된 레이저빔이 금막 평면거울(M)과 포물형 초점거울(PM)을 통하여 주 챔버 중간에 위치해 있는 고체 타겟에 입사된다. 레이저빔-타겟 상호작용에 의한 핵반응으로부터 X-선과 동시에 발생하는 중성자 신호를 선택적으로 검출하기 위해서 펄스 간격 조절과 네가티브 펄스 생성이 가능하며 약 20 ns의 매우 빠른 상승시간을 갖는 그림 1(b)의 고전압 펄스 개폐 회로도를 사용하였다. 이때 네가티브 펄스의 전위는 실험조건에 따라서 최적으로 설정해 주는 것이 매우 중요하다.

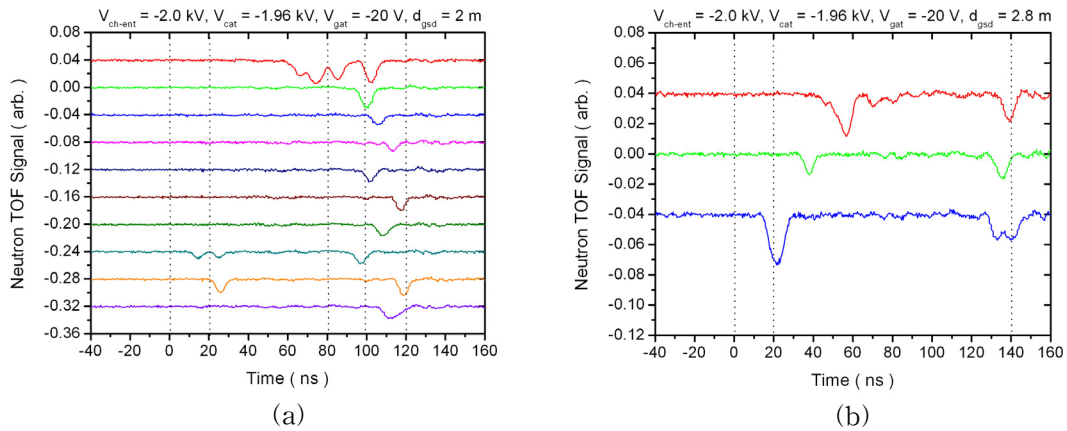


그림 2 게이트 섬광검출기(GSD)를 이용한 고속 중성자 신호

그림 2(a), 2(b)는 각각 게이트 섬광검출기의 파라미터 변화 없이 TOF 신호를 되풀이하여 측정한 결과를 보여준다. 실험시 게이트 섬광검출기는 고체 타겟으로부터 2(a)는 약 2 m 거리에, (b)는 약 2.8 m 거리에 고정되었다. 검출기까지의 거리 때문에 중성자의 비행시간은 트리거 위치로부터 대략 2(a) 110 ns, 2(b) 140 ns 떨어진 지점에서 측정되었다. X-선의 비행시간을 고려하면 중성자 신호의 위치는 레이저빔-타겟 상호작용에 의해 발생한 d-d 핵반응으로부터 만들어진 2.54 MeV 에너지를 갖는 고속 중성자의 비행시간과 합치된다. 그러나 그림 2(b)의 경우 X-선 신호의 위치는 X-선의 강도, 검출기 거리, 광음극과 채널 입구 전압 그리고 게이트 펄스 전압 사이의 전위차에 의존하여 10 ns에서 80 ns까지 변화함을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Yugo Kanaya and Hajime Akimoto, "Gating a channel photomultiplier with a fast high-voltage switch:reduction of afterpulse rates in a laser-induced fluorescence instrument for measurement of atmospheric OH radical concentrations", Applied Optics vol. 45, 1254-1259 (2006).
2. Sungman Lee, Sungok Kwon, Kitae Lee, Yong-Ho CHA, Duck-Hee KWON, Sungmo NAM, Kwon-Hae YEA, Young UK JEONG, Yong Joo RHEE and Hyungki CHA, "Effect of the prepulse width on the neutron generation in a femtosecond, deuterated, polystyrene plasma", Journal of the Korean Physical Society vol. 51, 1695-1699 (2007).
3. G. M. Hagen and G. Gao, D. A. Roess, B. G. Barisas, "Flexible normally on photomultiplier gating strategy for reducing postgate artifacts", Review of Scientific Instruments vol. 76, 083117 (2005).