

예측 기법을 이용한 안정된 레이저 유도 초음파 시스템 개발

Development of a Robust Laser-generated Ultrasonic System Using Anticipating Technology

박승규, 박문철, 백성훈, 김민석, 임창환
 한국원자력연구소, 양자광학기술개발부
 skpark4@kaeri.re.kr

본 논문에서는 Q-switching 된 고출력 펄스 레이저를 이용하여 레이저 초음파를 발생시키고 파장 안정화된 연속발진 Nd:YAG 녹색 레이저를 사용하는 Confocal Fabry-Perot 간섭계를 사용하여 유도된 초음파를 수신하고 이를 분석하는 레이저 초음파 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 10[Hz] 주기로 발생하는 초음파 신호를 수신한 후에 사용자가 설정한 시간대역에서 실시간으로 주파수 스펙트럼을 구한 후에 초음파 신호와 주파수 스펙트럼을 그래픽적으로 화면에 보여준다. 또한 시간에 따른 연속 실험의 최종 결과는 선택된 스펙트럼과 Peak-to-Peak값을 그래프로 보여준다. 본 논문에서 개발한 시스템의 내부 구성도는 그림 1과 같고 초음파 발생을 위한 세부 과정은 그림 2와 같다.

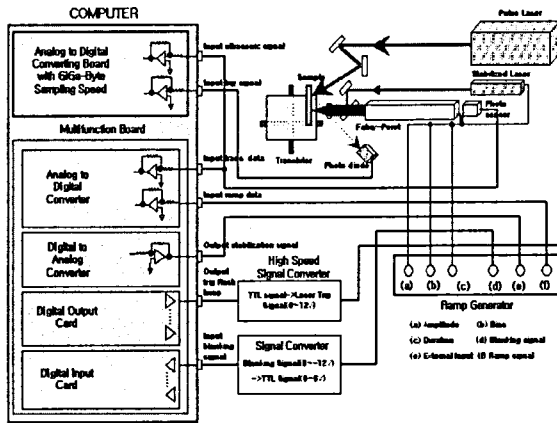


그림 1. 초음파 발생 시스템 구성도

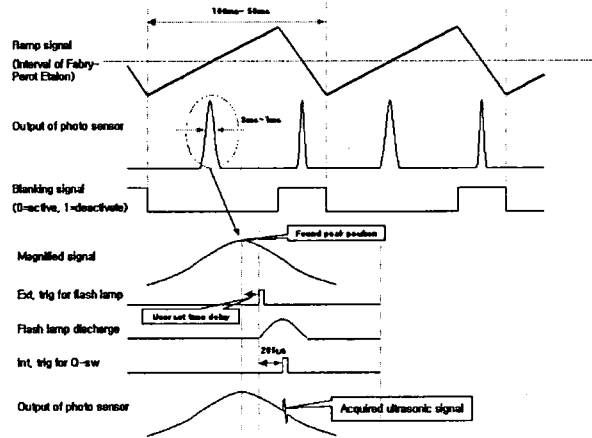


그림 2. 초음파 신호 발생과정

개발된 시스템에서는 외부 트리거가 가능하면서도 1GHz의 고속 샘플링이 가능한 고속 데이터 획득보드(AL81G, Acquisition Logic Inc.)를 사용하여 초음파 신호를 획득하였다. 컴퓨터 시스템은 100 KHz의 샘플링 속도를 가지는 두 채널의 A/D변환기를 사용하여 레이저 간섭계의 출력인 광센서(photo sensor)의 신호와 레이저 간섭계에 인가되는 삼각파 신호를 연속으로 샘플링하여 이를 메모리에 저장한다. 광센서의 출력 신호는 Fabry-Perot 간섭계의 투과광량을 연속으로 측정된 후에 초음파 발생 시점을 결정한다. 그리고 A/D변환기에 측정되는 삼각파는 레이저 간섭계의 PZT에 인가되는 전압으로 상승경계선 영역을 유효 초음파 발생 영역으로 컴퓨터는 인식을 하며 상승 시점만을 추출한다. 컴퓨터는 디지털 출력 포트를 사용하여 펄스 레이저를 외부에서 트리거 시켰으며, 컴퓨터는 D/A변환기를 이용하여 레이저 간섭계에 인가되는 삼각파 신호의 바이어스 값을 제어함으로써 Fabry-Perot 간섭계의 투과 위치를 안정

화시킨다. 본 논문에서는 균일하면서도 안정적으로 초음파를 발생시키기 위하여 일정한 주기로 레이저 간섭계에 인가되는 삼각파 신호에서 간섭계의 최대 반사광량 시점을 예측한 후에 이를 중심으로 가우시안 분포의 가중치를 곱하여 반사광량을 관측함으로써 레이저 출력을 안정화 시켰으며 또한 발생하는 초음파 신호의 강도를 균일화 시켰다.

본 논문에서는 높은 강도의 초음파를 유도하기 위하여 길이가 12mm인 선형 레이저 빔을 생성하여 시료에 타격하였다. 타격된 선형레이저 빔의 방향각에 따라 유도되는 초음파 신호의 강도 값 분포는 그림 3과 같고 타격 레이저 빔과 측정 레이저 빔 사이의 거리에 따른 초음파 스펙트럼은 그림 4와 같다. 그림 3과 그림 4에서 볼 수 있듯이 발생하는 초음파 신호는 선형레이저 빔의 90도 각도에서 가장 크게 발생되며 거리에 따른 초음파 신호의 스펙트럼 변화는 크게 변화하지 않음을 알 수 있다.

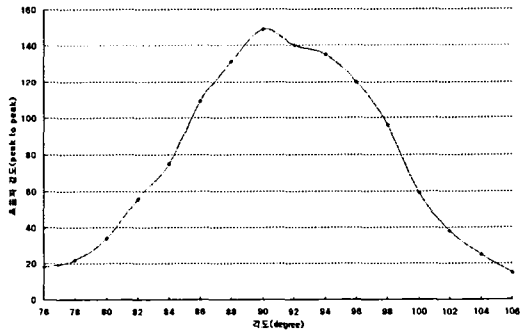


그림 3. 방향각에 따른 초음파 신호의 강도 분포

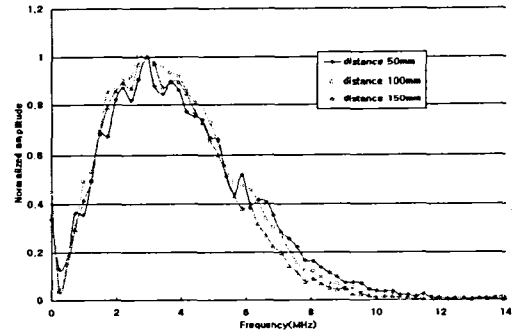


그림 4. 거리에 따른 초음파 신호의 주파수 스펙트럼

그림 5는 미세 결함을 통과하기 전과 후의 초음파 신호를 보여주며 그림 6은 그때의 주파수 스펙트럼이다. 그림 5와 그림 6의 실험에서 알 수 있듯이 초음파 신호는 미세 결함을 통과하면서 강도 값이 감소하며 동시에 중심주파수 이상의 고주파 신호 성분이 크게 감소함을 알 수 있다.

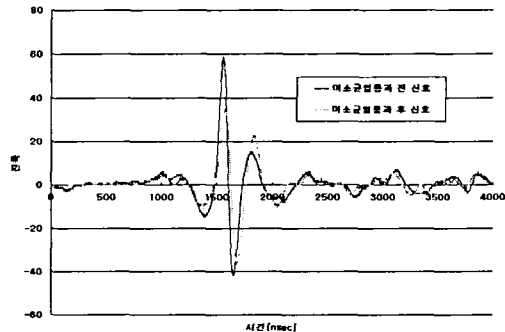


그림 5. 미세결함 통과 전.후의 초음파 신호

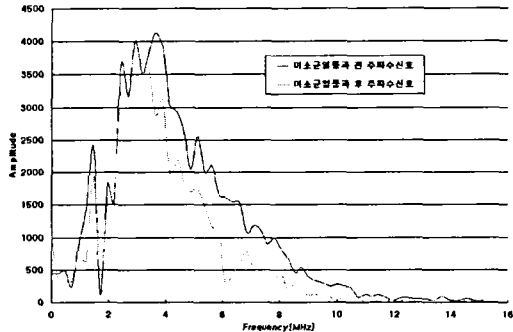


그림 6. 미세결함 통과 전.후의 주파수 스펙트럼

참고문헌

[1] Q. Shan, C. M. Chen, R. J. Dewhurst, A conjugate optical confocal Fabry-Perot interferometer for enhanced ultrasound detection, Measurement Science and Technology, Vol. 6, 921-928, 1995