

펄토초 펄스 레이저를 이용한 반도체 패키지 비아홀 고 속 깊이 측정

High speed depth measurement of via holes using a femtosecond pulse laser in semiconductor packaging process

*#진종한^{1,2}, 이성현¹, 맹새름^{1,3}, 김재완^{1,2}, 김종안¹

*#J. Jin(jonghan@kriss.re.kr)^{1,2}, S. H. Lee¹, S. R. Maeng^{1,3}, J. Kim^{1,2}, J. -A.Kim¹

¹ 한국표준과학연구원(KRISS) 길이센터, ² 과학기술연합대학원대학교(UST) 측정과학전공, ³ 충남대학교 물리학과

Key words : depth measurement, femtosecond pulse laser, via hole

1. 서론

최근 모바일과 유비쿼터스 센서 네트워크 시대가 도래함에 따라 더 작고, 얇으면서도 멀티 기능을 구현할 수 있는 높은 집적도의 반도체에 대한 수요가 증대하고 있다. 현재까지는 광학 노광을 통한 미세 선폭을 구현함으로써 고집적도의 회로를 구현할 수 있었지만, 회절의 한계로 인해 구현할 수 있는 선폭에 제한을 받게 되었다. 이러한 문제점에 대한 해결책으로 MCM(Multi-Chip Module)의 개념을 수직 방향으로 이용한 C2W(Chip to wafer), C2C(Chip to Chip), PoP(Package on Package)와 같은 반도체 삼차원 패키징이 최근 주목 받고 있다.

반도체 삼차원 패키징은 공정이 완료된 여러 개의 웨이퍼를 수직으로 적층하여 공간 집적도를 높이면서 내부 저항을 줄일 수 있어 속도와 용량에서 반도체 성능을 한층 향상시킬 수 있다. 이렇게 적층된 기판들 기판들 사이에 전기 신호를 주고 받을 수 있도록 수직 도선을 만들어주어야 한다. 이런 수직 도선은 아주 가늘고 깊은 구멍을 제작하여 그 속에 텅스텐, 니켈, 구리 등과 같은 전도체를 채우고 균힌 뒤에 웨이퍼의 뒷면을 연삭하여 반도체 웨이퍼에 수직 도선들을 생성한다. 이런 수직 도선을 TSV(through silicon via) 혹은 비아홀(via hole)이라고 한다. 비아홀은 가늘고 깊은 형태이기 때문에 백색광 간섭계, 공초점 현미경과 같은 기존의 방법으로는 측정하기

어렵다. 또한, SEM(scanning electron microscope) 방법으로 측정하기 위해서는 비아홀의 단면을 절단해야 하기 때문에 시편에 손상을 줄 수 있고, 전수검사는 불가능한 단점이 있다.

본 논문에서는 펄토초 펄스 레이저를 기반으로 구현된 스펙트럼 영역의 분산형 간섭계를 통해 고속으로 비아홀의 깊이를 측정하는 방법에 대해 제안하고자 한다. 이를 검증하기 위해 지름과 깊이가 각각 20 μm , 약 150 μm 인 비아홀의 단면을 측정하였다. 또한 공초점 현미경 방식으로 비아홀의 삼차원 형상을 측정 하였다.

2. 기본 이론 및 실험 장치

광학 간섭계는 광원에서 나온 빛을 두 개의 서로 다른 경로 (기준 경로와 측정 경로)로 나누어 보내고, 각 경로에서 반사되어 돌아온

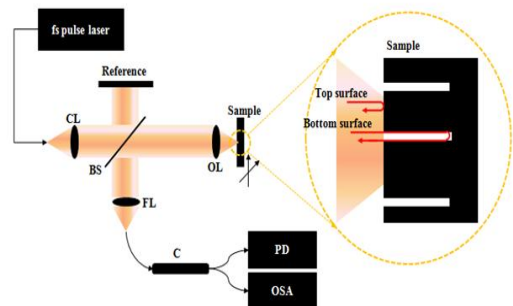


Fig. 1 Optical layout of TSV depth measurement

빛을 통해 간섭 신호를 얻어 분석하면 광경로차를 광원의 파장 최소 1/100 이하의 분해능으로 측정할 수 있는 가장 정밀한 광학 측정법 중의 하나이다. 일반적으로 광학 간섭계를 구성하기 위해 단일 파장을 갖는 레이저를 광원으로 사용하며, 기준 거울을 일정한 양만큼 움직이며 얻어진 간섭 신호를 분석하는 위상 천이 기법(phase shifting method)를 기반으로 광경로차를 결정한다. 하지만, 본 논문에서는 고속 측정을 수행하기 위해 여러 파장이 잘 정의되어 시간 축에서 펄스 형태로 발진하는 펨토초 펄스 레이저를 광원으로 사용하였다. 펨토초 레이저는 여러 파장을 한번에 발진시키기 때문에 스펙트럼 영역에서 간섭신호를 얻을 수 있으며, 이를 분석함으로써 단일 파장을 이용한 광학 간섭계에서 필수적인 위상 천이 단계를 제거함으로써 고속으로 광경로차를 얻을 수 있다. Figure 1 는 비아홀 깊이 측정 시스템의 간략한 광학 구성도를 보여준다. 1550 nm 의 근적외선 영역에서 발진하는 펨토초 펄스 레이저 빛은 간섭계로 전달되며, 이 빛은 기준 거울(reference mirror)와 측정시편으로 나누어져 입사한다. 측정시편으로 입사된 빛은 비아홀의 윗면과 비아홀의 바닥면에서 반사되며, 기준 거울에서 반사된 빛과 합쳐서 간섭신호를 생성하게 된다. 이렇게 생성된 간섭신호의 스펙트럼을 분석함으로써 비아홀의 깊이를 측정할 수 있다. 본 측정 시스템은 간섭계 방식 뿐만 아니라 공초점 현미경 방식으로 운용될 수 있다. 기준 거울이 있는 기준면을 막음으로써 샘플면에 있는 렌즈의 초점과 신호 검출부에 있는 초점 렌즈(focusing lens) 사이의 공액 관계를 이용하여 적외선 공초점 현미경을 구현할 수 있다.

3. 실험 결과

실험에 사용된 측정시편은 지름이 20 μm 이고, 깊이가 약 150 μm 인 비아홀들이 공간상에 40 μm 의 피치(pitch)를 갖고 이차원적으로 배열되어 있다. 간섭 스펙트럼은 1520 nm ~ 1600 nm 의 대역폭에서 파장 분해능 0.02 nm 로 획득되었다. 획득된 스펙트럼의 데이터 수는 8



Fig.2.Three dimensional profile of the via holes

196 개이며, 이를 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform)하여 광경로차를 결정하였다. 비아홀의 중심선을 따라 10 번 반복 측정하여 얻어진 평균 깊이는 144.9 μm 이고, 표준 편차는 30 nm 였다. Figure 2 는 적외선 공초점 현미경 방식으로 측정된 비아홀의 삼차원 형상이다.

4. 결론

본 연구는 펨토초 펄스 레이저의 광 빛을 이용하여, 기존의 광학 측정법으로 측정하기 어려웠던 비아홀의 깊이를 고속으로 정밀하게 측정하는 방법을 제안하고 구현하였다. 스펙트럼 영역에서 고속으로 광경로차를 결정할 수 있는 분산형 간섭계를 구성하였고, 이를 통해 지름이 20 μm 이고, 깊이가 약 150 μm 인 비아홀을 측정하였다. 10 회 반복측정결과, 비아홀의 측정 깊이에 대한 표준 편차는 30 nm 였다.

후기

본 연구는 한국표준과학연구원(KRIS)의 ‘기반표준측정확립 및 교정측정능력 향상’ 사업의 지원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

1. J. Jin, *et al.* “Thickness and refractive index measurement of a silicon wafer based on an optical comb,” Opt. Exp. vol. 18, no. 17, pp. 18339-18326, Aug. 2010.