

반도체소자의 Via hole 결함 측정을 위한 전자컬럼 제어기술 개발

노영섭, 김흥태, 김호섭*, 김대욱*, 안승준*, 김영철*, 진상원**, 황남우**

서울벤처정보대학원대학교 임베디드시스템학과,

*선문대학교 신소재과학과, **전자빔기술센터(주)

Development of microcolumn control unit to detect of via-hole defects on wafer

Young-Sup Roh, Heung-Tae Kim, H. S. Kim*, D.-W. Kim*, S. J. Ahn*, Y. C. Kim*, S. W. Jin**, N. W. Whang**

Seoul University of Venture and Information, *Sun Moon University, **CEBT Co. Ltd.

Abstract : A new concept based on sample current measurements for detecting of via-hole defects on wafer has been performed by low energy electron beam microcolumn. The microcolumn has been operated at a low voltage of 290 eV with total emission current of 400 nA, and a sample current of 6 nA. The test sample was fabricated with SiO₂ layer of 300 nm thickness on a piece of a silicon substrate. Preliminary results of both sample current method and secondary electron method show microcolumn and its control can be useful technology for detecting of via-hole defects on wafer.

Key Words : via-hole, sample current, SEM

1. 서 론

반도체기술은 지속적으로 발전되어 소자는 다층구조를 가지고 있으며, 소자 패턴은 sub-100 nm이하의 크기로 발전되었다. 다층구조 소자에는 각층간의 전기적 연결을 위한 접촉층과 비아 홀 등을 사용하고 있다. 이러한 구조의 비아 홀은 직경보다 매우 깊은 high-aspect-ratio를 가지고 있어 반도체 공정 후 홀의 관통 여부를 확인하는 검사에 어려움이 있다. 홀의 직경이 100 nm보다 큰 경우, 일반적인 SEM 측정 방식으로 홀의 내부를 검사할 수 있으나, 홀 직경이 100 nm 이하로 작아지고 관통깊이가 커짐에 따라 기존에 사용하던 SEM 방식의 측정으로는 홀 내부의 형상을 파악할 수 없게 되었다.

이러한 문제를 해결하는 방식은 전자빔을 관통된 홀에 입사하여, 홀을 통과한 전류를 측정하여 관통여부를 확인하는 것이다. 현재 검사에서 사용되는 전자현미경은 고 에너지 SEM으로, 높은 에너지는 관통 홀 하단에 잔류하고 있는 미세 박막을 통과하게 되어 홀의 관통 여부를 정확히 확인할 수 없는 경우가 발생하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 전자빔의 에너지를 감소하는 방식을 사용하고 있으나, 에너지 감소의 어려움과 낮은 빔전류로 인한 문제가 계속하여 발생하고 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 높은 빔 전류를 방출하는 저에너지 전자컬럼과 그의 제어회로를 구성하여 홀 측정 방식으로 기초적인 실험을 수행하였다[1].

2. Via hole의 측정 방식

초소형 전자컬럼은 100 V ~ 500 V의 전압으로 구동되고 수 백 nA의 방출전류를 가지고 수 nA 정도의 빔 전류를 가질 수 있다. 이러한 낮은 에너지는 홀에 잔류할 수

nm의 박막에서 낮은 투과율을 갖게 되어 홀 관통 여부를 보다 정확히 파악할 수 있으나, 낮은 빔 에너지를 제어하기 위한 기술과 낮은 빔 전류를 측정할 수 있는 기술이 동시에 필요하게 된다.

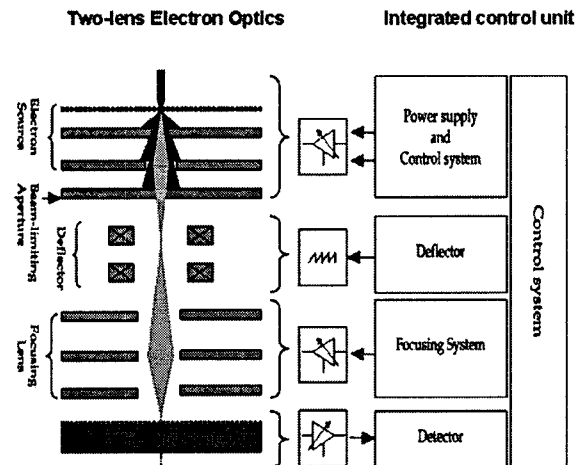


그림 1. 전자컬럼의 구조와 제어계의 구성

그림1은 본 연구에서 사용한 전자컬럼의 구조와 이를 제어하기 위한 제어계의 구성도를 보여주고 있다. 전자 컬럼은 측정하기 위한 시료에 전자를 주사하기 위하여 전자를 방출하는 Electron source와 Deflector, Focusing lens로 구성되어 있다. 또한 제어계는 전자 방출을 위한 에너지를 공급하기 위한 전압 발생장치와 편향신호를 생성하기 위한 Deflector, 편향된 전자 빔을 한 곳에 모으기 위한 Focusing system, 그리고 시료에 입사된 전류를 측정하기 위한 Detector로 구성되어 있는데, 제어계의 각 장치는 상호 유기적으로 제어 될 수 있어야 정확한 측정이 가능하다.

게 된다.

그림1과 같이 설계된 전자칼럼과 제어계를 이용하여 비아 홀을 검사하는 방식은 시료의 표면 전체를 스캔하는 raster 방식과 홀의 위치에 전자빔을 주사하는 vector 방식을 이용할 수 있는데, 비아 홀의 경우 대부분 특정 위치에 존재하고 설계자는 그 위치를 알 수 있으므로 생산성을 위하여 vector 방식을 사용할 수 있다.

3. 저에너지 전자칼럼과 제어계의 실험

기본적인 개념을 위한 기초실험을 SiO₂ 절연층이 있는 Si 시료를 가지고 수행하였다.

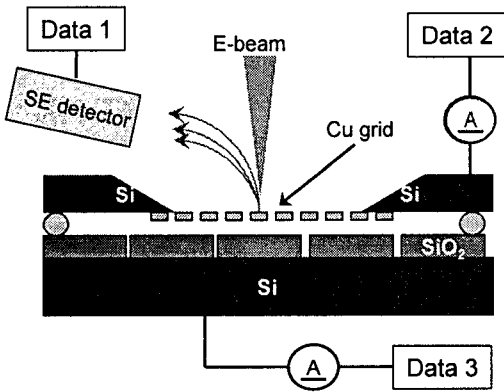


그림 2. 저에너지 전자칼럼을 이용한 SiO₂/Si 샘플 및 측정 방식 구성도[2]

그림 2는 저에너지 전자칼럼을 이용하여 SiO₂/Si 샘플을 주사하며 3가지 방식으로 측정하는 모습을 보여주고 있다. 전자칼럼에서 방출된 전자가 샘플의 표면을 주사하면 발생하는 이차전자를 SE-detector로 측정하는 방식(normal SEM 방식)과 SiO₂/Si 샘플과 100 um의 간격에 Cu-그리드를 설치하여 그리드에 도달한 전자와 샘플에서 산란된 전자를 측정하는 방식, 그리고 Si-시료를 통과한 전자를 측정하는 방식이다. 그림 3은 300 nm의 SiO₂ 절연층이 있는 Si 시료에 대한 실험결과를 보여주고 있다. 실험에서 사용된 전자칼럼은 290 eV 에너지로 작동되었으며, 방출전류는 400 nA이고, 이때 측정된 빔전류는 6nA이다.

그림 4는 500 nm의 SiO₂ 절연층이 있는 Si 시료의 실험결과와 이미지와 샘플 전류의 변화 모양을 벡터제어 방식을 이용하여 측정한 결과이다. 좌측 이미지는 raster 방식으로 50 um 홀이 있는 SiO₂ 표면을 200 eV의 에너지와 500 nA의 방출전류를 사용하여 측정한 것이며, 우측은 8개의 홀(Si)과 표면(SiO₂) 만을 벡터스캔으로 측정한 결과로서 Si와 SiO₂의 측정값이 명확히 구분되는 것을 보여주고 있다.

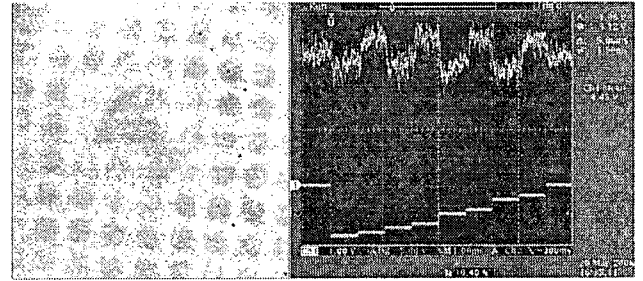


그림 4. Vector scan 방식으로 측정한 샘플의 이미지와 Si를 통과한 sample current 변화 모습

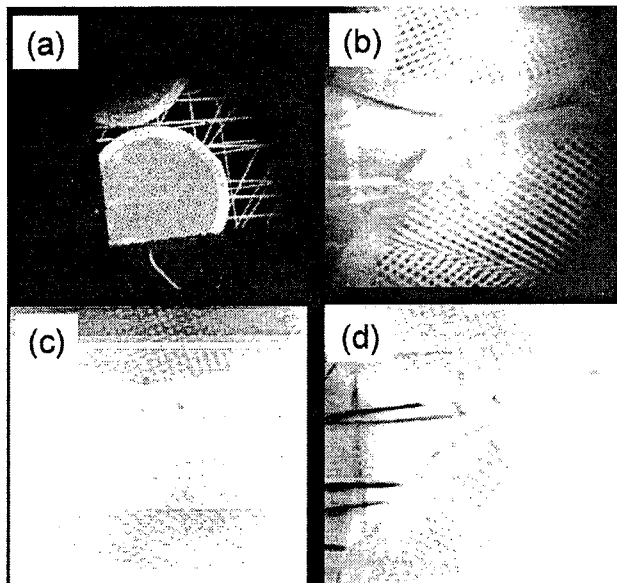


그림 3. (a) Cu-그리드와 SiO₂ 표면에 있는 선 패턴이 있는 샘플의 사진 이미지. (b) SE-detector로 측정한 이미지 (c) Cu-그리드에서 측정한 이미지 (d) Si를 통과한 전류를 측정하는 이미지.

4. 결론

저에너지를 이용한 전자칼럼과 전자칼럼의 제어회로를 검증하기 위하여 300 nm와 500 nm 두께의 절연층에 형성된 패턴을 통과한 전류 이미지를 측정하였다. 이러한 결과는 웨이퍼의 비아 홀의 관통 여부를 검사하는 기술로서 적용할 수 있는 가능성을 입증하였다.

본 연구에서 소개한 저 에너지 전자칼럼과 전자칼럼의 제어기술은 현재 전자빔기술의 연장선상이 아닌 기초 전자빔과학에 직접 뿌리를 둔 새롭고 혁신적인 기술이며, 앞으로 반도체산업에서 요구하는 nm 크기의 측정 및 검사에서 높은 생산성을 가진 핵심 기술로서 활용 될 것이다.

참고 문헌

- [1] E. Kratschmer, H. S. Kim, M. G. R. Thomson, K. Y. Lee, S. A. Rishton, M. L. Yu, S. Zolgharnain, B. W. Hussey, and T. H. P. Chang, J. Vac. Sci. Technol. B, 14 (6), pp3792, 1996.
- [2] 반도체학회