

감광성 BCB를 사용한 다층 MCM-D 기판에서 비아홀 형성에 관한 연구

Study on Via hole formation in multi layer MCM-D substrate using photosensitive BCB

주철원*, 최효상**, 안용호**, 정동철***, 김정훈****, 한병성**

(Chul-Won Ju, Hyo-Sang Choi, Yong-Ho An, Dong-Chul Chung, Cheong-Hoon Kim, Byoung-Sung Han)

Abstract

Via for achieving reliable fabrication of MCM-D substrate was formed on the photosensitive BCB layer. MCM-D substrate consists of photosensitive BCB(Benzocyclobutene) interlayer dielectric and copper conductors. In order to form the vias in photosensitive BCB layer, the process of BCB and plasme etch using C_2F_6 gas were evaluated. The thickness of BCB after soft bake was shrunk down to 60% of the original. AES analysis was done on two vias, one is etched in C_2F_6 gas and the other is non etched. On via etched in C_2F_6 , native C was detected and the amount of native C was reduced after Ar sputter. On via non etched in C_2F_6 , organic C was detected and amount of organic C was reduced a little after Ar sputter. As a result of AES, BCB residue was not removed by Ar sputter, so plasma etch is necessary for achieving reliable via.

Key word(중요어) : BCB, 멀티칩모듈, MCM-D

1. 서론

반도체소자의 속도 및 집적도가 높아짐에 따라 소자간의 배선연결 상태에 따른 전달지연시간, 크로스토크(crosstalk) 등이 시스템의 고속화를 저하시키는 요인이 되고있다. 멀티칩모듈(MCM:MultiChip Module) 이란 한 개의 기판(substrate)에 여러개의

반도체 칩(chip)과 수동소자(저항, 커패시터, 인덕터)를 장착(mounting)시켜 패키지(Package) 및 PCB에서 발생하는 지연시간을 감소시키기 위한 패키지 기술로, 개별 반도체 소자를 사용하는 기존의 기술에 비하여 보드(board)에 실장시 속도향상, 보드 크기축소(size reduction), 높은 신뢰성을 갖는 장점을 갖고 있는 고밀도 패키징 기술로, 높은 배선밀도 및 저유전 절연막을 사용하는 기판 제조기술이 필요하다. 현재 저유전 절연물질로서 여러 종류의 폴리머가 개발되고 있는데, 그 중에서 감광성 BCB(Photo-sensitive Benzocyclobutene)를 사용하면 공정 수를 줄일 수 있고 기판 제조비용은 저렴하며[1][2] 수율(yield)은 향상되기 때문에[3] 다층기판의 절연막으로서 건식식각(dry etch) 물질에 비하여 선호되고 있

* 전파통신연구소
** 전북대 전기공학과
*** 한전연구원
**** 우석대 정보통신컴퓨터공학부 전임강사
***** (주) 모인텍
(E-mail : hbs@moak.chonbuk.ac.kr)

다. 감광성 BCB는 기존 반도체공정의 이용가능, 낮은 흡습성, 높은 평탄화율(>90%), 낮은 경화온도 [4][5], 높은 열안정성, 낮은 유전상수(2.7) 및 감광성의 특성으로 인하여 MCM, 평판 디스플레이, 화합물 반도체소자 등에 널리 사용되고 있다. BCB를 절연막으로 사용하는 MCM-D 기판에서 비아 홀은 사진식각(lithography) 공정으로 형성되는데 BCB는 일반 감광막보다 점도가 훨씬 높고 코팅두께가 10~12 μm 로 두껍기 때문에 노광 및 현상 조건을 조절하기가 매우 어렵워 비아 홀이 완전히 형성되지 않거나 비아 홀 밑면에 BCB 잔류물이 남게되며, 현상 및 soft bake 후 BCB두께는 코팅시에 비하여 많이 감소하여 절연막 두께를 조절하기가 어렵다.

본 논문에서는 MCM-D 기판인 실리콘 웨이퍼 위에 BCB를 코팅한 후 시험패턴을 제작하여 BCB의 해상도(resolution) 및 패턴 slope를 측정하였고, BCB코팅 두께와 현상 및 soft bake후의 두께 변화를 비교하였으며, 비아홀 형성 후 C_2F_6 를 이용한 플라즈마 cleaning을 수행한 시료와 플라즈마 cleaning 후 연속공정으로 Ar 스퍼터를 수행한 시료를 각각 AES로 분석하여 플라즈마 cleaning 및 Ar 스퍼터가 비아홀에 미치는 영향을 고찰하였다.

2. 실험

실험용 기판(substrate)은 비저항 1~25 $\Omega\text{-cm}$, 결정면 <100>인 p형 5인치 실리콘 웨이퍼를 사용하였으며 시험패턴은 다음과 같은 공정순서로 제작하였다. 먼저 웨이퍼 위의 모든 먼지와 불순물을 제거하기 위하여 실리콘 웨이퍼를 조성비 4:1의 $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}_2$ 용액에 담근 후, 20:1 HF에 담구어 세척하고 저압화학증착(LPCVD:Low Pressure Chemical Vapor Deposition) 방식으로 산화막을 5000Å 증착한 후 스퍼터(sputter) 방법으로 Ti 및 Cu를 각각 0.1 μm , 0.25 μm 증착하였다. 다음 공정으로 spin coater에서 접착제(adhesion promoter)를 정지상태에서 3ml 웨이퍼 위에 떨어뜨린 후 3000rpm에서 50sec 회전시켜 건조시킨 다음, 감광성 폴리머인 BCB 5ml를 정지상태에서 웨이퍼 위에 떨어뜨린 후 3000rpm에서 220sec 동안 회전시켜 웨이퍼 위에 균일한 두께로 도포하고 hot plate를 사용하여 90 $^\circ\text{C}$ 에서 90초 동안 건조시켰다. 건조된 웨이퍼는 노광장비인 contact aligner에서 14초 동안 노광시킨 다음, puddle 방식을 사용하여 현상액에 넣어 15분 동안 현상하고 210 $^\circ\text{C}$ 에서 soft bake하였다. C_2F_6 를 이용한 플라즈마 cleaning은 10m torr, 300 $^\circ\text{C}$ 에서 상하 마그네트 전류 90A/90A, 2.45GHz의 마이크로 웨이브를

1KW 인가하였으며 이때 Ar , O_2 , C_2F_6 의 유량은 각각 40sccm, 50sccm, 80sccm으로 고정하였으며 cleaning은 50초 동안 수행하였으며 Ar 스퍼터를 200W에서 2분 하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 회전속도에 따른 코팅, 현상 및 soft bake후 두께 변화를 나타낸 것이다. 그림 1에서 보듯이 BCB의 두께는 현상 후 초기두께의 33~37%가 감소되고 최종적으로 38~40% 정도가 감소되는 것을 알 수 있다. 또한 플라즈마 처리 후 BCB 두께는 0.3~0.5 μm 정도, Ar sputter후에는 0.1 μm 정도 두께 감소가 발생하였다.

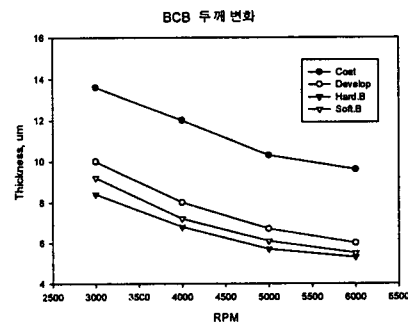


Fig. 1. BCB thickness variation with process and spin speed in puddle development

그림 2는 BCB층에 형성한 비아 홀을 나타낸 것이다. 비아 밑면에는 잔류물은 없는 것으로 보이며 비아 slope는 75도로 나타나 Ti/Cu를 스퍼터할 때 비아 측면에 증착이 잘될 것으로 판단된다.

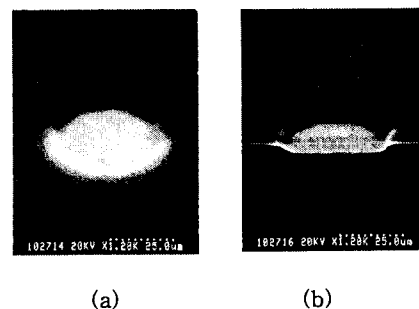


Fig. 2. SEM showing via hole,

(a) Plane surface (b) Cross section

그림 3은 Cu 금속배선 위에 코팅된 BCB층에 비아 홀 형성후, $\text{C}_2\text{F}_6/\text{O}_2$ 가스로 플라즈마 cleaning하고 5~8 μm 의 beam size를 사용하여 via를 scanning한 후

AES로 분석한 그림이다. 그림 3에서 C 및 F가 소량 검출되고 O 및 Cu가 검출되었으며 C의 양은 Cu에 비하여 적다. 따라서 이때 검출된 C는 시료가 외부에 노출시 주변으로부터 absorption된 native C로 판단되고, F 및 O는 플라즈마 cleaning시 사용된 가스로부터 표면에 흡착된 것이고, Cu는 비아 밀면에 노출된 금속배선의 C에서 검출된 것이다. 그림 4는 C_2F_6/O_2 가스로 플라즈마 cleaning한 비아를 12초동안 Ar 스퍼터하여 AES로 분석한 그림이다. Ar 스퍼터후 그림 4에서 C는 일부가 제거되었으며, O는 검출량이 다소 감소된 반면 F는 검출량이 조금 증가하였다. 그림 3, 4로부터 C_2F_6/O_2 가스로 플라즈마 cleaning한 비아밀면의 표면 상태는 표면 상층부에는 O가 많이 존재하며, F는 표면 하층부에 많이 존재하여 Ar 스퍼터후 O의 검출량은 줄어들고, F의 검출량은 증가된 것으로 판단되며 C_2F_6/O_2 가스로 플라즈마 cleaning한 후 Ar 스퍼터하면 비아 표면의 수백Å의 native C는 쉽게 제거되는 것을 알 수 있다.

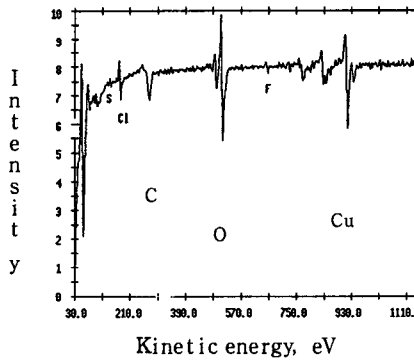


Fig. 3. AES analysis of via etched in C_2F_6 (as received)

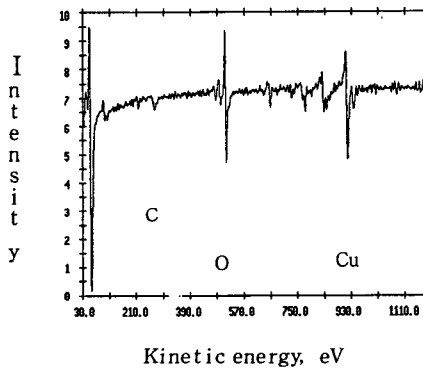


Fig. 4. AES analysis of via etched in C_2F_6 (after Ar sputter 12sec)

그림 5는 비아홀 형성후 C_2F_6/O_2 가스로 플라즈마 cleaning을 하지 않고 AES로 분석한 그림이다. 그림 5에서 Cu는 검출되지 않은 반면 C는 많은 양이 검출되었으며, 이 C는 그림 6에서 보듯이 Ar sputter후에도 상당량 남아있으므로 native C가 아니고 BCB 잔재물인 유기물 C이다. O는 소량 검출되었는데 이것은 플라즈마 cleaning을 하지 않았으므로 native O만 검출되었기 때문이며 Cu가 검출되지 않았는데 이것은 비아홀을 BCB 잔재물이 덮고있기 때문이다. 이 결과로부터 C_2F_6/O_2 가스로 플라즈마 cleaning을 하지 않은 비아는 BCB 잔재물이 표면을 덮고 있음을 알 수 있다. 그림 6은 그림 5의 비아를 12초 동안 Ar 스퍼터한 후 AES로 분석한 그림이다. 그림 6에서 C는 많은 양이 제거 되었지만 여전히 상당량이 존재하며 O는 거의 전부 제거 되었으며 Cu가 소량 검출되었다. 그림 5, 6으로 부터 비아홀 형성후 C_2F_6/O_2 가스로 플라즈마 cleaning을 하지 않은 경우 BCB는 상당량 존재하며 Ar 스퍼터를 하더라도 BCB 잔재물은 제거되지 않는다는 것을 알 수 있다.

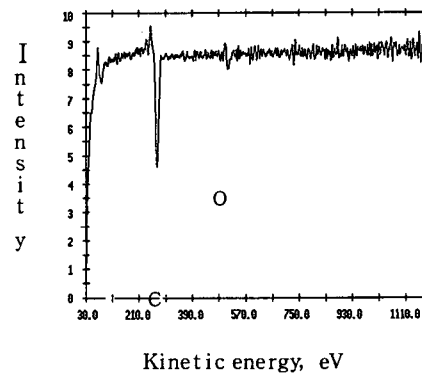


Fig 5. AES analysis of via no etched in C_2F_6 (as received)

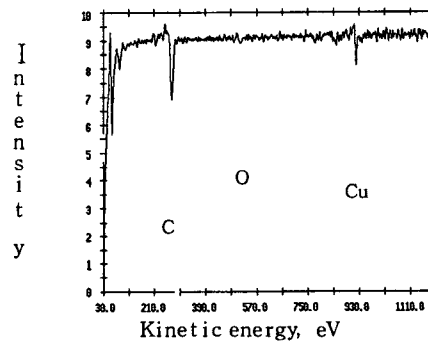


Fig.6. AES analysis of via no etched in C_2F_6 (after Ar sputter 12sec)

4. 결 론

감광성 BCB를 절연막으로 사용하는 MCM-D 기판에서 비아를 형성하는 공정과 비아 형성후 C_2F_6 가스를 이용한 플라즈마 처리 후 BCB 두께를 측정할 결과 현상과정에서 초기두께의 33~37%가 감소되고 최종적으로 38-40% 정도가 감소되었으며, 플라즈마 처리후 BCB 두께는 $0.3\sim 0.5\mu m$ 정도 두께감소가 발생하였다. 따라서 BCB 코팅시 두께손실을 고려하여 코팅 속도를 조절하여야 한다. 또한 본 실험에 사용된 노광장치를 이용하면 BCB의 해상도는 $15\mu m$ 인 것으로 측정되었으며 패턴 형성시 slope는 85도 이상으로 slope 특성이 좋아 선폭 및 간격이 각각 $30\mu m$ 인 현재의 설계사양(design rule)보다 작은 $20\mu m$ 의 패턴을 형성할 수 있을 것으로 판단된다. BCB층에 비아 형성후 C_2F_6 가스를 사용하여 플라즈마 cleaning을 한 시편을 as-received 상태에서 AES로 분석한 결과, BCB의 잔재물인 유기물 성분의 C는 검출되지 않고 native C만 검출되었으며, 이 시편을 Ar 스퍼터한 결과 native C도 제거되었다. 그러나 플라즈마 cleaning을 하지 않은 시편을 as-received 상태에서 AES로 분석한 결과 유기물 성분의 C가 많이 검출되었으며, 이 시편을 Ar 스퍼터한 결과 유기물 성분의 C는 소량 제거되었지만 여전히 많이 검출되므로 Ar 스퍼터에 의하여 BCB의 잔재물은 효과적으로 제거되지 않는 것을 확인하였다. 따라서 감광성 BCB를 절연막으로 사용한 MCM-D기판 제작공정에서 비아 형성후 플라즈마 cleaning을 해야 하며 추가적으로 Ar 스퍼터를 수행하는 것이 바람직하다.

참고문헌

- [1] T.Tessier and E.Myszka, "Approaches to Cost reducing MCM-D Substrate", Proceedings of 43rd ECTC, Orlando, Florida, pp.570-578, June 1-4, 1993.
- [2] R.H.Heistand, D.C.Frye, D.C.Burdeaux, J.N.Carr, and P.E.Garrou, "Economic Evaluation of deposited Dielectric MCM Manufacturing Cost", Proceedings of the International Conference on Multi-chip Modules, ISHM/IEPS, Denver, Colorado, pp. 441-450, April 14-16, 1993.

- [3] P.E.Garrou and I.Turlik, "Materials of Construction : Substrate, Dielectric, Metallization," Thin Film Multichip Modules, G.Messner, I.Turlik, J.W.Balde and P.E.Garrou, editors, ISHM Press, pp.92-164, 1992.
- [4] D.Burdeaux, P.Townsend, J.Carr, and P.Garrou, "Benzocyclobutene(BCB) dielectrics for the fabrication of high density, thin film multichip modules", Journal of Electronic Materials, vol.19, No.12, 1990.
- [5] R.W.Johnson, T.L.Phillips, W.K.Weidner, S.F.Hahn, D.C.Burdeaux, and P.H.Townsend, "Benzocyclobutene interlayer dielectrics for thin film multichip modules", IEEE Tr. On components, hybrids, and manufacturing technology, vol. 13, No.2, 1990.