도금 첨가제에 의한 구리의 TSV(실리콘 관통 비아) 필링

TSV(Through-Silicon-Via) copper filling by Electrochemical deposition with additives.

진상현[a], 장은용[b], 박찬웅[b], 유봉영[b*]
[a]한양대학교 바이오 나노 학과, [b]한양대학교 재료공학과(E-mail : byyoo@hanyang.ac.kr)

초 록 : 오늘날 반도체 소자의 성능을 좌우하는 배선폭은 수십 나노미터급으로 배선폭 감소에 의한 소자의 집적은 한계에 다다르고 있다. 또한 2차원 회로 소자의 문제점으로 지적되는 과도한 전력소모, RC Delay, 열 발생 문제등도 쟁점사항이 되고 있다. 이런 2차원 회로를 3차원으로 쌓아올린다면 보다 효율적인 회로구성이 가능할 것이고 이에 따른 성능향상이 클 것이다. 3차원 회로 구성의 핵심기술은 기판을 관통하여 다른 층의 회로를 연결하는 실리콘 관통 전극을 형성하는 것이다.

1. 서론

본 연구는 실리콘 기판에 형성된 관통 비아 내에 습식 전해 증착법을 이용하여 구리 전극을 성장 시키는 방법에 관한 것이다. 실리콘 관통 비아 내에 구리 관통 전극을 형성시 비아 상부의 전류밀도가 하부보다 높으므로 공공이 발생하게 된다. 본 연구에서는 공공의 발생을 방지하기 위하여 도금 첨가제인 억제제와 가속제를 조건에 따라 첨가하며 구리 전극의 성장 특성을 비교하였다.

2. 본론

본 연구에서는 TSV내에 습식전해증착을 통한 구리의 성장을 위해 쿠폰단위의 TSV 웨이퍼 시편이 사용되었다. 비아는 실리콘 단결정 웨이퍼에 직경 6㎛, 높이 60㎛의 원통형 모양으로 1cm^{2}당 1016개가 DRIE로 형성되었고 실리콘 산화층/Ta/Cu seed layer가 증착되었다. 쿠폰 시편은 1cm^{2}로 만들어졌으며 TSV의 면적은 1cm^{2}당 0.01cm^{2}이므로 습식전해증착을 행할시 전류밀도조건을 사용하는 경우 행하여 지는 면적계산에서 무시되었다.

습식전해증착용 전해용액은 특정농도의 황산구리와 첨가제가 사용되었다. 0.8몰의 황산구리($CuSO_4$)와 0.6몰의 황산(H_2SO_4)용액으로 기준용액을 만들었고 기준용액 100ml에 조건에 따른 첨가제를 희석하여 실험이 행하여 졌다. 첨가제는 가속제(SPS)와 억제제(PEG)가 사용되었다.

Table 1. 첨가제의 농도 조건

실험번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
가속제	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
억제제	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

각 실험들은 DC current 1mA/cm^{2}의 조건으로 15분간 행하여 졌고 DC current는 VersaSTAT MC로 공급 되었다. cell은 Pt anode와 쿠폰시편 cathode로 구성된 2 전극 시스템으로 구성되었다. 습식전해증착이 행하여 지는 동안 전해용액의 대류를 위해 테플론으로 코팅된 막대형 자석으로 300RPM의 원형 교반이 이루어 졌다.

습식전해증착이 완료된 시편은 TSV의 수직 필링 특성을 관찰하기 위해 수직으로 고정하여 에폭시레진으로 몰딩한 뒤 저진공에서 진공함침이 실행되었다. 진공함침되어진 시편은 SiC 페이퍼로 그라인딩 되었고 평균직경 1㎛의 Al_2O_3 파우더를 이용하여 폴리싱이 행하여졌다.

관찰 준비가 완료된 시편은 OM(Optical Microscope)와 SEM(Scaning Electron Microscope)으로 관찰되었다.

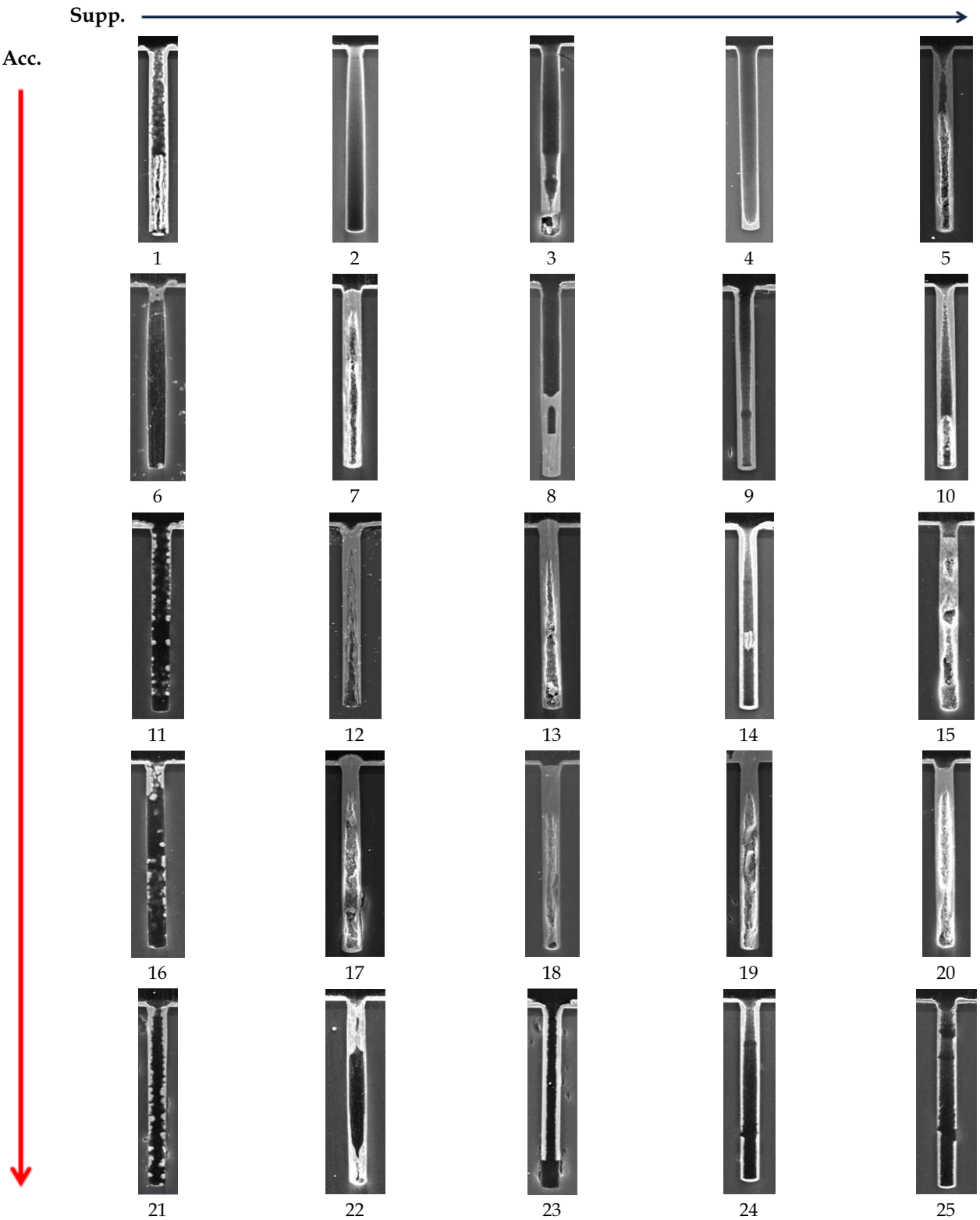

Fig. 1. 각 실험번호 시편들의 SEM 사진

3. 결론

각 실험번호의 조건에 따라 행하여진 실험의 시편을 보면 억제제가 희석되지 않은 조건의 시편들(시편 1, 6, 11, 16, 21)

은 TSV벽에 성장한 구리의 모양이 매우 거친 것을 확인할 수 있다. 억제제가 조금이라도 희석된 나머지 시편들과 비교하면 억제제는 TSV내의 구리 습식전해증착시 어느정도 평탄화 기능을 수행한다는 것을 알 수 있다. 가속제가 첨가되지 않은 시편들(시편 1, 2, 3, 4, 5)은 특정 농도(3)이상부터 특정 농도(4)까지는 V자형태의 슈퍼필링특성을 보이지만 범위 밖의 시편들은 ∧형태의 성장을 보이면서 공공이 형성되는 양상을 보인다. 첨가액들의 혼합특성을 보면 9번 시편을 제외한 나머지는 모두 ∧형태이거나 TSV 바닥면에서 일정 높이까지는 V자 형태의 성장을 보이다가 일정 높이 이상에서 ∧자 형태로 전환되면서 공공이 형성되는 양상을 보인다. 그러므로 9번 실험조건(가속제2, 억제제4번)의 용액을 이용할 시 공공이 없는 TSV배선의 형성이 가능하다고 판단된다.

참고문헌

1. K.Kondo, N.Yamakawa, Z.Tanaka. K.Hayashi, J.Electroanalytical Chemistry, 559 (2003) 137-142.
2. Elise Delbos, Laurent Omnes, Arnaud Etcheberry, OMGroup, Microelectronic Engineering, 87 (2010) 514-516.
3. A. Radisic, O. Luhn, H.G.G. Philipsen, Z. El-Mekki, M. Honore, S. Rodet, S. Armini, C. Drijbooms, H. Bender, W. Ruythooren, Microelectronic Engineering, 88 (2011) 701-704.