

**스퍼터 증착한 Cu/Cr/Polyimide 시스템에서의 Cu의 증착조건에 따른 접착력 거동**  
**(The Effects of Cu Deposition Conditions on the Adhesion**  
**of Sputter-deposited Cu/Cr Film on Polyimide)**

한양대학교 재료공학과 : 김동찬, 조철호, 김영호

반도체 칩의 고성능화, 고집적화와 더불어 전자부품, 전자소자가 소형화, 경량화, 고성능화 됨에 따라 소재 제조와 전자패키징에 박막공정이 많이 쓰이게 되었다. 박막공정을 이용한 다층박막 패키지, 마이크로 센서 등의 첨단부품과 TAB을 위시한 기존의 전자부품은 제조 공정상 기판이나 유전층으로 사용되는 폴리머 또는 세라믹 기판상에 금속박막을 증착함으로써 이루어지기 때문에 금속박막/유전층/금속박막 형태의 다층구조를 가지고 있으며 이들 사이에는 많은 계면이 내재되어 있다. 박막과 기판 사이의 접착력이 열악하여 제조중이나 사용중에 계면에서 분리가 일어난다면 이런 박막소재는 이용할 수 없다. 따라서 신뢰할 수 있는 박막재료를 개발해서 사용하기 위해서는 이들사이의 접착력이 뛰어나야 한다.

박막의 접착력은 계면에서의 원자간의 결합력으로 나타내는 계면의 결합력 (이론적 접착력, *true or theoretical adhesion strength*)과 박막을 기판에서 분리하기 위하여 필요한 일 (공학적 접착력, *engineering adhesion strength*)로 구별된다. 실제 소자에서 박막의 분리는 계면에서의 원자간의 결합력보다는 박막이 분리될 때 요구되는 총에너지에 의하여 결정되며 *peel test*는 실제 박막의 분리시 용력조건과 유사하고 정량적으로 공학적 접착력을 측정할 수 있으며 *test*를 하면서 *peel curve*로부터 실험의 성공여부나 측정값의 신뢰도를 직접 알 수 있는 장점이 있으므로 전자 산업계에서 가장 광범위하게 사용되고 있다. 이 방법은 일정한 폭의 유연한 박막을 기판에서 *peeling*하여 분리할 때 필요한 힘 (*peel force*)를 측정하여 그 힘을 박막의 폭으로 나눈 값 (*peel strength*)을 기준으로 한다. *Peel test*시 박막의 접착력을 측정하기 위하여 박막을 분리하면 계면에서의 원자간의 결합을 끊을 뿐만아니라 벗겨지는 박막이 소성변형된다. 따라서 이때 측정되는 접착력 (*peel strength*)은 계면에서의 원자결합력과 소성변형량의 합이 된다.

스퍼터 증착용 기판으로 사용한 폴리이미드는 precursor형태의 Hitachi사의 PIQ polyamic acid(PAA, BPDA-PDA)이다. Substrate base로는 Si wafer를 사용하였으며 기판의 사이즈는 50×50 mm이었다. TCE, 아세톤, 메탄올에 차례로 각각 초음파 세척한 Si wafer 위에 폴리이미드를 스핀 피복하였다. Curing한 후의 폴리이미드의 최종 두께는 4.3 μm였다. 금속박막을 증착하기전에 폴리이미드의 표면을 플라즈마, 이온 빔, 화학적 처리 등의 방법을 통하여 개질 (modification)시킬 경우 접착력이 향상되므로[1-4], 본 실험에서는 *in-situ*로 Ar 가스를 이용한 고주파 플라즈마 (rf plasma treatment)로 10분간 처리하였다. 이때 압력은 10 mtorr였으며 파워 밀도 (power density)는 0.14 W/cm<sup>2</sup>이었다. 직류 마그네트론 스퍼터 장치 (DC magnetron sputtering system) 를 사용하여 Cr박막과 Cu박막을 Ar rf plasma 처리한 폴리이미드위에 연속적으로 증착하였다. Cr의 증착압력은 5 mtorr였으며 증착두께는 50 nm였다. 증착된 Cr위에 Cu는 증착압력을 5 mtorr, 50 mtorr, 100 mtorr로 각각 변화해가면서 증착하였다. 이 때 증착 두께는 모두 1000 nm였다. 필 테스트시 박막에 충분한 강도를 주기위하여 전기도금방법에 의하여 20 μm의 두께로 구리를 스퍼터 증착된 구리박막위에 입혔다. 박막의 접착력은 90도 필 테스트 방법에 의하여 평가하였다.

아르곤 압력이 증가함에 따라 증착된 Cu박막은 열린 계면이 상대적으로 증가하여 필 테스트시 더 많은 소성변형을 하여 필 접착력이 큰 것으로 관찰되었다. 증착압력이 증가함에 따라 그림자 효과 (shading effect) 증가로 박막은 주상정으로 발달하였으며 하나의 주상정은 여러개의 결정립들(grains)로 이루어져 있었다.

본 연구는 한국과학재단의 목적기초 특정연구과제의 지원으로 수행하였습니다. 본 연구에 참여한 김동찬은 한양대학교 신소재공정공학원의 장학지원에 대하여 감사의 뜻을 전합니다.

1. J.M. Burkstrand : J. Vac. Sci. Technol., 20(3) (1982) 440
2. T.S. Oh, S.P. Kowalczyk, D.J. Hunt, and J. Kim : J. Adhesion Sci. Technol., 4(2) (1990) 119
3. Kyung W. Paik and Arthur L. Ruoff : Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol.154 (1989) 21
4. A.D. Katani, J. Spalik, B. Rands, and J. Baldwin : J. Vac. Sci. Technol., A8(3) (1990) 2363