

박막 Hybrid I.C용 FIC 제조기술 및 그 동향

朴 泰 奎

金星情報通信(株) 部品生産課

I. 서 론

Hybrid I.C라 함은 다수의 단일 칩과 개별 부품을 기판상에 적절한 도체 배선 및 저항체막 콘덴서를 형성시킨 FIC(film integrated circuit)상에서 조립하여 하나의 I.C로 집적한 것으로 전자기기의 소형화, 고 기능화가 빠르게 진행되고 있는 현 시점에서 제조 기술적, 특성적 및 개발기간 측면에서 제한을 받는 단일 칩 I.C의 대체품으로써 꾸준히 그 수요가 증가하고 있다.

이러한 hybrid I.C는 제조 기술에 의하여 박막 기술과 후막 기술로 구분이 되며 이는 기판상에 회로가 막으로써 형성되어 있는 FIC의 제조 기술상의 분류인 것이다.

제품의 종류 및 특성에 따라 조립 공정 및 그 적용 기술은 요구되는 외관 형태 및 사용자의 요구에 의하여 크게 달라질 수 있으나 FIC 제조 기술은 특별한 특성적인 요구를 제외하고 기본적인 적용 기술 및 제조 공정이 사전 설정되어 변화가 많지 않다.

현재의 hybrid 시장은 가격적인 잇점과 투자가 용이하고 가전, 민생 기기 및 사용자로부터 비교적 밀도, 기능, 특성적인 측면의 요구가 낮은 제품에 사용되는 후막 제품이 지배적이며 박막 제품은 일부 영역 즉, 후막으로써 성취될 수 없는 특성 및 기능상으로 사용자의 특수한 요구가 뒤따르는 제품에 주로 사용되고 있다.

그러나 부품으로 사용되는 단일 칩의 고특성, 고 기능화 및 저 가격화의 급속적인 진전에 따라 박막 제품의 사용은 향후 후막에 비해 그 증가의 속도를 가속화할 것으로 예상되며 후막 제품 또는 특성과 집적도를 향상시키기 위한 기술적인 진전이 그 시장을 더욱 확대시켜 나갈 것으로 예상되고 있다.

국내의 hybrid I.C 제조 기술은 후막을 중심으로 그 기

Sales (Billions of dollars)

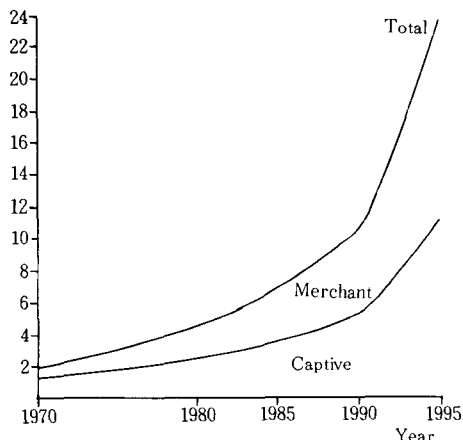


그림 1. 년도별 HIC 시장 변화

	1970	1980	1985	1990	1995
U.S.	1,200	3,300	4,900	8,000	16,000
Asia	285	475	815	1,200	4,000
Europe	485	765	1,050	1,300	3,700
Total Sales	1,970	4,540	6,765	10,500	23,700

그림 2. 지역별 HIC 시장변화

술의 향상 및 시장의 확대가 이루어지고 있으며 제조 기술 또한 박막에 비하여 비교적 보편화되어 있는 상태이나 국내의 박막 기술은 No. 1A나 No. 5 ESS 교환기의 특정 부품의 생산 및 공급을 위하여 미국으로부터 도입되어 현재에 이르고 있으나 기술개발 인력 부족, 기술 응용력 부족으로 신 제품 개발을 통한 새로운 수요 창출 및 시장 개척이 미진한 상태에 있다.

여기에서는 향후 그 수요의 급속한 증가가 예상되는 박막 hybrid I.C-용 FIC 기판의 제조기술 및 그 동향을 소개하고자 한다.

II. 박막 FIC 제조기술

박막은 후막과 달리 그 막 자체도 순수한 금속이나 금속 합금, 또는 화합물이며 막의 형성방법도 진공증착법 (vacuum evaporation)이나 스퍼터링 또는 이온 도금 기술을 이용하여 기판상에 부착된다.

이러한 기초 박막을 보강하기 위하여 기초 금속상에 화학 도금기술을 이용하여 추가적인 막을 형성시키며, 또한 양극 산화법(anodization)에 의하여 유전체 피막을 형성한다.

또한 원하는 회로를 형성하기 위하여 사진 공정을 적용하게 되는데 이는 자외선에 노출되면 그 특성이 변화되는 특수 재료인 감광제(photoresist)를 기판상에 도포하고 자외선 발출기에 의하여 마스크(mask)를 이용 특정 부분에 자외선을 선택적으로 투과시킴으로써 현상 용액에 의해 원하는 회로의 내 화학성 감광제 막이 기판상에 잔존하도록 하는 기술이다.

현재 이러한 사진기술은 반도체 공업의 발달로 그 발전 속도를 가속하여 현재는 이온 빔, X-선, 전자 빔, 레이저(laser)에 의한 감광 재료가 등장하여 보다 미세하고, 정확한 회로의 형성이 가능해지고 있다.

부가하여 금속의 식각 기술과 형성된 저항값의 조절을 위한 트리밍(trimming) 기술이 포함된다. 식각 기술은 회로가 사진 기술에 의하여 형성된 후 불필요한 금속 부분을 기판상에서 제거하는 기술로서 습식 및 건식 식각 기술이 병행하여 적용되고 있으며 트리밍 기술은 후막과 같이 레이저에 의하여 회로 형상의 변화를 일으킴으로써 이루어진다.

이러한 복잡한 기술들의 적절한 조합을 통하여 제조되어지는 박막 FIC는 기본적으로 미세 회로 형성 능력, 형성되는 수동 소자의 안정성 및 정확성, 저 잡음 및 고 신뢰성의 특성을 가지고 있어서 전자 교환기, 각종 무선 기기 등을 중심으로 그 적용이 점차 확대되어지고 있다.

최근 반도체 기술의 발달에 따른 부품의 고 기능, 고 집적화 및 시스템의 고 신뢰성의 요구가 박막의 시장 수요를 급격히 성장시키고 있다.

1. 막 제조기술

1) 진공증착(vacuum evaporation)

기본 개념은 금속을 단시간에 고온으로 가열하여 증발시키면 증발한 금속이 온도가 낮은 기판에 부착되어 얇은 금속 막을 형성한다는 것이다.

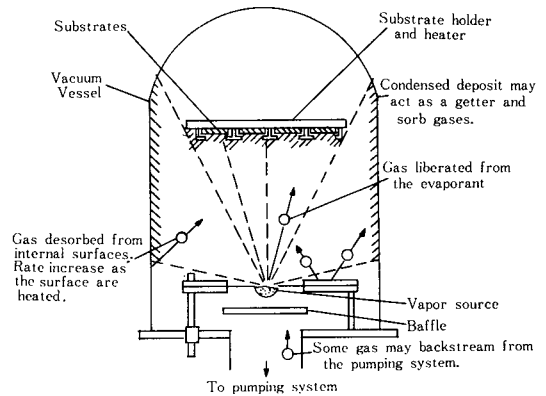


그림 3. 진공 증착의 개략도

이 기술은 증발, 이동, 응축의 세 단계로 구성된다. 증발원에 의하여 가열된 source material이 증발열에 의하여 내부의 원자를 이탈시키게 되고 이탈된 원자는 일반적인 source 온도에서 대략 0.2eV 정도의 운동에너지를 가지고 이동을 시작한다. 고진공에서의 원자는 충돌이나 에너지의 손실없이 기판상에 도달한다.

증발원으로부터 방출되어 기판에 도달한 원자는 기판의 영향력 하에 들어가면서 반사하거나 물리적 흡착, 화학적 흡착, 동일 물질의 원자간의 결합 등 여러가지 상호반응을 일으킨다.

이후 원자는 소유하고 있던 에너지를 이용 핵을 형성하고, 성장을 계속하여 점차 전 기판으로 이동되어 막이 형성된다.

이러한 모든 과정은 금속이 매우 높은 용융점을 갖는 산업에서보다 1000°C 이하로 감소되며, 금속의 산화 유발이 극히 적어질 수 있는 10^{-5} ~ 10^{-7} Torr의 압력에서 수행되어진다. 이러한 진공 증착은 가열 방법에 따라 여러가지 종류가 있으며 가장 일반적인 것은 고 저항성 wire를 필라멘트 형태로 사용하는 필라멘트 증착이다.

그 밖에 RF 가열에 의한 RF 증착, 전자빔의 방출에 의하여 내화성 금속 혹은 순수 금속을 가열하는 전자빔 증착, 필라멘트 증착과 유사하나 source가 분말이나 세션으로 공급되는 플래쉬 증착 등이 있다.

2) 스퍼터링(sputtering)

기본 개념은 양으로 대전된 가스의 입자가 가속되어 음극의 표면에 충돌함으로써 음극으로부터 원자의 방출을 유도하여 이 방출된 원자가 양극 가까이에 위치한 기판상에 부착되어 막을 형성하게 되는 것이다.

실제 스퍼터링은 진공 증착보다 앞서서 개발된 기술이지만 적용이 용이하지 않았으나 내화 금속의 증착에

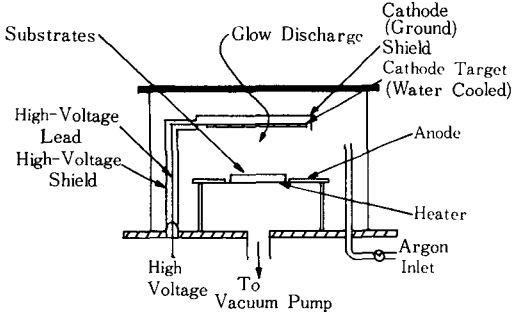


그림 4. 스퍼터링의 개략도

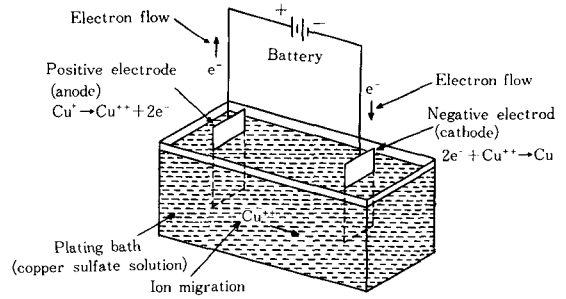


그림 5. 전기 화학 도금의 개략도

대한 관심의 증대 및 고 진공 기술의 발달에 의한 스퍼터링 기술의 적용상의 문제점 해결 등으로 점차 박막 제조 기술로서 그 위치를 재정립해 나가고 있다.

저압의 플라즈마상에서 argon과 같은 개스를 500~5000V의 고전압이 적용된 2개의 전극 사이에 주입하면 개스는 양으로 대전되어 이온화하며 이 가스 이온이 음극을 향하여 가속된다. 이러한 이온이 가속된 상태에서 가지고 있는 운동 에너지를 음극의 표면 원자와 충돌함에 의하여 에너지를 전달하고 충돌한 음극의 표면원자는 에너지를 가지고 음극 격자간의 결합을 이탈하여 양극 가까이에 위치한 기판상에 부착되게 되어 균일한 막이 형성된다.

진공 증착에 비하여 음극으로부터 방출되는 원자는 보다 큰 에너지를 가지고 방출되어 기판에 부착될 때 보다 강한 접착력으로 부착된다.

스퍼터링은 가열이 필요치 않아 용융점이 매우 높은 내화성 금속막의 형성시 진공증착에 비하여 매우 효과적이다.

종류에는 전형적인 D.C 스퍼터링 방식과 절연성 재료의 막 형성을 위하여 고주파를 이용하는 R.F 스퍼터링, 산화물이나 질화물의 막 형성을 위하여 반응성 기체 즉 산소 혹은 질소 가스를 사용하는 반응성 스퍼터링 등이 있으며 진공 증착에 비하여 막의 두께 조절이 용이하고 접착력이 우수하다.

3) 이온 도금(ion plating)

이온 도금은 물체를 가열한다는 측면에서는 진공 증착과 동일하나, 글로우 방전을 이용하여 증기상태의 금속 원자를 이온화하고 가속하여 음극에 장착된 기판에 부착함으로써 막을 형성한다.

4) 화학 도금(chemical plating)

스퍼터링이나 진공 증착, 이온 도금 기술에 의하여 형성되는 막은 배선상의 충분한 전도성을 주지 못하므로

화학 도금에 의한 부수적인 막 형성이 필요하다.

이러한 화학 도금에는 전기화학 도금(electro plating)과 무전해 도금(electroless plating)이 있다.

전기 화학 도금은 전해질 용액내에 2개의 전극을 위치시키고 직류 전원을 연결하면 전자가 양극의 금속으로부터 전지로 이동한다. 이때 전자가 이탈될 양극의 금속은 양으로 대전된 이온으로 변화되어 전해 용액 즉 도금 용액 속으로 용해되어 진다.

또한 전지를 거쳐 음극에 도달한 전자는 용액 속에 녹아있는 금속의 양이온과 중화에 의하여 다시 금속으로 환원되면서 기판상에 부착된다. 전해 용액내에 금속 양이온의 음극으로의 이동은 음극 부근의 금속 양이온의 감소에 따라 주위로부터 농도차에 의하여 발생하며 이에 따라 발생하는 전류의 흐름은 전장을 형성하여 양이온의 음극으로의 이동에 기여하게 된다.

이러한 전기도금된 금속은 외관이 수려하고, 내 부식성, 내구성, 소지 금속과 유사한 특성을 가진다. 그러나 전기도금의 특징은 소지 물질이 반드시 전도성 물질이어야 한다는 점이다.

무전해 도금은 외부적인 전류원이 없이 단지 화학 반응에 의하여 도금하는 방법으로 도금되는 금속은 도금조내의 금속 이온으로부터 추출되어 진다. 도금조내의 금속의 양이온이 환원제의 존재하에 먼저 입혀진 금속을 촉매로하여 중화되면서 기판에 연속적으로 도금이 된다. 이러한 무전해 도금은 전기 도금에 비하여 전류밀도에 대한 의존성이 없으므로 균일하고, 우수한 품질의 도금이 가능하며 비 전도성 물질의 도금도 가능하다. 그러나 무전해 도금 기술로 도금이 가능한 물질은 특정한 물질로 제한되어진다.

5) 양극산화법(anodization)

양극 산화는 어떠한 물질을 전기 화학적 산화방법에 의하여 다른 물질로 변화시키는 것이다.

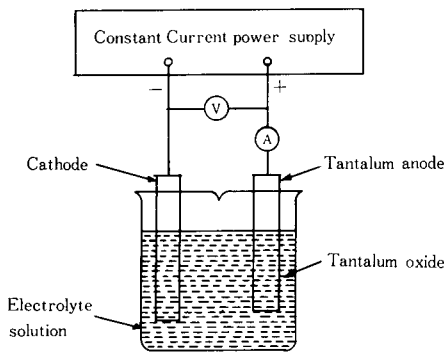


그림 6. 양극 산화의 개략도

이 기술은 주로 금속 산화물의 피막을 형성하는데 적용되어 박막 콘덴서용 유전체 형성, 혹은 저항 물질의 두께를 감소시킴으로써 저항값을 조절하고, 외부로부터의 화학적 부식이나 산화 방지를 위한 보호막을 형성하는데 기여한다.

기술의 개념은 기판상에 형성되어 있는 특정 금속 (valve metal)상에 산소나 수산이온을 공급할 수 있는 전해용액을 적용하고 일정 전류와 일정 전압을 공급할 수 있는 전원을 2개의 전극에 연결하여 음극은 전해 용액내에 잠기게 하며, 양극은 금속의 양극에 연결하여 전원을 인가하면 양극에서 금속의 산화물이 형성된다. 이때 전해질 용액내에 석출되는 금속의 양이온이 전해 용액에 용해되는 경우 불연속적이고, 다공성의 결정질 막이 형성되며 이러한 막은 전류에 대하여 낮은 저항값을 나타낸다. 그러나 금속의 양이온이 전해용액에 용해되지 않고 직접 산소나 수산이온과 반응한다면 연속적이고 높은 저항값을 갖는 비결정질 막을 형성하게 된다.

이러한 차이는 양극 산화시 전극의 전위차 및 전해용액의 PH에 의존한다. 그러나 Ta인 경우에는 거의 전 PH영역에서 일반적인 전해용액에 용해되지 않는다. 다공질의 막은 치장이나 보호용 막으로 우수하나 콘덴서용 막으로는 더욱 치밀하고, 비결정질의 막이 더 유용하다.

2. 회로 형성기술(pattern generation)

1) 사진 공정(photolithography)

각종 회로기판의 제조공정에 있어 사진기술은 매우 폭넓게 적용되고 있으며 특히 박막 FIC 제조공정에서는 설계자의 회로 구상을 기판으로 전이시키는데 핵심적인 기술이다.

사진 공정에서 사용되는 감광제(photoresist)는 특정 광원에 노출되면 그 분자구조의 변화가 유발되어 광원에 노출된 부분과 노출되지 않은 부분을 선택적으로 분리하여 제거가 가능한 물질로서 광원에 노출된 부분이 현상용액과 접촉하여도 제거되지 않고 남는 음성 감광제(negative photoresist)와 광원에 노출된 부분이 현상용액에 접촉되어 제거되는 양성 감광제(positive photoresist)로 분류된다.

감광제는 일반적으로 막을 형성하는 다중체(film-forming resin), 광원의 광에너지를 직접 수용하여 사진 반응을 유발시키는 감응제(sensitizer or photoinitiator), 다중체와 감응제를 용해하여 저장과 운반 및 공정의 용이성을 도모하기 위한 용제(solvent), 기타 부수 첨가물(additives)로 구성된다.

음성 감광제는 기본적으로 미결합 고리를 가지고 있으나 광원에 노출되면 이러한 고리들이 상호 결합이 이루어지면서 중합 반응(polymerization 혹은 cross-linking)을 일으켜 접착력, 내 화학성, 경도 등이 증진되어 특정 용제(현상 용액)에서의 용해도를 감소시킨다.

양성 감광제는 기본적으로 유기 용제(organic solvent)에 쉽게 용해되는 물질이나 광원에 노출되면 orthoquinone-diazide가 carboxylic acid내에서 존재할 때 발생하는 연속적인 가수분해와 재 배열에 의한 사진 화학적 분해에 의하여 수용성 알칼리 용액에 용해되도록 변화한다. 양성 감광제의 이러한 변화는 음성 감광제에 비하여 용해도의 변화가 크지 않으므로 현상 공정에서의 조건 조절이 매우 중요한 요인이 된다.

이러한 감광제를 이용하여 기판으로 회로를 전이시키기 위하여는 다음과 같은 기본 공정을 거쳐야 한다.

먼저 감광제를 도포하는 coating, 유동성이 있는 감광제의 취급을 보다 용이하게 하고, 광원의 광에너지가 보다 효과적으로 전달이 되도록 하기 위한 pre bake(soft bake), 회로가 형성된 마스크를 적용하여 광 방출 장치에 의하여 선택적으로 광 에너지를 감광제에 전달하는 노출(expose), 감광된 기판의 잠재된 회로형상을 현상용액에 의해 선별 분리해 내는 현상(develop), 후공정에서 사용될 화공약품에 대한 내화학성, 경도, 접착력의 증진을 가져오는 post bake(hard bake), 도금이나 식각 공정이 진행된 후 잔존하는 기판내의 모든 감광제를 제거하는 strip 공정이다.

2) 식각 공정(etching)

박막 FIC 제조상의 식각 기술은 크게 2가지로 분류된다. 그것은 액상의 화공 약품을 직접적으로 적용하여 식

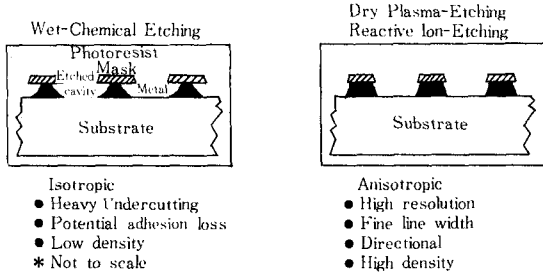


그림 7. 습식 및 건식 식각의 상호 비교

각하는 습식 식각(wet etch)과 플라즈마상의 이온 혹은 가스 상태의 화학 반응을 이용하는 건식 식각(dry etch)이다.

습식 식각은 식각용액을 금속이 도포된 기판의 표면에 분사(spray)나 담금(dipping)에 의하여 접촉시킴으로써 금속을 용해하여 제거하는 방법으로 장비의 투자비용이 적어 적용이 매우 용이하나, 매우 부식성이 높고 위험한 용액의 사용으로 관리상에 상당한 주의가 요구되며 정확한 언더 컷(under-cut)조절이 어렵고, 미세 회로의 균일한 선포 유지에 한계를 갖는다.

건식 식각은 식각될 금속이 부착된 기판에 감광제로 회로부분이 보호된 상태에서 장비 내에 위치시키고 장비 내부를 진공 상태로 감압한 후 적정 가스를 주입하고 RF 혹은 D.C 전원을 인가하면 내부에는 플라즈마 상태로 전환 글로우 방전이 형성되면서 가스 분자의 이온화가 발생하며 이때 형성된 이온이 금속과의 화학 반응을 일으키거나 혹은 스퍼터링에 의하여 기판으로부터 금속을 분리 제거하는 기술이다.

이러한 건식 식각에는 금속과 플라즈마 상의 가스 이온과 화학적인 결합을 유도하여 gas상태로 제거하는 플라즈마 식각방법과 argon가스의 스퍼터링을 이용한 스퍼터 식각이 있다. 건식 식각의 장점은 습식 식각에 비하여 언더 컷 조절 및 안전성, 미세회로의 균일한 선포 조절상의 잇점이 있다.

3. 저항값 조절 기술

박막 FIC 제조시 형성되는 저항소자는 설계된 회로에 의하여 제조 공정중에서 전이되어 막 저항이 형성된다. 그러나 회로 형성시 사진 공정에 의하여 제조 완료된 저항소자는 요구하는 저항값의 정밀도는 사진 기술 혹은 저항 막 형성 기술, 그밖의 제조상의 공정 조절의 한계로 성취되어지기 어렵다.

이러한 이유로 막 저항은 막의 안정도가 보장된 상태

에서 회로의 형태상의 변화를 유발함으로써 요구되는 저항값 및 정밀도의 조절이 이루어진다.

일반적인 박막은 레이저를 적용하여 금속을 용해 및 증발시킴으로써 회로상의 일부 즉 선포를 감소시키거나 저항회로의 길이를 증가시킴으로써 이루어진다.

레이저로는 보통 YAG(nodymium-doped yttrium aluminium garnet 결정) 레이저가 사용되며 이는 CO₂ 레이저보다 빔 폭이 가늘고 기관에 대한 영향이 작기 때문이다. 경우에 따라 helium-neon 레이저도 적용이 가능하다.

4. 소자 형성 기술

1) 콘덴서(capacitor)

콘덴서는 2개의 전극 사이에 적절한 유전체를 삽입하여 정전 용량을 갖도록 한 소자로서 박막 FIC의 기술로 제조되는 콘덴서는 사용되는 유전체의 종류에 따라 SiO 콘덴서, Ta₂O₅ 콘덴서, MnO₂-Ta₂O₅ 콘덴서, SiO-Ta₂O₅ duplex 콘덴서, 유기 폴리머 콘덴서등으로 분류된다.

SiO 콘덴서는 보통 Al을 전극으로 사용하여 SiO를 약 5000 Å 정도 증착하여 제조되며, 정전 용량의 면적 밀도는 0.01~0.0018 μF/cm² 정도이며 콘덴서의 온도 계수는 40%의 상대습도에서 +100~+200 PPM/°C 정도이다. 그러나 SiO 콘덴서는 제조시 증착 막 자체내의 Si, SiO, SiO₂의 함량 조절이 매우 어렵다.

Ta₂O₅ 콘덴서는 Au를 전극으로하여 Ta를 5000 Å 증착한 후 양극산화법에 의하여 Ta₂O₅ 2000 Å 정도 형성시켜 제조된다. 정전 용량의 면적 밀도는 0.1 μF/cm² 정도이며, 콘덴서의 온도 계수는 +170~+250 PPM/°C 정도이다.

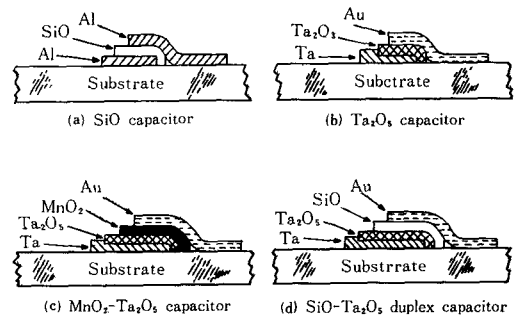


그림 8. 박막 콘덴서의 종류

MnO₂-Ta₂O₅ 콘덴서는 추가적인 전극으로 MnO₂를 Ta₂O₅ 상에 증착시켜 제조된다. 기본 특성은 Ta₂O₅ 콘덴서와 거의 유사하나 MnO₂에 의한 self-healing 특성으로 정전 용량의 밀도, 수명의 안정성(life stability), 초기 수율(intial yield)을 증진시킬 수 있다.

SiO-Ta₂O₅ duplex 콘덴서는 Ta₂O₅ 콘덴서의 고 정전 용량의 밀도로 인한 저 용량 콘덴서의 제조시 문제점을 해결하기 위하여 Ta₂O₅ 상에 저 정전 용량의 밀도를 갖는 SiO 를 진공 증착하여 제조된다. 그러므로 SiO-Ta₂O₅ duplex 콘덴서는 Ta₂O₅ 콘덴서의 기본적인 특성을 가지며 저 용량의 콘덴서를 제조하기에 적당하다. 이러한 SiO-Ta₂O₅ duplex 콘덴서의 정전 밀도는 0.002~0.02 μF/cm² 정도이다

유기 폴리머 콘덴서는 유전체로서 유기 폴리머 보통은 parylene을 사용한다. 유기 폴리머는 전극상에 증발에 의한 증기상태의 monomer 를 응축 시킴으로써 도포한 후 자외선이나 열에 의하여 중합 반응을 유발 시킴으로써 형성된다. 그러나 이러한 유기 폴리머 상단에 증착되는 전극의 접착력이 약한 것이 단점이다. 또한 유기 폴리머의 정전 밀도는 0.00025~0.025 μF/cm² 정도이며, 온도 계수는 -50℃ 에서 +100℃ 까지 -200 PPM/℃ 정도로 나타난다.

2) 저항 (resistor)

박막 FIC에서의 저항의 형성은 기판상에 전도성 물질의 박막 형성 이전에 먼저 저항 물질의 박막을 형성함으로써 전도선 형성 공정 후 사진 식각 공정에 의하여 별도 제조된다.

박막 FIC에서의 저항 물질의 막 저항(sheet resistance)은 증착시 증착된 막의 균일성을 고려한 최소 두께 및 생산성을 고려한 최대 두께를 고려하여 설계시 특정 범위내에서 사전 결정된다.

박막 저항은 사용되는 저항 재료에 따라 Cr 저항, Ni-Cr 저항, SnO₂ 저항, Cr-Si-O 저항, Ta₂N 저항등으로 분류된다.

Cr은 고 저항율과 우수한 내화학성의 특성 때문에 저항 재료로서 가장 먼저 적용 되어졌다. Cr 막은 기본적으로 다른 막과의 접착력이 우수하며 -100℃ 에서 +100℃ 까지 3000 PPM/℃ 20℃ 에서 13 μΩ.cm 이다.

Ni-Cr 합금은 보통 80%의 Ni과 20%의 Cr 으로 스퍼터링 및 진공 증착되어 형성된다. Ni-Cr 합금은 우수한 접착력, 저 저항 온도 계수를 가지나 증착시 Ni 에 의한 텅스텐 선의 손상, 고 습도에서의 불안정 등의 문제점을 가지고 있으며 보통은 Ni-Cr 막이 형성된 후 SiO 나 SiO₂ 에 의하여 히메틱칼 쉘링을 함으로써 저항체의 안정성, 낮은 습기 민감성(moisture sensitivity), 낮은 전압 및 잡음(noise) 계수의 특성을 보장할 수 있다. 또한 Ni-Cr 저항은 25~300 Ω /sq. 의 막 저항 및 0±50 PPM/℃ 의 특성을 나타낸다.

SnO₂는 절연체이지만 산소가 부족한 상태에서는 반도체 처럼 작용한다. 이는 수용성인 tin tetrachloride 를 500~800 ℃ 로 기판을 가열한 상태에서 기판에 분사시킨후 antimony 와 같은 donor를 주입하여 형성시킨다. 이러한 donor 는 막의 안정성을 증진 시키며, 낮은 저항 온도 계수를 갖게 한다. 전형적인 SnO₂의 저항 온도 계수는 0±250 PPM/℃ 이다.

Cr-Si-O는 서-멧(Cermet : ceramic+metal)의 일종으로 Cr과 SiO의 혼합 분말을 이용 flash증착에 의하여 증착된다. 서-멧은 일반적으로 고온에서의 안정성이 우수하고, 기계적인 강도가 우수하다. 전형적인 Cr-Si-O 막의 막 저항은 30~1000Ω /sq.이며 저항 온도 계수는 -50PPM / ℃이다.

Ta₂N은 스퍼터링에 의해 Ta 박막을 형성할 때 질소 가스의 주입을 통하여 제조된다. 이러한 Ta₂N막은 전기적 특성이 Ni-Cr막의 특성과 매우 유사하나 열적으로나 화학적으로 더 안정하다. 전형적인 Ta₂N막의 막 저항은 100Ω /sq 이며 저항 온도 계수는 -75±50PPM / ℃이다.

5. 기타 회로 형성 기술

1) 교차선(cross over 혹은 cross under) 형성기술

두 전도선 간에 상호 접촉됨이 없이 입체적으로 교차하도록 하여 기판상의 배선 밀도를 높이는 기술을 말하며 교차되는 배선을 크로스 오버 혹은 크로스 언더라고 정의한다.

박막 FIC 제조상에서 이러한 입체적인 구조의 형성을 위한 절연층의 형성은 후막에 비해 매우 제한 되어진다. 그러므로 설계시 이러한 교차점이 가능한 한 많지 않도록 고려되어 진다. 그러나 회로의 집적도가 계속적으로

표 1. 박막 저항재료의 종류

Type	Examples
Metal	Tantalum
	Chromium
	Nickel
Alloy	Nickel-chromium(nichrome)
	Cobalt-chromium
	Tantalum-tungsten
Cermet	Silicon monoxide-chromium
Metal compounds	Tantalum nitride

증진되어 교차선 형성 기술은 날로 그 중요성을 더해가고 있다.

박막 FIC에서는 이러한 문제를 다음과 같은 몇가지 방법으로 해결하고 있다.

첫번째는 금속선이나 금속리본을 이용한 직접적인 교차선 형성방법이다. 이 방법은 접촉되지 않아야 할 전도선 위로 금속선이나 금속리본을 이용 열 압착 본딩에 의하여 교량과 같은 입체 구조를 형성하는 방법이다. 이러한 방법은 스티치 본딩이라고 정의하며 교차점의 수가 적은 경우는 유용하나 다수의 교차점 형성에 있어서는 생산성의 문제가 유발된다.

두번째 방법은 별도의 기판상에 교차선을 형성한 후 교차선이 필요한 원 기판과 정렬하여 다량의 교차선을 동시에 고압력 열 압착을 통하여 부착하는 방법으로 뱃치 본딩이라고 불린다. 이러한 방법은 교차선 형성을 위하여 별도의 기판 제조 공정이 필요하며, 회로의 설계시 많은 제한점을 가지게 되며, 두 기판의 정렬 및 접합 공정의 조절이 매우 힘들다.

세번째 방법은 박막 소자 금속을 증착한 후 사진, 도금 및 식각 공정을 통하여 금속 교량을 제조하는 방법이다. 이를 도금된 교차선이라고 정의하며 생산상의 수율이 매우 낮으며, 일반적으로 교차선으로 사용되는 금의 소모가 많다.

네번째 방법은 후면을 이용한 방법으로 레이저에 의하여 쓰루 홀을 형성하거나, 외부 리드선을 이용하여 기판 재료를 절연층으로 이용하는 방법이다.

다섯번째로는 후막 회로 형성 기술인 스크린 인쇄를 통하여 후막 도체 및 절연체를 인쇄한 후 이를 교차선으로 하여 후에 형성되는 박막과 연결함으로써 구성된다.

마지막으로 유기 절연층을 하단 배선층상에 도포한 후 사진 식각 공정에 의하여 쓰루 홀을 형성하여 유기 절연층 상단에 형성되는 상단 배선층과 연결하는 다중층 배선구조 형성 기법이다. 이러한 유기물질은 보통 폴리이미드 계열의 재료가 사용된다.

III. 박막 FIC 제조기술 동향

박막 FIC는 제조기술상 극복해야 할 몇가지 문제가 있다. 박막 기술로 적용이 용이한 적정 두께로 우수한 특성을 갖는 개발된 유전체의 수가 제한되어 있어 후막에 비해 다중층 배선 형성이 곤란하고, 후막에 비해 저항체의 저항율이 낮아 고저항 형성시 집적도에 영향을 주며, 고가의 재료를 사용하고 높은 투자비용으로 인한 높은 가격이 그것이다.

현재 많은 박막 기술 보유 업체들은 이러한 문제점을 해결하여 저가격, 고밀도, 고특성을 성취하고자 노력하고 있으며, 이를 통하여 후막 제품과의 경쟁력 강화에 노력하고 있다.

고밀도의 제품을 위하여 자외선보다 더 미세 회로 형성에 유리한 우수한 감광원 즉 전자빔이나 X-선을 이용한 사진공정이 점차 확대 되어지고 있으며, 습식 식각 보다는 플라즈마, 스퍼터링 기술을 이용한 건식 식각 방법을 선호하고 있다. 또한 세라믹 기판 제조기술의 발달로 순도가 높고, 보다 평탄한 기판의 사용 및 기판 표면의 연마 혹은 클레이징 처리를 함으로써 보다 미세회로의 형성능력을 증진시켜 나가고 있다.

다중층 형성기술은 박막 FIC의 또 다른 고밀도 FIC 제조기술이다. 저온 소성 유기 절연층이 개발되어 사용중에 있으며, 최근에는 별도의 감광제 사용이 불필요한 감광성 절연재료의 개발로 다중층 형성이 보다 용이해졌다. 그러나 재료의 가격이 비싸고, 박막 재료와의 접착력, 특성적으로 유리하지 못하여 새로운 재료 개발의 노력이 계속되고 있다.

고저항 소자의 형성을 위한 노력으로서는 고 저항을 저항재료로서 서-멧(cermet) 재료가 개발되어 보편화되고 있으며 현재는 최고 막 저항율이 500Ω/sq. 정도이다. 최근에는 별도의 기판에 후막 재료를 이용하여 저항 회로를 형성한 후 박막 기판과 연결하는 방법이 사용되고 있으나 이 경우는 박막 저항의 고안정성, 고신뢰성의 잇점은 배제되어 진다.

또한 저가격 FIC를 위하여 박막에서 전도체 혹은 보호층으로 주로 사용되는 금의 사용을 알루미늄이나 동으로 대체하고 생산의 자동화, 생산성 향상을 통한 원가의 절감 노력이 병행 추진되고 있으며, 설계의 표준화를 통한 개발기간 단축으로 경쟁력을 강화해 가고 있다.

그밖에 적용성의 확대를 위하여 기판 재료의 개발이 다양하게 이루어지고 있다. 일반적으로 사용되고 있는 순도 99.5% 이상의 알루미늄 기판과는 별도로 절연 저항 및 열전도성이 우수하여 고 전력용 제품 제조용으로 베릴리아(beryllia: BeO) 기판이 개발되어 사용되고 있으나 값이 비싸므로 보편화되지 못하고 있다.

질화 알루미늄(aluminium nitride: AlN) 기판과 실리콘 카바이드(silicon carbide: SiC) 기판이 베릴리아 기판과 열 전도성이 유사하고 전기적인 특성은 알루미늄 기판과 유사하며 가격이 비교적 낮아 새로이 각광을 받고 있다. 그밖에 유리기판이 미세 회로 형성을 위하여 적용 되어지기도 한다.

향후 박막과 후막의 FIC 기술은 상호 기술적인 장·

단점을 보완하면서 새로운 재료 및 기술의 개발을 통하여 그 경쟁력 및 시장을 확대해 나아갈 것이며, 단일 기관 상에서 기술이 동시 적용되어 보다 고밀도, 고품성, 저가격의 제품을 제조하는 새로운 기술의 개발이 예상된다.


IV. 결 론

박막 하이브리드 IC용 FIC 제조기술은 박막 하이브리드 IC시장의 급속한 증가에 따라 최근 그 관심이 높아지고 있으나 국내에서는 기술의 복잡성, 높은 투자 비용으로 기술 개발 및 경쟁력 있는 신 제품의 개발이 어렵고 기술 보유 업체가 적어 기술수준 향상 속도가 비교적 낮은 실정이다.

그러나 성장하고 있는 국내 반도체 산업의 성장은 소요 자재의 조달을 용이하게 할 뿐만 아니라 반도체 제조기술과 그 맥을 같이 하고 있는 박막 FIC 제조기술의 성장을 유도하게 될 것이다. 고기능 소자의 출현 및 제품의

고집적화는 박막 FIC의 수요를 증가시키고 있어 향후 보다 많은 기업이 참여할 것으로 기대되어진다.

參 考 文 獻

- [1] R.W Berry, P.M Hall & M.T Harris, *Thin Film Technology*, D.Van Nostrand Company, Inc., Princeton, New Jersey, 1968.
- [2] J.J Licari & L.R Enlow, *Hybrid Microcircuit Technology Handbook*, Noyes Publications, Park Ridge, New Jersey, 1988.
- [3] W.S DeForest, *Photoresist Materials and Processes*, McGraw-Hill, Inc., 1975.
- [4] John Dyslin, "Steady growth seen for hybrid market", *Hybrid Circuit Technology*, vol. 6, no. 12, pp. 27-30, Dec. 1989.
- [5] 李 濬, 厚膜 및 薄膜 하이브리드 마이크로 회로 技術, *Proceedings of The 3rd Korea-Japan Seminar on New Ceramics*, pp. 237-255, Dec. 1986. 

筆 者 紹 介



朴 泰 奎

1959年 5月 20日生

1982年 2月 한양대학교 무기재료공학과 졸업

1984年 8月 ~ 1986年 3月 금성반도체 HIC 공정 기술 담당

1986年 3月 ~ 1989年 2月 금성반도체 HIC 개발 담당

1990年 4月 ~ 현재 금성정보통신(주) 부품 생산과장