

HEMT소자 공정 연구

(Part I. 금속박막 형성을 위한 Lift-off 공정 연구)

A Study on HEMT Device Process

(Part I. Lift-off Process for the Metallization)

李鍾覽*, 朴盛鎬*, 金鎮燮*, 馬東星*

(Jong Lam Lee, Sung Ho Park, Jin Sup Kim, and Dong Sung Ma)

要 約

갈륨비소 관련소자의 금속박막 형성을 위한 리프트 오프(lift-off)공정에 관해서, 광 리소그라피 기술을 이용하여 감광막의 overhang 구조를 달성하고자 하는 연구를 하였다. S1400-27 단층 감광막의 노광을 위해 8.5 mJ/cm^2 의 에너지와 300nm의 파장을 갖는 자외선 광원의 광 접촉정렬기가 사용되었다. Overhang의 두께는 모노클로로벤젠에 담금시간과 직선적 비례관계를 보였으며, softbake 온도가 높을수록 적정의 담금시간이 길어졌다. 낮은 softbake 온도, 긴 모노클로로벤젠 담금시간, 그리고 적은 노광에너지 등의 조건은 감광막현상의 진행을 느리게 하였다. 감광막현상의 측벽과 증착된 금속박막 끝단과의 완벽한 단락을 이를 수 있는 양호한 overhang 구조를 달성하면서도, 목표로 한 감광막의 선 폭을 재현할 수 있는 최적의 공정조건은 $64\text{-}74^\circ\text{C}$ 사이의 softbake 온도, 10-15분 정도의 모노클로로벤젠 담금시간 70-100초 사이의 자외광 노광시간, 그리고 50-80초 정도의 현상시간인 것으로 분석되었다.

Abstract

The overhang structure of photoresist in optical lithography was studied for the metallization of GaAs-related devices throughout lift-off method. Optical contact aligner with a dose of 8.5 mJ/cm^2 and with a wavelength of 300nm was used for ultraviolet exposure of single layer of S1400-27 photoresist. The overhang thickness shows a linear relationship with the soaking time in monochlorobenzene, which its magnitude becomes high at elevated softbake temperature. Such process conditions as a low softbake temperature, a long monochlorobenzene soaking time and a little exposed energy make the development rate of photoresist lower. The optimum process conditions to obtain a target line-width, which include an appropriate overhang structure such as complete separation between the sidewall of photoresist pattern and the deposited metal edge, are determined as the softbake temperature of $64\text{-}74^\circ\text{C}$, the monochlorobenzene soaking time of 10-15min, the ultraviolet exposure time of 70-100sec and the development time of 50-80sec.

*正會員, 韓國電子通信研究所 化合物半導體研究部

(Compound Semiconductor Department, ETRI)

接受日字 : 1989年 7月 10日

(※ 본 연구결과는 '88년도 과학기술처 특정연구비로
수행한 연구결과의 일부임.)

I. 서 론

실리콘 MOS 트랜지스터의 경우, 소자의 집적도가 그다지 높지 않았던 과거에는 도핑된 다결정 실리콘을 게이트 전극으로 많이 사용하였지만, 점차 소자의 설계규칙이 미세화되면서 다결정 실리콘보다는 전기

적 비저항값이 훨씬 낮은 천이형 금속이 많이 사용되기 시작했다. 또한 갈륨비소 반도체소자의 경우는 오음성 접촉특성이 좋은 AuGe/Ni/Au 같은 다층 금속박막이 선호되고 있다.^[1]

회로설계에 따라 금속막의 형상을 형성하기 위해 서는 예를 들면 다결정 실리콘이나 알루미늄의 경우에는 포토 레지스트(PR)를 마스크층으로 사용하여 산이나 알칼리같은 습식 식각방법, 혹은 좀 더 미세한 형상의 경우에는 반응가스의 플라즈마를 이용하는 건식 식각방법에 의해서 가능하였다. 그러나 천이형 금속이나 기타 오음성 전극재료는 습식 식각방법에 의해서는 형상재현이 불가능하고, 플라즈마 식각방법을 사용하려면 매우 높은 에너지를 갖는 이온의 스퍼터링 효과에 의존해야 하는데, 이것은 과도한 식각이 생길 경우 금속박막 아래에 존재하는 활성화 소자에 심한 손상을 미치게 되므로 그 사용이 제한된다. 따라서 이러한 경우에 정밀한 리프트 오프(lift-off) 기술에 의해 식각이 어려운 금속박막의 복잡한 배선구조를 신뢰성있게 재현할 수 있다.

리프트 오프의 공정에 의한 금속막의 형성은 1960년대에 전자선 리소그라피 기술의 출현과 함께 개발이 시작되었다. 기판상에 마스크 재료로서 사용되는 감광막(포토 레지스트)에 침투된 전자선 감광막 내부에 전자산란을 일으키며 기판 표면에서 역산란(back-scattering)이 되어 감광막 내부에서의 에너지 흡수분포는 T 형태를 나타내고, 따라서 현상(development)을 하면 감광막의 돌출(overhang) 형상이 가능해진다. 그러나 일반적으로 광 리소그라피에서 사용되는 포지티브(positive) 감광막을 광 자외선(optical UV)에 노출시킨 경우, 감광막의 내부로 침투된 광에너지에는 침투깊이가 커질수록 그 에너지를 앓게 된다. 따라서 광 에너지는 감광막의 표면 부위에서 가장 많이 흡수되고, 감광막과 기판사이의 계면에서 가장 적게 흡수되며, 또한 기판에서 반사된 빛에 의해서 정상파(standingwave) 효과가 발생하기 때문에, 적절한 감광막의 돌출구조나 수직한 감광막 형상을 얻는 것이 용이치 않다.

그밖에 기판과 감광막사이에 산화막을 추가로 사용하여 리프트 오프 공정을 진행하는 경우에는 산화막형성 및 제거 등과 같은 공정단계의 추가로 인한 생산고(throughput)의 저하뿐만 아니라, 산화막과 반도체 기판의 직접 접촉에 의한 응력발생 때문에 전위와 같은 격자결합등이 발생할 수 있고, 반도체 표면 상태가 변화될 수 있으므로, 차후의 소자의 전기적 특성에 나쁜 영향을 미칠 우려 또한 무시할 수 없다. 특히 GaAs등과 같은 화합물반도체인 경우 표면특성이

소자특성에 매우 민감한 영향을 주기 때문에 산화막을 이용한 lift-off 방법은 부적합한 것으로 생각된다. 따라서 GaAs 관련소자를 제작하기 위해서는 단층 감광막에 의해 형성된 overhang에 의한 lift-off 방법이 바람직하다.

1980년대 초 미국의 IBM과 Tektronix 사에서 감광막에 의한 lift-off 공정기술을 실리콘 고집적 소자의 금속배선에 응용하기 위하여, monochlorobenzene(MCB), toluene, fluorobenzene, kerosene 등을 사용하여 감광막 표면을 경화시킴으로써 overhang 구조의 최적화를 위한 연구를 진행한 바 있으나, 이를 재현할 수 있을 정도의 자세한 공정내역은 공개치 않았다.^[2-4]

이상의 lift-off 공정기술은 HEMT(High Electron Mobility Transistor)와 같은 갈륨비소 관련소자의 제조공정중 오음성(ohmic) 금속배선의 형성에 필수적인 기술적 과제이기 때문에, 본 연구에서는 overhang 구조 형성시 고려되는 중요한 공정변수들을 체계적으로 변화시켜 광 리소그라피 공정에서의 적정overhang 형성과정 및 형상변화에 관해 조사하였다.

II. 실험

그림 1은 본 실험에서 조사된 overhang 구조 형성 공정의 흐름도이다. 반도체 기판위에 점도가 18cst인 Shipley 1400-27 용액을 떨어뜨린 후, 반도체 기판을 5500rpm의 회전속도로 30초동안 회전시켜, 감광막을 1.1 미크론(μm) 두께로 균일하게 도포시키고, 도포된 감광막을 강화시키기 위하여 54°C에서 95°C사이의 오븐(oven)에서 15분동안 열처리(annealing)하였다 (그림 1-(a)). 감광막을 구성하는 요소중 광민감 원소(photo-active element)를 파괴하여 변형된 감광막 층을 형성시키기 위하여 모노클로로 벤젠(monochlorobenzene)에 5분에서 20분동안 담그었으며, 이어서 모노클로로 벤젠 처리시 약화된 감광막의 강도를 회복하기 위하여 90°C로 유지된 오븐에서 10분간 열처리하였다 (그림 1-(b)). 이후 크롬 마스크를 통해 70초에서 150초 사이의 시간동안 선택적으로 노광시켜, 감광막 위에 형상을 전사시킨다 (그림 1-(c)). 알칼리도가 0.30-0.32인 MF-354 현상용액에서 20초에서 100초 사이의 시간동안 현상시켜 overhang 구조를 형성시킨 후, 중류수(D.I. water)로 감광막 표면위의 현상용액을 제거시키고, 전조된 질소가스로 수분을 제거하였으며, 현상도중 약화된 감광막의 강도를 회복시키기 위하여 90°C로 유지된 오븐에서 10분동안 열처리하였다 (그림 1-(d)). 이와같이 형성된 overhang 구조는 주사전자현미경(scanning electron microscope)로 관찰되었다. 금속을 overhang 구조의 감광막위

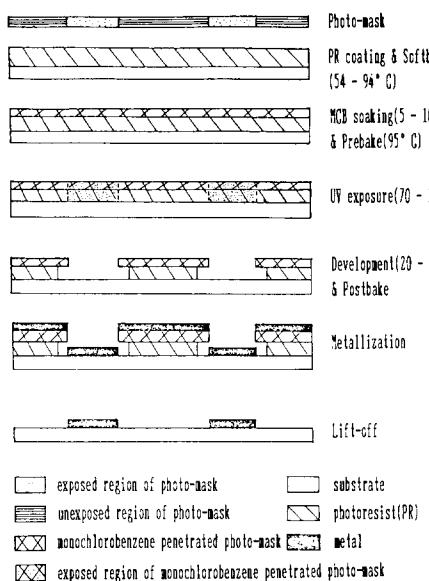


그림 1. 실패된 overhang 구조의 lift-off 전 (a) 과 lift-off 후 (b) 의 주사전자현미경 관찰사진 (Softbake온도 : 90°C, MCB시간 : 15분).

Fig. 1. Failed overhang structures before (a) and after lift-off (b) (Softbake temperature: 90°C, MCB time : 15min).

에 증착시키면, 돌출부 (overhang)에 의해서 금속배선의 단락이 생긴다(그림 1-(e)). 이후 아세톤과 같은 용매에 의해 감광막을 녹여낼 때, 반도체 기판상에 증착된 금속박막은 원래의 형상대로 기판상에 고착되어 있고, 감광막 위에 증착된 금속만을 제거하여 원하는 형상의 금속배선층을 얻을 수 있다(그림 1-(f)).

적절한 overhang 구조를 형성하는 실험 공정상의 변수로는 감광막의 종류, softbake 조건, 감광막의 표면을 경화시키는 물질의 종류 및 경화조건, postbake 조건, 노광시간(에너지) 및 현상조건 등이 있다. 이러한 실험변수들의 적절한 조합이 이루어지지 않을 경우 그림 2-(a)와 같이 좋지 못한 overhang 구조가 형성된다. 즉 감광막 패턴의 측면에도 금속막의 증착시에 금속이 약간 덮혀서 이후 감광막을 제거하더라도 그림 2-(b)에서 보는 것처럼 증착된 금속층의 모서리 부분이 기판상의 금속층과 연결된 채 공중에 떠 있어 금속층의 정확한 선폭조절이 불가능하고, 기판과 분리된 가장자리의 금속층 사이에 잔류할 수 있는 감광막이 증착된 금속층의 열처리시 기판 표면부위 및 금속층을 오염시켜 소자특성을 악화시킬 수 있을

뿐 아니라, 차후 또 다른 금속층을 증착시킬 때 배선단락의 중요한 원인이 될 수도 있다.

본 연구에서 감광막에의 형상 전사에는 85mJ/cm^2 의 노광에너지와 300nm의 파장을 가진 광접촉 정렬기(optical contact aligner)를 이용하였다.

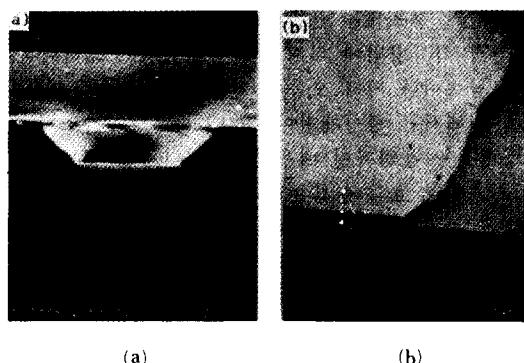


그림 2. Lift-off 공정순서

Fig. 2. Schematic drawing of lift-off process flow.

III. 결과 및 고찰

1. MCB soaking 시간의 영향

그림 3은 MCB soaking시간에 따른 overhang 형태의 변화를 보여준다. MCB soaking시간이 증가할수록 overhang의 두께 또한 증가하였다. 이것은 MCB soaking시간이 길어질수록 MCB의 침투깊이가 증가하며, 침투된 용매는 감광막 내에 포함되어 있는 광에 민감한 원소(photo-active element)를 파괴하여, MCB가 침투되지 않은 층보다 침투된 층에서의 현상이 느리게 진행되었기 때문이다. 따라서 MCB soaking 시간이 길어질수록 감광막의 적절한 선폭을 얻기 위한 현상시간은 길어진다.

그림 4는 SEM 관찰로부터 얻은 softbake온도 및 MCB 담금시간에 따른 overhang 두께(Z)의 변화이다. MCB 담금시간이 길어지거나 softbake온도가 낮아질수록 overhang의 두께는 증가하였다. 그림4에서 softbake 온도가 54°C인 경우 15분 이상의 MCB시간에 대한 결과가 나타나 있지 않은 데, 이것은 MCB 시간이 15분 이상 경과한 시편의 경우, 현상도중UV에 노출되지 않은 감광막이 기판과 분리되어 감광막 형상을 얻을 수 없었기 때문이다. 이와 같은 문제점은 softbake 시간을 본 연구에서 사용한 15분보다 더

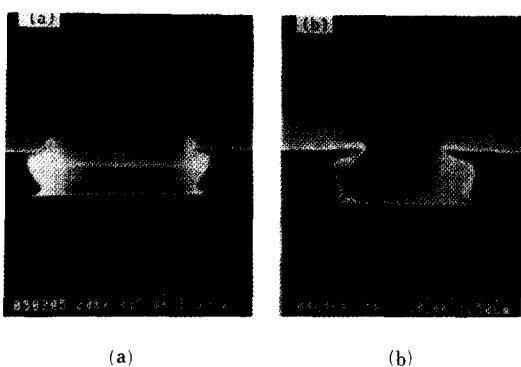


그림 3. MCB 처리시간이 5분(a)과 15분(b) 일 때의 overhang 구조 (Softbake 온도 : 74°C, 노광시간 : 70초)

Fig. 3. Overhang structures for MCB soaking times of 5min(a) and of 15min (b) (Softbake temperature : 74°C, exposure time : 70 sec.).

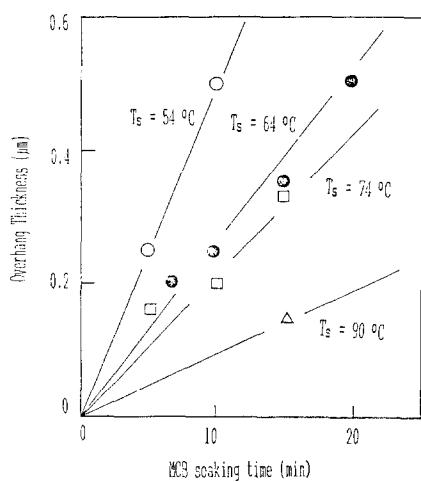


그림 4. MCB 담금시간과 softbake 온도에 따른 overhang 두께의 변화

Fig. 4. Variation of overhang thickness with MCB soaking time and with softbake temperature.

길게 함으로써 해결할 수 있으리라 생각된다.

그림 5는 MCB 시간 및 softbake 온도에 따른 overhang 길이(X)의 변화이다. MCB 담금시간이 길어질수록 overhang 길이는 증가하였다. 특이한 점은 softbake 온도가 54°C에서 74°C로 증가함에 따라 overha-

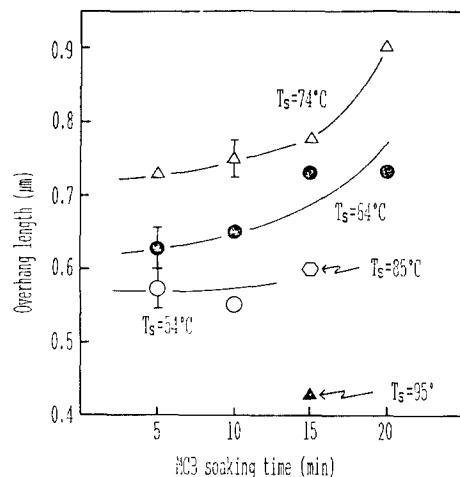


그림 5. MCB 담금시간 및 softbake 온도에 따른 overhang 길이의 변화

Fig. 5. Variation of overhang length with MCB soaking time and with softbake temperature.

ng 길이가 증가하다가, 이보다 더 높은 온도에서 감소한다는 것이다. 이것은 MCB 시간이 일정한 경우, softbake 온도가 높을수록 MCB의 침투깊이는 얕아지며(그림 4). 일정한 시간동안 현상할 경우, MCB의 침투깊이는 깊을수록 감광막의 현상속도가 감소하기 때문이다. 즉 softbake 온도가 높은 경우, MCB의 침투깊이는 softbake 온도가 낮은 경우보다 얕기 때문에, 그 결과 감광막의 현상이 빠르게 진행되었기 때문이다. 그러나 softbake 온도가 더욱 증가하면(85°C-95°C), MCB에 의해 변형된 층의 두께는 매우 얕아지며, 현상 과정동안 이 부분도 현상이 되기 때문에, overhang 길이는 다시 얕아지게 된다(그림 2-(a)).

그림 6은 MCB 시간이 15분일 경우, softbake 온도에 따른 overhang 길이의 변화이며, 이것은 위에서 설명한 내용을 뒷받침해 준다. 따라서 softbake 온도가 74°C보다 높은 경우, overhang 길이가 얕아지며, 이 위에 금속을 증착시키는 경우, overhang이 경사진 감광막의 측벽을 보호할 수 없기 때문에 그림 2-(b)와 같이 lift-off 시켰을 때, 증착된 금속이 기판과 분리된 모양을 보이게 된다. 따라서 금속증착을 위해 적절한 overhang 구조를 형성시키려면 74°C 이하의 softbake 온도를 사용하는 것이 필요하다.

2. Softbake 온도의 영향

그림 7에서 softbake 온도에 따른 overhang의 길이는 거의 변화하지 않은 반면, overhang의 두께는 얕

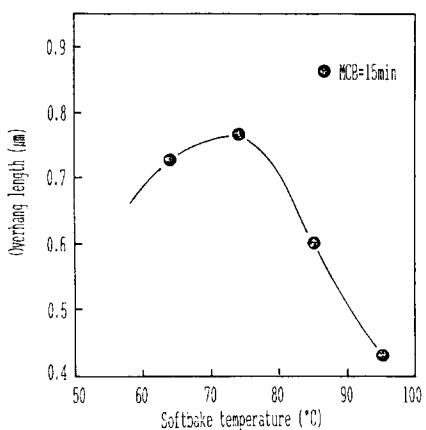


그림 6. Softbake 온도에 따른 overhang 길이의 변화(MCB시간 : 15분)

Fig. 6. Overhang length as a function of the softbake temperature (MCB time : 15min).

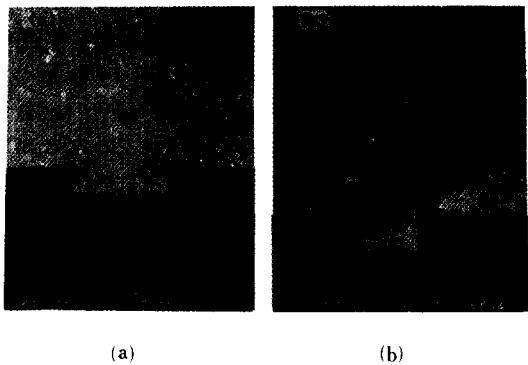


그림 7. Softbake 온도가 54°C (a) 와 64°C (b) 일 때의 overhang 구조(MCB 시간 : 10분, 노광 시간 : 70초)

Fig. 7. Overhang structures of softbake temperatures at 54°C (a) and 64°C (b) (MCB time : 10 min, exposure time : 70s 70 sec.).

아진다. 이것은 softbake 온도가 높을수록 감광막을 구성하는 분자의 결합밀도가 증가하여 감광막내로의 MCB 확산속도가 감소되었기 때문이다.

그림 8은 MCB soaking과 softbake 온도에 따른 Y/X의 변화이다. Overhang 길이(X)에 대한 감광막의 경사진 측면폭(Y)의 비를 알면 overhang의 형태에 대

한 정보를 쉽게 얻을 수 있다. 즉, Y/X가 작을수록 기판표면에 증착된 금속막과 감광막이 접촉할 확률이 줄어들게 된다. MCB soaking을 비교적 짧은 5분 동안 한 경우, overhang 두께가 그림 3과 같이 얇아진다. 여기에서 Y/X가 0.2 이하인 경우, 증착된 금속과 감광막 측면이 용이하게 분리되어 있기 때문에(그림 15), lift-off시 감광막 위에 증착된 금속을 쉽게 제거할 수 있었다.

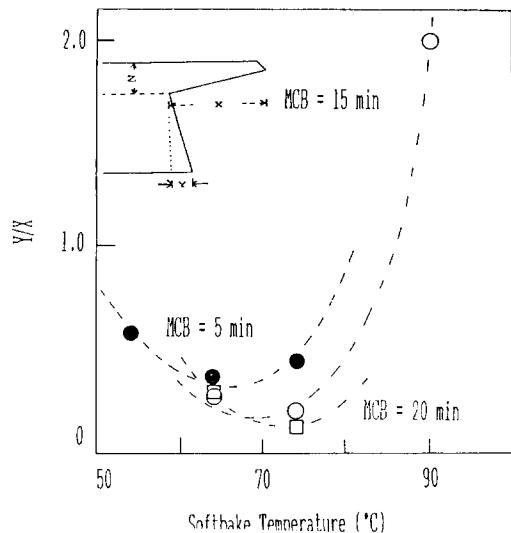


그림 8. MCB 담금시간이 서로 다를 때, softbake 온도에 따른 overhang 비(Y/X)의 변화

Fig. 8. Overhang ratio of Y/X as a function of softbake temperature with different MCB soaking time.

3. 현상시간의 영향

그림 9는 $2.8\mu\text{m}$ 의 선폭을 70초동안 노광시킨 후, 현상시간에 따른 overhang 구조의 변화를 SEM으로 관찰한 사진이다. 현상시간이 길어질수록 overhang 사이의 간격은 점차 벌어졌다. 여기에서 특이한 점은 현상시간이 20초인 경우, 감광막의 모서리 부분이 기판과 결합되어 있었으나, 현상을 30초동안 하였을 경우, 감광막의 모서리 부분이 기판과 약간 분리되었으며, 현상시간을 45초 이상 하였을 경우, 현상시간이 길어짐에 따라, 감광막의 모서리 부분이 기판과 분리되는 정도가 점차 심화되었다. 기판으로부터의 감광막 분리현상은 현상시간이 45초 이상인 그림 3 및 그림 7에서도 관찰되었다. 따라서 금속막 증착후 아세톤과 같은 용매에 담그었을 때, 아세톤이

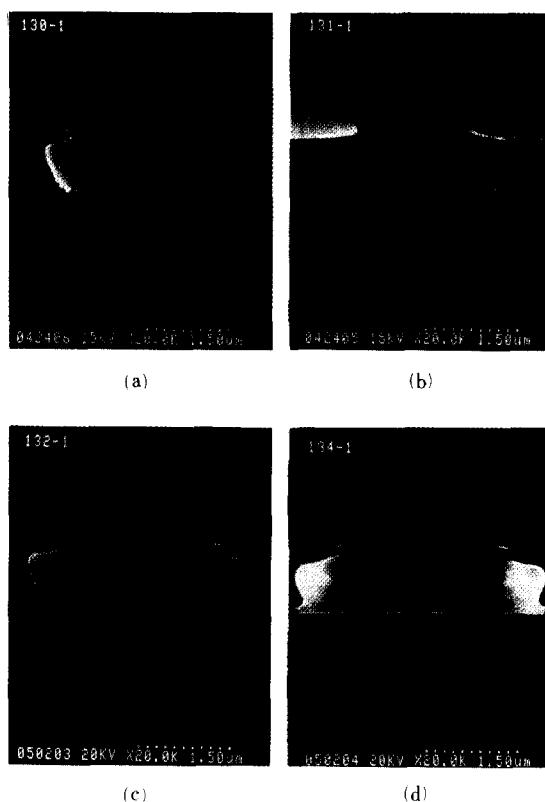


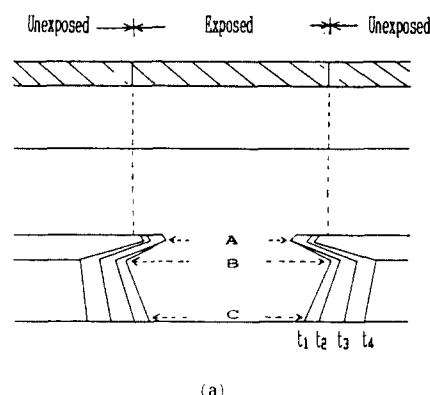
그림 9. SEM으로 관찰한 현상시간에 따른 overhang 구조의 변화(Softbake 온도 : 74°C, MCB time : 15분).

Fig. 9. Overhang structures at development times of (a) 20, (b) 30, (c) 45 and (d) 80 sec with constant softbake temperature (74°C) and MCB soaking time (15 min).

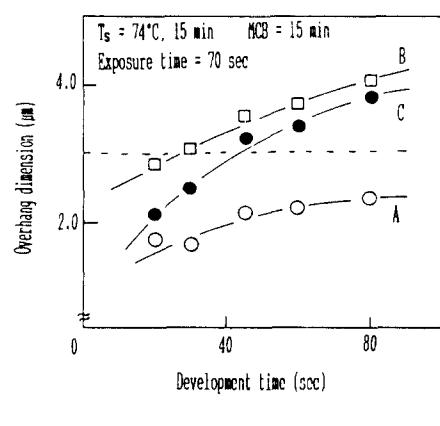
감광막의 분리된 부분으로 쉽게 침투될 수 있으므로 감광막위에 중착된 금속층을 용이하게 제거할 수 있었다.

그림 9를 실측에 근거하여 그림 10-(a)에 다시 표현하였다. 그림 10-(b)는 그림 10-(a)에서 정의한 hanging 사이의 거리(A), neck 사이의 거리(B), 그리고 폭 사이의 거리(C)의 현상시간에 따른 변화이다. B와 C의 부분의 감광막 현상은 A부분과 비교해 약 2배 정도 빠르게 진행되었다. 이것은 MCB에 의해 변형된 감광막에서의 현상이 변형되지 않은 감광막에서 보다 느리게 진행된다는 것을 뒷받침해 준다.

그림 11-(a)는 그림 9의 현상시간에 따른 overhang 구조 변화를 수치화하여 나타낸 결과이다. Overhang의 두께(Z)는 현상시간에 무관하게 변화하지 않은



(a)



(b)

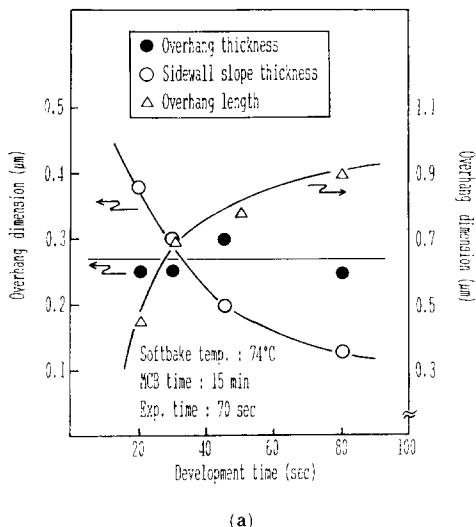
그림 10. (a) 실측에 근거한 현상 진행과정 ($t_1 = 20$ 초, $t_2 = 30$ 초, $t_3 = 45$ 초, $t_4 = 80$ 초, 노광시간 : 70초)

(b) 현상시간에 따른 overhang 선폭변화 (Softbake 온도 : 74°C, MCB time : 15분)

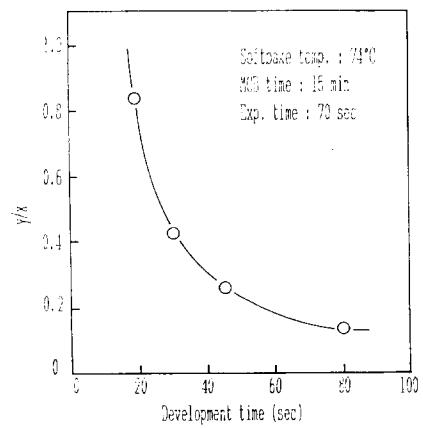
Fig. 10. (a) Development process steps based on an actual survey ($t_1 = 20$ sec, $t_2 = 30$ sec, $t_3 = 45$ sec, $t_4 = 80$ sec, Exposure time : 70 sec).

(b) Overhang linewidth control with development time (Softbake temperature : 74°C, MCB time : 15 min).

반면, 감광막의 측벽두께(Y)는 현상시간에 따라 연속적으로 감소하였으며, overhang 길이(X)는 증가하였다. 그림 11-(b)는 현상시간에 따른 Y/X의 변화인데, 현상시간이 길어질수록 Y/X는 연속적으로 감소하였고, 현상시간을 60초이상 시킨 경우, Y/X는 0.2 이하의 값을 보였다. 여기에서 주목할 만한 것은 현상을 80초시킨 시편의 경우도 그림 10-(b)에서 보는



(a)

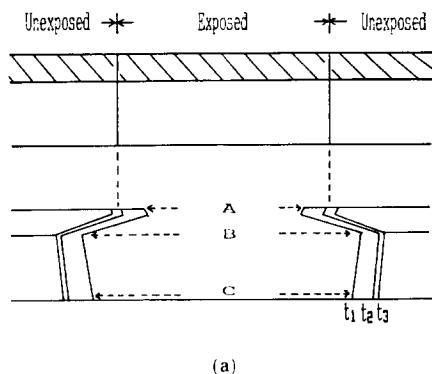


(b)

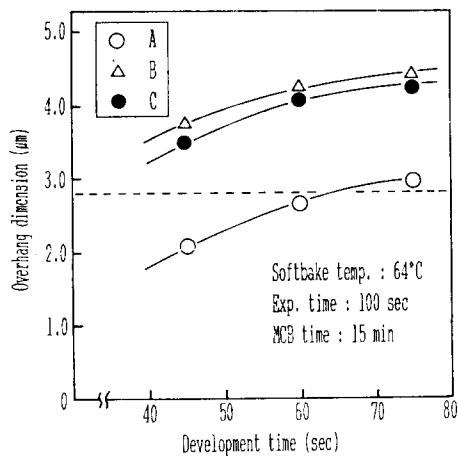
그림11. (a) 현상시간에 따른 overhang구조(X, Y, Z)의 변화
 (b) 현상시간에 따른 overhang비 (X/Y)의 변화

Fig. 11. (a) Overhang parameters, X, Y, Z, with development time.
 (b) Overhang ratio (X/Y) as a function of development time.

바와 같이 A의 길이가 UV에 노출된 선폭인 $2.8\mu\text{m}$ 에 미달된다는 것이다. 이것은 현상시간을 더 길게 하면 목표선폭인 $2.8\mu\text{m}$ 에 접근할 것으로 생각되지만, 이 경우 감광막의 강도가 약화되어 감광막이 손상될 우려가 있다. 따라서 본 연구에서는 광 노출에너지를 변화시키면서, 현상시간에 따른 선폭변화를 조사하였다.



(a)



(b)

그림12. (a) 노광시간이 100초 일 때, 실측에 근거한 현상 진행과정 ($t_1 = 45$ 초, $t_2 = 60$ 초, $t_3 = 75$ 초)

(b) 현상시간에 따른 overhang선풍 변화
 (Softabke온도: 64°C, MCB시간: 15분)

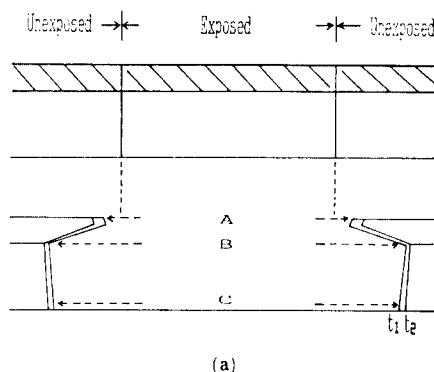
Fig. 12. (a) Development process steps at an exposure time of 100sec, based on an actual survey ($t_1 = 45$ sec, $t_2 = 60$ sec, $t_3 = 75$ sec).
 (b) Overhang linewidth control with development time (Softbake temperature: 64°C, MCB time: 15 min).

4. 광 노출 에너지의 영향

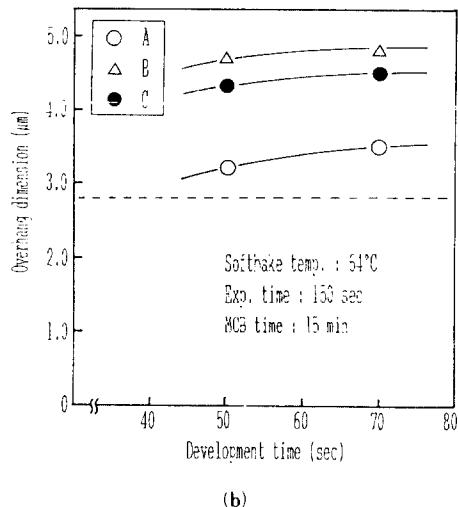
기판위에 감광막 도포후, softbake를 64°C에서 15분시키고, MCB 처리를 15분 시킨 후, 광 노출시간을 100초로 일정하게 하여, 현상시간에 따른 overhang 구조변화 및 선폭변화를 그림12에 나타내었다. 광 노출시간이 70초인 경우 (그림 10)와 다른 점은 A와 B 및 C 부분 모두 비슷한 속도로 현상이 진행 되었

다는 것이다. 특히 현상시간이 60초인 경우, 목표선 폭인 $2.8\mu\text{m}$ 에 도달하였고, 60초 보다 더 길게 현상시키는 경우, hang 사이의 간격이 넓어지는 과현상(over-development)이 일어나는 것을 알 수 있다.

광 노출시간을 150초로 한 경우, 현상시간이 50초인 경우에서도 A의 길이가 $2.8\mu\text{m}$ 보다 넓은 과현상이 일어났다(그림 13). 그림 13-(b)에서 보듯이 목표선폭을 얻기 위해서는 현상시간을 40초보다 짧게하는 것이 필요하다.



(a)

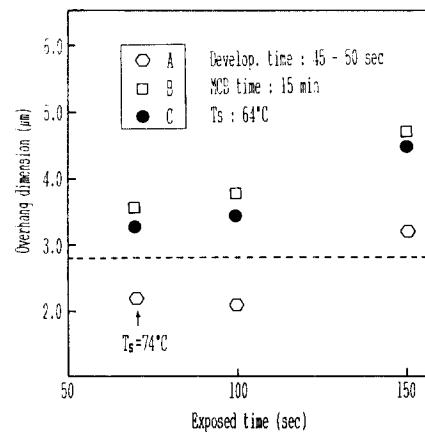


(b)

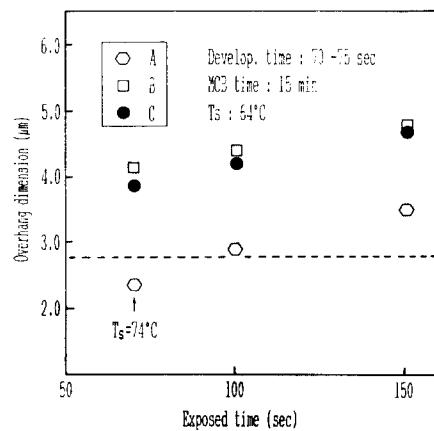
그림13. (a) 노광시간이 150초 일 때, 실측에 근거한 현상 진행과정 ($t_1=50\text{초}$, $t_2=70\text{초}$)
(b) 현상시간에 따른 overhang 선폭 변화
(Softbake 온도 : 64°C , MCB시간 15분)

Fig. 13. (a) Development process steps at an exposure time of 150 sec, based on an actual survey ($t_1=50\text{ sec}$, $t_2=70\text{ sec}$).
(b) Overhang linewidth control with development time (Softbake temperature : 64°C , MCB time : 15 min).

그림 14는 softbake 온도 및 MCB 시간, 그리고 현상시간을 일정하게 한 후 광 노출시간에 따른 overhang 크기의 변화이다. 단 노출시간이 70초인 경우, softbake 온도가 74°C 인 결과를 사용하였다. 현상시간이 45-50초일 때, 적절한 광 노출시간은 100 초와 150초 사이에 있음을 보여준다(그림 14-(a)). 또 현상시간이 70-75초인 경우, 적절한 광 노출시간이 70초



(a)



(b)

그림14. (a) 노광시간에 따른 overhang 구조(X. Y. Z)의 변화(현상시간 : 45~50초)
(b) 노광시간에 따른 overhang 구조(X. Y. Z)의 변화(현상시간 : 70~75초)

Fig. 14. (a) Overhang parameters, X. Y. Z with exposure time (Development time : 45 ~50 sec).
(b) Overhang parameters X. Y. Z with exposure time (Development time : 70 ~75 sec).

와 100초 사이에 있음을 보여준다(그림 14-(b)). 즉 광 노출시간이 길어질수록, 목표선풍을 얻기 위한 시간이 짧아진다. 이것은 광 노출시간이 길어질수록 광에 의한 감광막 변형정도가 커지게 되며, 따라서 이들의 현상속도가 증가되기 때문이다.

그림 15-(a)는 기판위에 overhang 형상을 형성시킨 후, AuGe을 2000A의 두께로 증착시킨 후의 SEM 관찰결과이다. 증착된 금속의 모서리가 overhang의 끝부분보다 안쪽으로 증착되었다. 이것을 도식화하면 그림 15-(b)와 같다. 증착된 금속의 모서리와 overhang의 끝 부분의 연장선과 수직선 사이의 각도는 약 21° 로 결정되었다. 이와같은 각도는 금속증착방법에 따라 달라질 수 있다. 전자선 증착이나 열증착에서는 증착시킬 금속을 점 소오스(source)로 사용하기 때문에 증착시킬 금속의 소오스와 증착될 시판 사이의 거리에 의해서 증착각도는 변하게 된다. 이온선 증착(ion beam assisted-deposition)에서는 일반적으로 시편보다 큰 금속 타겟(target)을 사용하기 때문에, 가속화된 이온에 의해 분리된 금속원자의 이동방향과 시편사이의 각도에 따라 증착각도는 변하게 된다. 따라서 정확한 선풍의 금속층을 얻기 위해서는 증착장치의 종류에 따른 증착각도 및 overhang 사이의 거리와 형태를 고려해야 하며, 따라서 목표

선풍에 대한 overhang 형성 공정조건을 확립할 수 있으리라 기대된다.

Lift-off 방법에 의해 형성될 수 있는 최대 금속층의 두께는 overhang의 두께에 의존한다. 즉 $1.1\mu\text{m}$ 두께의 감광막을 사용하는 경우 최대 금속층의 두께는 $(1.1\mu\text{m}-Z)$ 로 표현될 수 있으며, overhang 두께 Z 는 그림 4와 같이 MCB 시간 및 softbake온도에 의존하게 된다. 본 연구에서는 $1.1\mu\text{m}$ 두께의 감광막을 64°C 에서 softbake하고, 15분동안 MCB 처리하여 형성시킨 overhang을 이용하여 5000A 두께의 금속층을 lift-off 방법으로 쉽게 형성할 수 있었다. 아울러 lift-off 방법으로 보다 두꺼운 금속층을 얻기 위해서는 감광막을 기판위에 이중 혹은 삼중으로 도포하여 감광막층을 두껍게 형성하는 것이 필요하며, 이때 overhang 형성 공정조건이 변화하게 되므로 새로운 공정조건 연구가 필요하리라 생각된다.

IV. 결 론

화합물반도체 관련소자의 금속박막을 lift-off 방법으로 형성하기 위하여, 광량이 $8.5\text{mJ}/\text{cm}^2$ 이고 파장이 300nm 인 광 접촉정렬기를 사용하여 광 리소그래피의 실험변수에 따른 S1400-27 감광막의 overhang 구조변화를 체계적으로 조사하였다. Softbake온도가 낮아지고 MCB 처리시간이 길어질수록 overhang의 두께는 증가하였고, 현상속도는 감소하였다. 노광량이 커질수록 현상속도는 증가하였으며, 따라서 적절한 선풍을 얻기 위한 현상시간은 짧아졌다. 증착된 금속과 감광막 측면사이의 분리정도의 척도인 Y/X가 0.2이하인 조건을 만족하며, 목표선풍을 얻기 위한 공정조건은 softbake온도가 $64^\circ\text{C} \sim 74^\circ\text{C}$, MCB담금시간이 10~15분, 노광시간이 70~100초, 현상시간이 50~80초인 것으로 결정되었다.

参考文献

- [1] M. Kamada, H. Ishikawa, and C. Kojima, "Ohmic contacts on selectively doped AlGaAs/GaInAs heterostructures using Ni, AuGe and Au," Solid State Electronics, vol. 30, no. 12, pp. 1345-1349, 1987.
- [2] M. Hatzakis, B.J. Canavello, and J.M. Shaw, "Single optical lift-off process," IBM J. Res. Develop. vol. 24, pp. 452-460, July 1980.
- [3] R.M. Halverson, M.W. MacIntyre, and W.T. Motsiff, "The mechanism of single step lift-off with chlorobenzene in a diazo-type resist," IBM J. Res. Develop. vol. 26, no. 5, pp. 590-595, Sep. 1982.

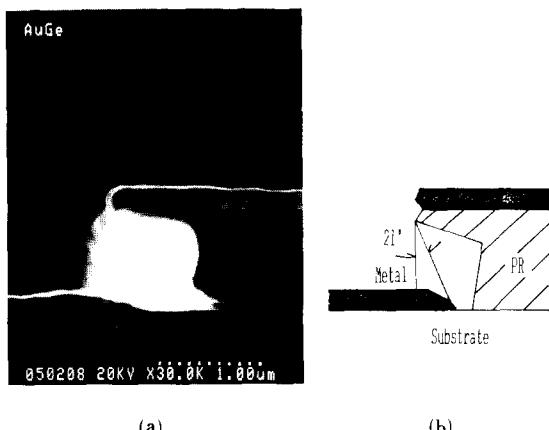


그림15. (a) 금속증착 후의 overhang 구조의 단면도
(b) 금속증착 각도의 결정을 위한 (a)의 단면도

Fig. 15. (a) Cross-sectional view of overhang structure after metal deposition.
(b) Schematic drawing of Fig. 15-(a) to estimate metal deposition angle.

- [4] G.G. Collins and C.W. Halsted, "Process control of the chlorobenzene single-step lift-off process with a diazo-type resist," *IBM J. Res. Develop.*, vol. 26, no. 5, pp. 596-604, Sep. 1982.

(감사의 글)

본 연구수행에 연구비를 지원해 주신 과학기술처에 감사를 드립니다. 아울러 주사전자현미경 관찰에 도움을 주신 한국전자통신연구소 물성분석실의 이희태씨께 감사를 드립니다.

著者紹介

李鍾覽 (正會員) 第25卷 第11號 參照
현재 한국전자통신연구소
신소자재료연구실 선임연구원



朴盛鎬 (正會員) 第25卷 第11號 參照
현재 한국전자통신연구소
신소자재료연구실 선임연구원



馬東星 (正會員) 第25卷 第11號 參照
현재 한국전자통신연구소
화합물반도체연구부 연구위원



金鎮燮 (正會員)

1957年 1月 23日生. 1979年 2月 경북대학교 공과대학 전자공학과(공학사). 1982年 2月 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1985年 8月 경북대학교 대학원 전자공학과(공학박사). 1985年 9月~1987年 2月 한국전자통신연구소 선임연구원. 1987年 3月~1989年 10月 현재 한국전자통신연구소 신소자재료연구실장. 주관심분야는 반도체 물성, HEMT등 초격자 응용소자 및 소재 등임.