

# Indium-silver alloy를 이용한 접합의 특성

김재욱, 김제윤, 김상식, 성만영.

고려대학교 대학원 전기공학과

## The characteristics of joints with In-Ag alloy

Jae-Wook Kim, Je-Yoon Kim, Sangsig Kim, and Man-Young Sung

Korea Univ.

### Abstract

Two Si wafers are bonded with indium-silver alloy using diffusion bonding method. When silver and indium thin films are contacted, they diffuse into each other and form inter-metallic compounds like  $AgIn_2$ ,  $Ag_2In$ ,  $Ag_3In$  etc. These compounds are determined by ratio of two metals. From phase diagram of Ag-In alloy, we can get the ratio of  $Ag_2In$ , that has high melting point about  $700^\circ C$ , approximately 2:1. This ratio was made by controlling of film thickness. And bonding was executed by annealing and adding pressures at a time. The joint of these wafers had been observed by SEM. And we had also seen the EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) data to analysis the component of samples.

**Key Words** : Ag-In alloy, diffusion bonding method, SEM, EDS

### 1. 서론

최근의 많은 소자들이 고온의 환경에서 구동되어지고 있다. 특히 SiC나 III-V 화합물 반도체를 기판으로 하여 제작된 고전압을 사용하는 power 소자의 경우에는 동작 시 온도가  $350^\circ C$ 이나 그 이상 상승한다. [1-4] 이처럼 고온에서 동작하는 소자들을 하나의 칩으로 패키징을 할 때, 고온에서도 견딜 수 있는 접합이 필요하다. 이 같은 접합을 만드는 경우 기존에는 접합이 견딜 수 있는 온도만큼의 높은 온도에서 접합 공정이 이루어 졌다. 그러나 이러한 고온 접합 공정 이후에 다시 낮은 온도로 돌아갈 경우에는 열팽창에 의한 부정합으로 인하여 접합면에 많은 stress가 가해졌다. 이러한 이유로 최근에는 비교적 낮은 온도에서 접합 과정이 이루어지면서 높은 온도에까지 견딜 수 있는 접합에 관한 연구가 많이 진행되고 있다.[5] 이 제까지 제안된 많은 방법들 중 본 논문에서 제안하는 방법은 두 물질 사이에서 일어나는 확산으로

인하여 생기는 합금을 이용한 Diffusion bonding이다.[6] 여러 가지 물질들의 합금이 쓰일 수 있겠지만 접합 공정에서의 온도가 낮고 또한 접합 후 생기는 합금이 매우 높은 온도에까지 견뎌야 한다는 조건 하에 물질을 정하였다.

이 논문에서는 여러 가지 물질 중에서 In-Ag 합금을 사용하였다. 그림 1은 In과 Ag가 합금을 이

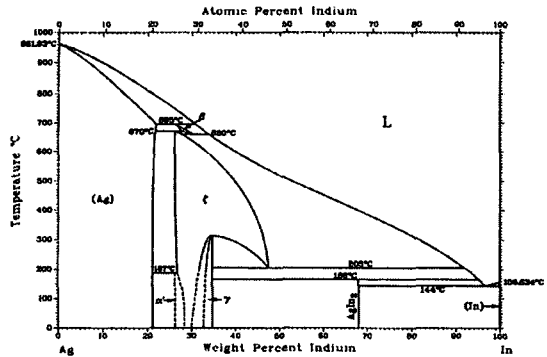


그림 1. Indium-silver Binary phase diagram[7].

를 경우에 그 phase diagram을 나타낸 것이다.[7] 그림에서 알 수 있듯이 Ag와 In의 조성의 차이에 따라 합금의 녹는점은 차이가 있으나 Ag의 비중이 높아지면 합금의 녹는점도 따라서 높아진다. 그림에서 Ag와 In의 비율이 약 2:1 가량이 될 때 합금의 녹는점은 700℃까지 높아짐을 알 수 있다. Diffusion bonding은 두 물질간의 계면에서 물질간에 확산이 일어나면서 자연스럽게 합금이 생겨나 접합되는 과정으로 보통의 상온이나 상압에서도 느리기는 하지만 일어난다.[8] 이 실험에서는 좀더 빠른 접합을 위하여 일정한 압력과 지속적인 열을 가하여 접합공정을 수행하였다.

## 2. 실험

그림 2는 Ag-In의 Diffusion bonding의 과정을 그림으로 나타낸 것이다. 접합할 Si 웨이퍼에 thermal evaporator를 이용하여 In을 1.0 μm를 증착하였다. 그 위에 vacuum coater를 사용하여 Ag를 3.0 μm 증착하였다. Si 웨이퍼를 두 장으로 나누어서 서로 대칭으로 되어있는 웨이퍼를 접합시켰다. 이 때에 Ag막 사이에 접합을 위해서 In을 다시 한 번 1 μm를 증착하였다. 그림 2(a).

증착이 끝난 웨이퍼 두 장을 서로 맞게 붙여놓고 일정한 압력을 가하면서 동시에 전기로에서 250℃로 5시간동안 가열하였다. 이 같은 공정을 거치면서 접합면에 위치한 Ag와 In이 서로 상대쪽으로 확산해 나가면서 서서히 합금을 만들게 된다. 이 경우에 만들어지는 합금은 두 금속의 조성에 따라서  $Ag_2In$ ,  $AgIn_2$  등이 만들어 진다. 여기서는 Ag-riched의 조건이므로  $Ag_2In$ 이 만들어 지게 된다.[9] 그림 2(b), (c).

이와 같이 서로 접합된 Si 웨이퍼는 SEM을 통하여 접합면의 구조를 분석하고 EDS를 이용해서 접합물질의 원소를 분석하여 합금의 성분을 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

Si 웨이퍼의 접합면을 SEM과 EDS를 이용하여 분석하였다. 그림 3은 접합면의 SEM 이미지와 각 지점에 따른 EDS 분석의 결과를 나타낸 그림이다. 그림 3(b)는 접합물질에서 Si 웨이퍼 면과 가까운 부분을 분석한 EDS 자료로, 접합 전에는 Ag만 증착되어 있던 위치이다. 접합 공정 중에 상당량의 In이 Ag의 내부로 확산되어 들어갔음을 알 수 있다. 이 부분에서의 조성은 Ag대 In의 비율이 거의

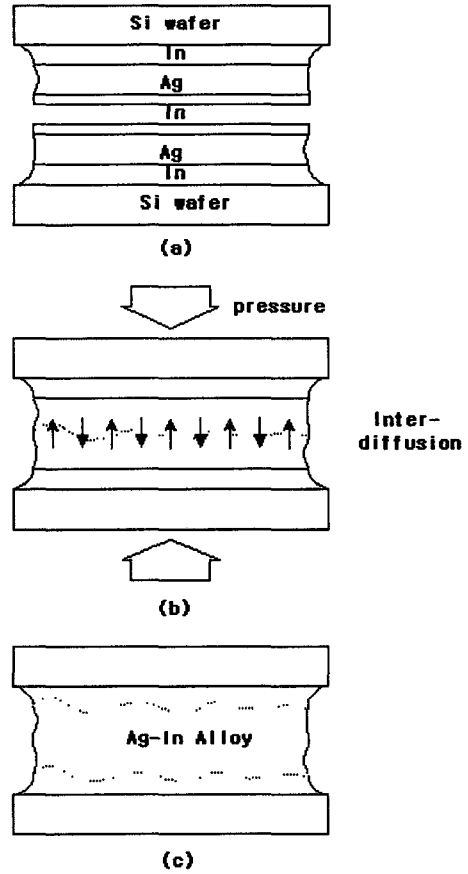
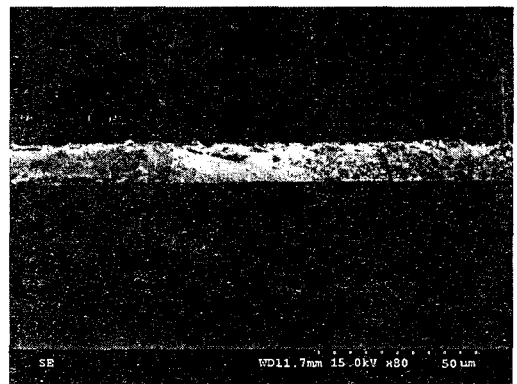
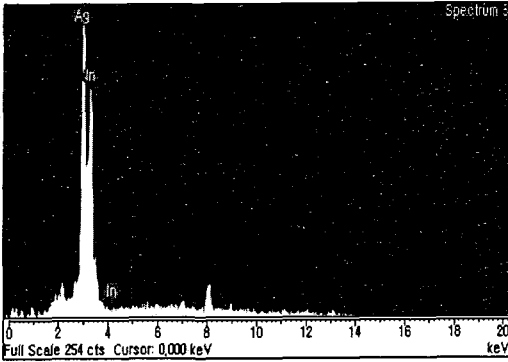


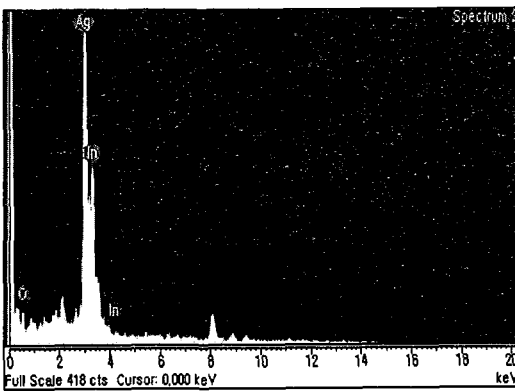
그림2. Ag-In Diffusion bonding의 과정.



(a)



(b)



(c)

그림 3. Diffusion bonding 방법을 이용하여 Si 웨이퍼를 접합했을 때 접합면의 SEM 이미지와 접합면의 각 지점에서의 EDS 분석자료

2:1에 가깝게 되어  $Ag_2In$ 의 합금이 형성되어 있음을 알 수 있다. 그림 3(c)의 경우에는 접합의 가장 가운데 지점을 분석한 자료이다. 이 부분은 접합시 접합물질로 이용하기 위해 증착시킨 In의 영향으로 인하여 Ag대 In의 비율이 2:1에는 못 미침을 볼 수 있다. 이 같은 경우  $AgIn_2$ 와 같은 녹는점이  $Ag_2In$ 에 비해서 낮은 합금이 형성되게 된다.

#### 4. 결론

낮은 온도에서 공정을 수행하여 높은 온도까지 견디는 접합을 만드는 방법에 관하여 연구하였다. 비교적 낮은 250°C가량의 온도에서 공정을 수행하

여 약 700°C가량의 높은 온도까지 견디는 접합을 Ag-In 합금을 사용하여 만들 수 있다. 단 두 금속의 조성을 잘 조절하여 2:1가량의 비율을 맞춰서 공정을 실행하여야 한다.

#### 참고 문헌

- [1] A.K. Agarwal, J.B. Casady, L.B. Rowland, et al., "700-V Asymmetrical 4H-SiC Gate Turn-Off Thyristors(GTO's)", IEEE Electron Device Letters, Vol. 18, No. 11, p. 518, 1997
- [2] A. Vescan, I. Daumiller, P. Gluche, W. Ebert, E. Kohn, "Very High Temperature Operation of Diamond Schottky Diode", IEEE Electron Device Letters, Vol. 18, No. 11, p. 556, 1997
- [3] A.K. Agarwal, J.B. Casady, L.B. Rowland, W.F. Valek, M. H. White, C.D. Brandt, "1.1kV 4H-SiC Power UMOSFET's", IEEE Electron Device Letters, Vol. 18, No. 11, p. 586, 1997
- [4] S.H. Ryu, K.T. Korneday, J.A. Cooper Jr., M.R. Melloch, "Digital CMOS IC's in 6H-SiC Operating on a 5-V Power Supply", IEEE Tran. on Electron Devices, Vol. 45, No. 1, 1998
- [5] Chin C. Lee, William W. So, "High temperature silver-indium joints manufactured at low temperature", Thin Solid Films, Vol. 366, p. 196, 2000
- [6] N.F. Kazakov, "Diffusion Bonding of Materials", Pergamon Press, p. 17, 1981
- [7] T.B. Massalski, "Binary Alloy Phase Diagrams", Metals Park, p. 34, 1986
- [8] V. Simic, Z. Marinkovic, "Room Temperature Interactions in Ag-Metals Thin Film Couples", Thin Solid Films, Vol 149, p. 149, 1979
- [9] Rita Roy, S.K. Sen, "The Kinetics of Formation of Intermetallics in Ag/In Thin Film Couples", Thin Solid Films, Vol. 197, p. 303, 1991