

IC용 초정밀 박막저항소자의 제조와 특성연구

하홍주, 장두진, 문상용, 박차수*, 조정수, 박정우
부산대학교 공과대학 전기공학과
* : 한국전력공사

Preparation of Precision Thin Film Resistor Sputtered by Magnetron Sputtering

H.J. Ha , D.J. Jang, S.R. Moon, C.S. Park*, J.S. Cho, C.H. Park
Dep. of Electrical Engineering Pusan National University
* : KEPSCO

ABSTRACT

TiAlN thin films were prepared by a multi target r.f magnetron sputtering system under different conditions. We have investigated the resistivity and T.C.R. (Temperature Coefficient of Resistance) characteristics of TiAlN films deposited on Al₂O₃ and glass substrates by sputtering in an Ar:N₂ gas mixture. We used Al and Ti metal as Target Material and Ar/N₂ gas as working gas. We varied the partial pressure ratio of N₂/Ar from 0.2/7 to 1.0/6.2 (SCCM). And the R.F power of Ti and Al Target also were varied as 160/240, 200/200 and 240/160(W).

In this experiment, we can get the precision thin film resistor with a very low T.C.R. (Temperature Coefficient of Resistance) below 25 ppm Ω / $^{\circ}$ C.

1. 서 론

저항소자의 고품위화는 반도체 회로의 고집적화와 고정밀화의 추세에 의하여 더욱 절실히 요구되고 있다. 특히 저항소자는 콘덴서나 인덕턴스 소자에 비해 가변저항이나 반고정 저항 형태로 그 저항 값을 임의로 변화시킬 수 있으므로, 저항의 가변을 이용하여 주로 system 제어를 행하고 있다. 특히 가변저항소자는 대부분 박막 형태로 제작되어 실용화되고 있다.^{1),2)}

우수한 박막저항소자가 되기 위해서는 갖추어야 할 필요 조건은 다음과 같다.

첫째, 형성된 박막저항을 가변저항으로 이용할 경우 전극과의 기계적 접촉 및 파장에 의한 부분적 손상이나 마모 없이 장시간 견디야 한다. 즉 기판과 박막 저항체의 계면 결합이 양호하고, 저항체 자신은 내식성과 내마모성이 뛰어나야 하며, 넓은 범위의 저항값을 얻을 수 있는 재료여야 하고, 고온에서 산화하지 않아야 한다.

둘째, 일반적인 순수 금속 저항은 회로 전류에 의해 joule열이나 주위 온도에 대하여 그 저항값의 변화가 큰 결점이 있으므로, 박막저항은 비저항이 높은 재료면서도 저항온도계수(TCR)가 zero에 가까운 재료여야 한다.

셋째, 제작 방법이 가능한 간단하고, 제작단가가 낮을 뿐 아니라 고부가가치들 가진 고품위 제품이 형성될 수 있어야 한다.^{3),4),5)}

본 연구에서는 티탄과 알루미늄을 동시에 반응성분위기에서 RF스파터링하여 내마모성과 내산화성이 매우 우수한 Ti-Al-N 계의 복합 질화물 세라믹 박막을 형성하여, 비저항이 크고 저항의 온도 계수가 25ppm/ $^{\circ}$ C이하인 초정밀 박막저항소자를 제작하는 최적제조조건을 규명하고 그 특성을 조사하였다.^{5),6),7)}

2. 실험 방법

그림 1 은 본 실험장치의 개략도를 나타내고 있다. 본 연구에서 제작된 RF 시스템은 질소와 산소 그리고 아르곤을 MFC(Mass Flow Meter)에 의하여 0.2SCCM에서 120SCCM까지 기체의 유입량을 조절할 수 있으며 최고진공도 5×10^{-7} 까지 도달할 수 있다. 더우기 독립된 세개의 RF 전원을 가지고 있으며, 3인치(inch)타겟을 독립적으로 동시에 세개를 부착할 수 있어서 이종의 세가지 타겟 물질을 동시에 스파터링할 수 있는 장점이 있다. 또한 기판은 PTC(Positive Temperature coefficient) 소자에 의하여 800 $^{\circ}$ C까지 가열할 수 있고, 박막의 평활도를 증가시키기 위하여 기판은 증착중에 계속 회전할 수 있는 구조로 되어 있다. 초기진공이 7×10^{-6} Torr에 도달하면 아르곤을 MFC로 주입하여, 약 20분 정도의 예비 스파터링으로 타겟표면의 산화층을 제거한 후, 진공도를 1.3×10^{-7} Torr를 유지하면서 아르곤과 질소의 유량을 조절하여, 분압비와 기판의 온도 그리고 타겟에 인가되는 RF Power를 변화하여 시료를 제작하였다.

박막의 저항과 저항율의 관계는 박막의 길이를 L, 단면적을 A, 저항값을 R, 저항율을 ρ 라고 놓으면

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

와 같이 나타낼 수 있으며, 측정시의 주위의 온도를 T라고 하면 저항온도계수(TCR)는

$$TCR = \frac{(R_2 - R_1)}{R_1(T_2 - T_1)}$$

으로 나타낼 수 있다. 박막의 저항측정은 4단자법에 의하여 아르곤분위기의 항온항습실에서 25

℃에서 125℃까지 온도를 변화시키면서 저항의 변화를 측정하여 저항온도계수를 측정하였다. 이 때 시료에 인가되는 전력의 세기는 1와트(Watt) 이하로 유지하였다. 기판은 실제의 박막 저항체의 기판으로 이용되고 있는 지름 4mm의 알루미늄나로드(rod)와 12.5x6.3mm의 평판 알루미늄 기판을 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

초정밀 저항박막은 저항을 변화 0.05% 이하, 온도계수(T.C.R) 25ppm이하의 저항특성을 가져야 한다. 그림 2는 박막증착시 진공도를 2.5×10^{-3} Torr로 유지하면서 아르곤과 질소의 비율을 변화시켜서 얻은 박막의 각 조건에 대한 저항특성을 나타내고 있다. a는 동시 스파터링시 RF Power를 티탄:알루미늄 타겟에 각각 240W:160W, b는 200:200(W), c는 160:240(W)를 인가하여 제작된 시료의 박막저항을 특성을 나타내고 있다. 아르곤에 대한 질소의 비율이 증가할수록, 티탄에 대한 알루미늄의 RF Power가 증가할수록 저항율이 증가하고 있는 것을 알 수 있다. 특히 a에서 급격하게 저항율이 증가하는 것은 재료의 저항특성이 주로 절연체인 질화알루미늄의 특성에 의존하기 때문인 것으로 사료된다.

그림 3은 RF Power를 160:240(W)로 일정하게 유지하면서 아르곤과 질소의 비율을 달리하여 제작된 시료의 저항온도계수의 변화를 나타내고 있다. a는 30℃-80℃범위의 저항온도계수 변화를 나타내고 있으며, b는 80℃-125℃, c는 30℃-125℃ 범위의 저항온도계수의 특성을 나타내고 있다. 전체적으로 고온부(80℃-125℃)에서 저항온도계수가 정(+)의 영역으로 이동하는 것을 관찰할 수 있으나 질화의 증가에 따라 저항온도계수가 급격히 증가하는 것을 알 수 있으며, 질소/아르곤 비율 0.2/7에서 전체 저항온도계수가 9ppm/ 이하의 낮은 저항온도계수가 됨을 알 수 있다.

그림 4는 티탄타겟과 알루미늄타겟에 동일한 200(W)의 RF Power를 인가하여 제작된 시료의 저항온도계수를 나타내고 있다. 질소/아르곤 비가 0.6/6.6의 영역에서부터 오히려 고온의 저항온도계수가 더 안정된 특성을 나타내었으며, 질소/아르곤 0.6/6.4 범위까지는 전체저항온도계수가 25ppm이하의 정밀저항급의 저항온도계수를 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 이 영역에서 비교적 우수한 저항온도계수의 특성이 나타나는 것은 질화 알루미늄의 정(+)의 저항온도계수 특성과 질화 티탄의 정(+)의 저항온도계수 특성이 거의 동일한 크기로 작용하기 때문인 것으로 생각된다. 그림 5에서는 240/160(W)의 RF Power를 인가했을 때 질소의 비율에 따른 저항온도계수의 변화를 나타내고 있다. 티탄에 인가된 RF Power 이 크기 때문에 전체적으로 정(+)의 저항온도계수를 나타내고 있음을 알 수 있다.

그림 6과 그림 7은 Ti와Al의 RF Power비 240:160(W), 질소/아르곤 1.0/6.2, 기판온도 300℃에서 실리콘기판(111)위에 형성된 TiAlN의 표면과 단면사건이다. 그레인의 크기가 매우 작기는 하나 다결정상으로 형성된 것을 관찰할 수 있으며, 약 1μm정도의 두께로 증착된 시료의 단면을 관찰할 수 있다.

4. 결론

Al타겟과 Ti타겟을 동시에 반응성 스파터링하여 형성된 TiAlN박막에 관한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 박막의 저항율의 증가는 주로 부(-)의 저항온도계수를 나타내는 AlN의 비율의 증가에 따라 증가한다.
2. 성막온도 300℃, 진공도 2.5×10^{-3} Torr, 질소/아르곤 0.2/7 (SCCM), Al타겟과 Ti타겟에 각각 인가되는 RF Power의 비가 240:160(W)와 200:200(W)에서 -25ppm/℃이하의 낮은 저항온도계수를 가진 TiAlN 박막을 얻을 수 있었다.
3. Al에 대한 RF Power가 증가함에 따라, 아르곤에 대한 질소의 분압비가 증가함에 따라 TiAlN의 저항온도계수는 부(-)의 영역으로 접근하였다.

참 고 문 헌

1. D.M. Manos, "Plasma etching", Academic Press. Chap.1, 1989
2. 이영근, "전자공학의 기초", 광림사, chap.18, 1989
3. S.M. Rosnagel, "Handbook of Plasma Processing Technology", Noyes, Pub. Chap.9, 1990
4. J.L. Vossen, "Thin Film Processes", Academic Press, Chap.2, 1978
5. Brian Chapman "Glow Discharge Process", John Willey & Sons Chap.6, 1980
6. F. Bunshah, "Deposition Technologies for Films and Coating" Noyes. Pub., 1982
7. T.Nakamura, "Titanium Nitride Thin Film by DC Sputtering". J.A.Phys., Vol.42, pp.491-497, 1973

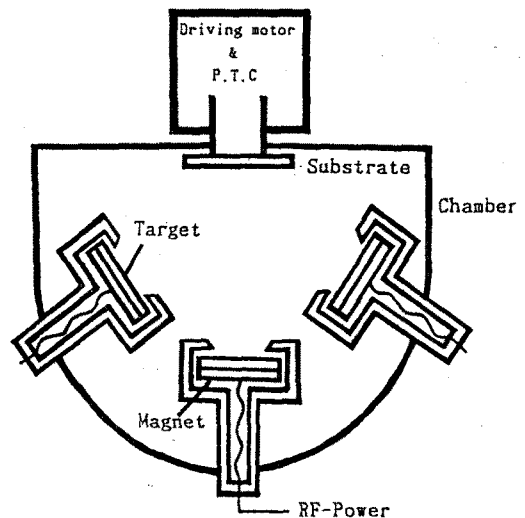


그림 1. RF system의 개략도

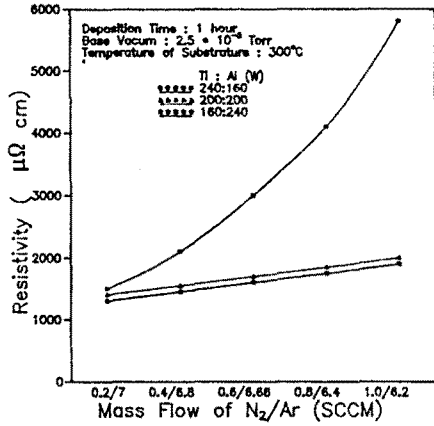


그림 2. 질소분압비(%)의 변화에 따른 TiAlN의 저항율특성

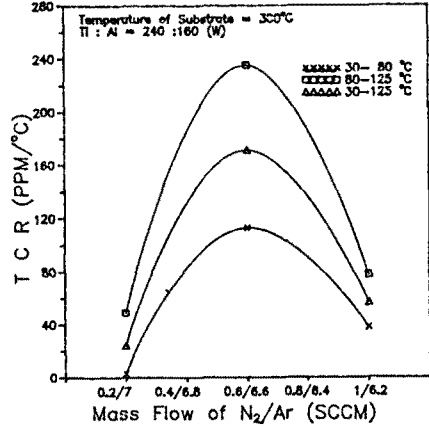


그림 5. 질소분압비(%)의 변화에 따른 TiAlN의 TCR특성(Ti:Al=240:160W)

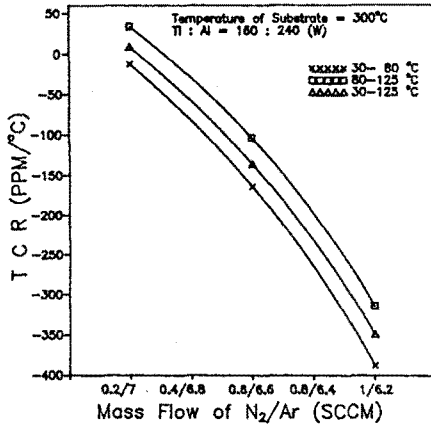


그림 3. 질소분압비(%)의 변화에 따른 TiAlN의 TCR특성(Ti:Al=180:240W)

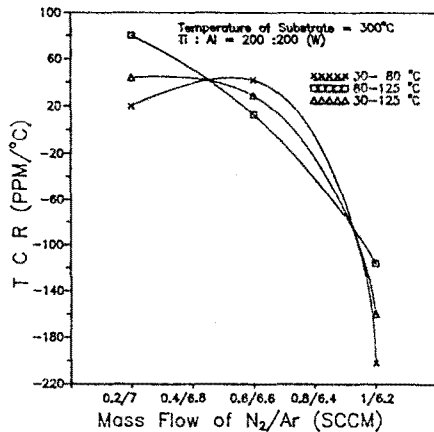


그림 4. 질소분압비(%)의 변화에 따른 TiAlN의 TCR특성(Ti:Al=200:200W)

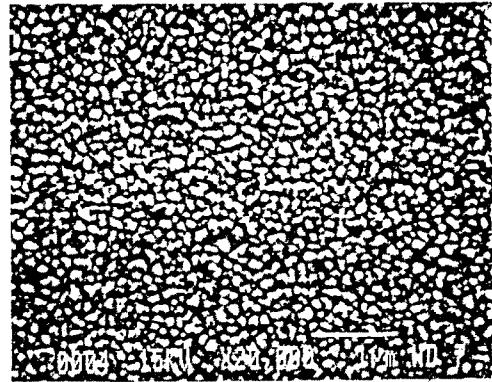


그림 6. TiAlN의 표면사진(Ti:Al=240:160W)

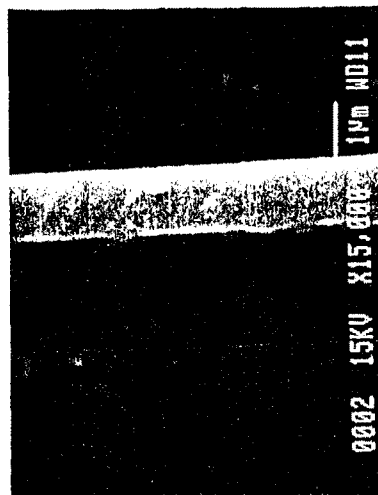


그림 7. TiAlN의 단면사진(Ti:Al=240:160W)