

에어백용 반도체 브리지 소자 신뢰성 특성 및 이론적 해석 Reliability & Theoretical Analysis of Semiconductor Bridge(SCB) Device for Air-bag Application

한국과학기술원 이계남, 박명일, 박종욱

1. 서론

반도체 브리지(SCB)의 가장 큰 응용 분야인 산업적 착화기(initiator)의 오작동은 조작자의 실수보다는 외부의 전자기파나 열에 의해 생길 가능성이 높고 이에 대한 대처 방안은 신뢰성이 높은 SCB 소자 확보가 필수적이다. 따라서, 본 연구에서는 안정성과 관련된 신뢰성 테스트(Bruceton Test)인 No Firing 특성값을 Hot Spot Model를 사용하여 이론적으로 해석함으로써 주요 기여인자를 규명하였다. 또한, 전기적 특성 및 신뢰성 향상에 적합한 구조(Wedge Type)에 대한 시뮬레이션 및 실제 소자 제작에 의한 특성 분석을 하였다.

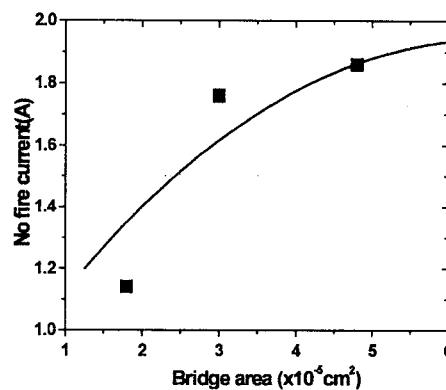
2. 실험방법

1) 칩(chip) 제작

Si 기판 위에 wet oxidation으로 전기적인 절연(electrical isolation)층인 SiO₂ layer를 2 μ m 두께로 성장시킨다. 이렇게 형성된 SiO₂층위에 LPCVD법으로 Si layer를 2 μ m 두께로 증착한후, POCl₃를 이용한 diffusion annealing으로 불순물을 $\sim 10^{20}$ 주입시킨다. 불순물의 주입량은 저항값(1 Ω /□)을 맞추기 위해 수회반복하여 행하였다. 이후 PR(Photo-Resist)을 이용하여 H자 pattern 으로 lithography 공정후, wet etching하여 Poly Si 의 Bridge형상을 형성 시켰다. 다음, Al Pad pattern 을 형성함으로써 Si Bridge 크기가 20 μ m \times 90 μ m \times 2 μ m(length \times width \times thickness)인 소자를 만들었다. 이때, 브리지의 저항은 1.0 Ω 이다.

2) 전기적 특성 실험

확률 99.9%, 신뢰도 95.0%에서 화약이 발화하지 말아야 하는 No-fire 전류 결과는 브리지의 사이즈가 증가할수록 전류가 증가하는 것을 알 수 있다. 즉 질량이 클수록 화약이 발화하기까지 인가하여야 할 에너지가 크기 때문에 발화하지 않고 견딜 수 있는 No-fire 전류 또한 브리지의 면적에 비례하여 증가하게 된다. 이를 이론적으로 증명하기 위해 몇 가지 가정을 하고 모델링(Hot spot model)을 해 보았다.



3. 실험결과

$$I_c = \left[\frac{8.4 \sqrt{\pi} K}{R} (T_m - T_r) \right]^{1/2} U^{1/4} = \beta U^{1/4} \quad (\text{이론적으로 도출된 No-Firing Current})$$

브릿지가 기화되지 않아서 No-fire 조건이 되는 임계 전류는 브리지 면적의 1/4에 비례한다. 즉, β 값을 구해 보면 대략 $\beta = 2.25$ 정도가 된다. 실리콘의 녹는점 $T_m = 1410^\circ\text{C}$, 상온 $T_r = 20^\circ\text{C}$, 브리지의 저항 $R = 1\Omega$ 을 위식에 대입하여 $\beta = 2.25$ 이 나오기 위해서는 열전도율 $K = 0.024 \text{ calcm-1sec-1deg-1}$ 이 되어야 한다. 이 값은 석영(quartz)의 열전도율과 거의 같으므로 이론적인 모델을 실험 결과와 비교해 보았을 때 거의 일치한다는 것을 알 수 있다.