

Metal-insulator-Metal 구조의 antifuse 제작 및 특성

이상기, 김용주, 임원택, 이창효*
조병섭, 고봉균, 권오경, 라계달**

*한양대학교 물리학과

**한양대학교 전자공학과

Field programmable gate arrays(FPGA)는 single transistor로부터 macrocells에 이르기 까지 logic blocks을 연결하는 interconnect devices에 사용되며, 주로 사용되는 interconnect devices로는 SRAM, floating gate memory, antifuses 등이 있다.

현재 개발된 antifuse는 금속층과 금속층 사이, n⁺ 확산층과 n⁺ 다결정 실리콘 사이, 금속층과 n⁺다결정 실리콘 사이에 절연체를 도입한 수직형 구조들이 연구되고 있으며[1], 주로 연결소자로 작용되므로 프로그래밍전압, 누설전류, 온저항값이 낮아야 한다. Metal-insulator-Metal antifuse구조에서 바닥전극으로 refractory materials이 주로 사용되고 있으며, Al 전극은 hillock의 성장으로 인해 주로 상부전극으로 사용되고 있다.

Al 전극과 절연체인 비정질 실리콘 사이에 열팽창계수의 차이로 인해 stress가 형성되어 Al 함금에서 hillock 성장의 주원인을 일으키며 MIM 구조를 갖는 antifuse의 integrity를 저하 시킨다.

본 연구에서는 바닥전극을 진공증착기로 hillock이 최소한으로 성장된 Al 전극을 제작하여 antifuse의 integrity를 높이고 프로그래밍전압 및 온저항을 낮추는 조건을 구하였다.

시료는 진공증착기로 Al 바닥전극을 증착하고 Al 전극위에 PECVD를 사용하여 여러가지 조건에서의 α-Si을 성장시켜 수직구조인 Al/α-Si/Al의 antifuse를 제작 하였으며, 이 때 소자 크기는 95μm²이다.

그림 1은 MIM 구조의 antifuse에 대한 전형적인 전류-전압특성곡선이며, 9.4V에서 breakdown이 일어나고 이 때 누설전류는 95μm²에서 3.643μA값을 갖는다.

그림 2는 failure가 일어나는 전류-전압 특성곡선이며, failure가 일어나는 주원인은 Al 과 α-Si의 열팽창계수의 차이로 인해 형성되며 (a)부분에서 swich-off 현상이 일어나고 있다.

그림 3은 본연구에서 제작한 antifuse 소자의 프로그래밍 전압과 분포도이며, 이 때 프로그래밍 전압은 평균 9.95V 이다.

그림 4는 RF power에 따른 누설전류의 그래프이며 RF power의 증가에 따라 누설전류가 감소함을 알 수 있다.

제작된 α-Si은 기판온도 150℃, SiH₄ : H₂ 의 비가 1:4 일때 failure가 가장 적고 안정된 프로그래밍전압을 얻었으며, 바닥전극에 사용되는 전극은 최소한의 hillock이 성장되는 조건에서 integrity를 높이고 failure를 최소화 시켰으며, 막의 특성을 변화시켜 누설전류를 낮추었다. 아울러 발표된 온저항 150Ω[2]값에 비해 30Ω의 낮은 값을 얻었다.

참고문헌

[1] C.Hu,"Interconnect Devices for Field Programmable Gate Array," Technical Digest of IEDM, San Francisco, Dec 1992, pp.591-594.
[2] Simon S. Cohen, "A Novel Metal-Insulator-Metal Structure for Field-Programmable Devices," IEEE Transactions on electron devices. vol. 40, 7, July 1993, pp.1277-1283.

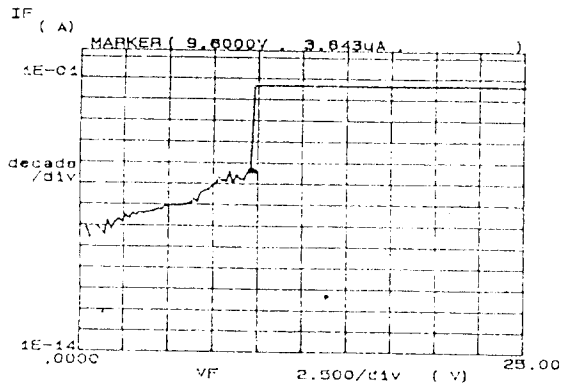


Fig.1 Typical current–voltage characteristics of the MIM capacitor.

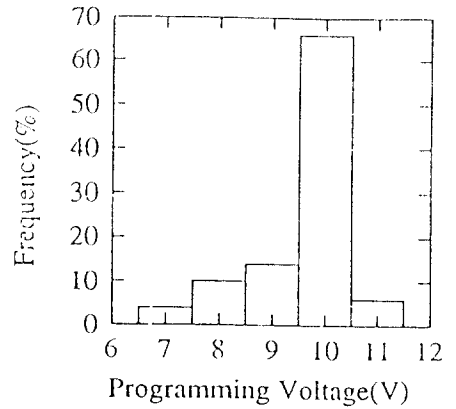


Fig.3 Histogram of breakdown events as a function of breakdown voltage.

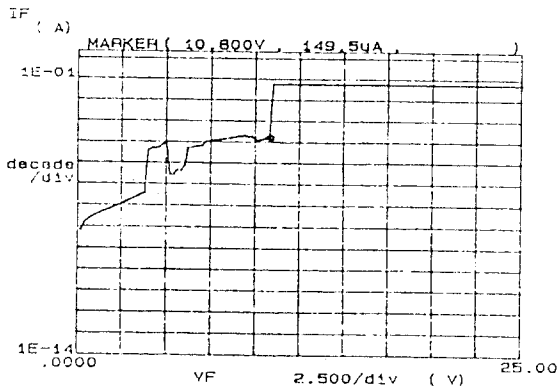


Fig.2 Voltage dependence of current for a programmed MIM capacitor.

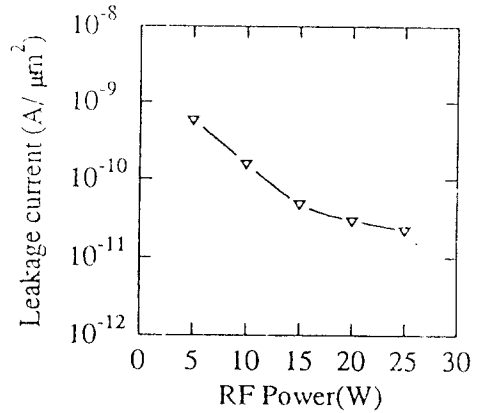


Fig.4 Leakage current as a function of the RF power of PECVD.