

$^{60}\text{Co}-\gamma$ 선조임에 의한 출력MOSFET소자의 전기적특성변화연구

김신혁, 고병춘, 배성길

우주복사선환경과 원자로주변환경 등에서 쓰이는 전원회로의 출력MOSFET소자들에
서 방사선조임에 의하여 나타나는 특성변화를 정확히 평가하고 그에 대한 대책을 세우는
것은 인공위성과 원자로의 운영민음성을 보장하는데서 중요한 문제로 제기된다.[1-3]

본문에서는 γ 선조임에 의한 출력MOSFET소자들의 전기적특성변화를 측정평가하고
그 변화물림새를 설명함으로써 방사선환경에서 리용되는 이 소자들의 동작민음성을 높이
기 위한 기초를 마련하였다.

1. 출력MOSFET소자들에 대한 γ 선조임

수직2중확산형구조로 생산리용되고있는 출력MOSFET소자에서 배출극은 소출력평면
형MOSFET소자와 달리 규소소편의 바닥면에 만들어진다. 조종극편의에 의해 열림상태로
될 때 이 소자에서는 원천극구역과 배출극구역사이 소자표면을 따라 p-n이음속에 짧고
넓은 전류통로가 형성된다. 이 통로로 흐르는 전류는 매우 빨리 선형구역에 도달한다. 이
소자는 또한 입구저항이 크고 절환속도가 빠르며 열적안정성과 민음성도 높기때문에 전
원회로에서 출력조종에 많이 리용되고있다.

nMOSFET소자들인 3단자 증가형소자 FZ44(최대허용전압 60V, 최대배출극전류 50A,
출력 150W, 통로저항 28m Ω 이하)와 5단자 증가형소자 BTS432(최대허용전압 63V, 최대배
출극전류 80A, 출력 167W, 통로저항 38m Ω 이하)에 γ 선을 조임한 경우 조종극턱전압
(원천극접지조건에서 배출극전압 10V일 때 배출극전류 1mA를 보장하는 조종극전압)과
조종극-배출극전압전류특성변화를 고찰하
였다.

MOSFET소자들에 대한 γ 선조임은 복사
세기는 0.012Gy/s인 ^{60}Co 원천(에너지 1.17,
1.33MeV, 평균에너지 1.25MeV)을 리용하여
진행하였다. 출력MOSFET소자들은 방온도에서
편의가 없이 조임하였으며 약 1 500Gy까지의
선량구간에서 일정한 선량간격으로 전기적특
성을 측정평가하였다.

2. 측정결과 및 해석

출력nMOSFET소자들의 γ 선조임선량에 따
르는 턱전압변화는 그림 1과 같다.

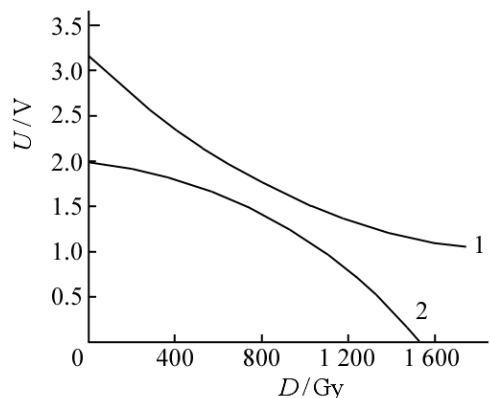


그림 1. 출력nMOSFET소자들의 γ 선조임
선량에 따르는 턱전압변화
1-FZ44, 2-BTS432, $U_{DS}=10\text{V}$, $I_{DS}=1\text{mA}$

그림 1에서 보는바와 같이 약 1 600Gy의 γ 선조임을 받을 때 출력nMOSFET소자들의 턴전압이 선량에 따라 감소한다는것을 알수 있다. 특히 조임전에 3.15V의 턴전압을 가지는 BTS432소자는 1 000Gy의 γ 선조임을 받으면 1.2V이며 1 500Gy의 γ 선조임을 받으면 턴전압이 거의나 령으로 되면서 배출극전류에 대한 조종기능을 완전히 잃는다는것을 보여준다. 이것은 γ 선조임의 이온화효과에 의하여 출력소자의 조종극과 통로사이 산화물층속에 형성된 양이온들의 기판전자들에 대한 끌롱인력만으로도 배출극과 원천극사이의 전도통로를 충분히 형성하였기때문이다. 한편 FZ44의 조종극턱전압도 1 500Gy의 선량조임에 의하여 초기의 3.15V로부터 1.25V까지 충분히 감소(1.9V)하였다는것을 알수 있다.

MOSFET소자에서 정상상태일 때 원천극과 배출극사이의 전도통로는 조종극편의에 의하여 조성되거나 없어진다. 그러나 방사선조임을 받은 소자에서는 통로의 형성과 전도도에 조종극편의뿐아니라 SiO_2 층과 SiO_2/Si 경계에 존재하는 양이온들의 영향도 반영된다.

그러므로 방사선조임에 의하여 산화물과 산화물경계에 추가적인 양이온들이 존재하는 nMOSFET소자에서는 보다 작은 조종극편의가 걸려도 Si기판내부에 존재하는 전자들이 쉽게 조종극밑에 표류되어 원천극과 배출극사이의 전도통로를 형성하며 그 결과는 조종극턱전압의 감소로 나타난다.

조종극전압이 3.5V인 경우 FZ44와 BTS432의 γ 선조임선량에 따르는 배출극전압—전류특성변화는 그림 2, 3과 같다.

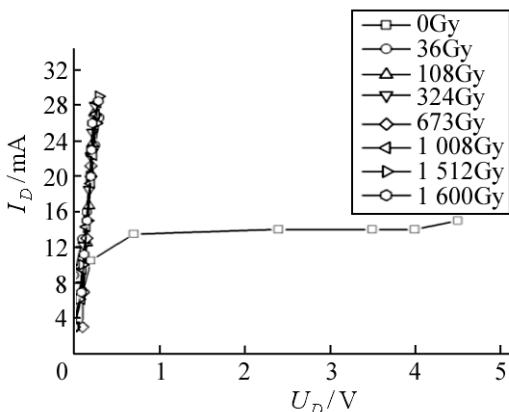


그림 2. 조종극전압이 3.5V인 경우 FZ44의 γ 선조임선량에 따르는 배출극전압—전류특성변화

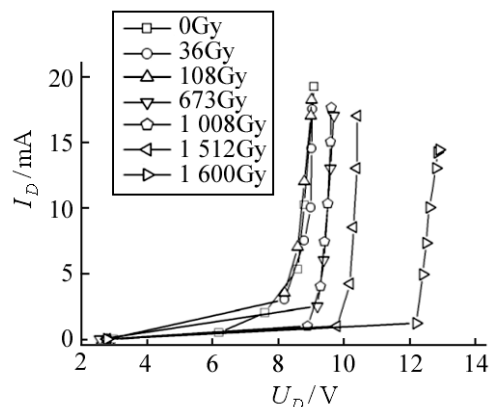


그림 3. 조종극전압이 3V인 경우 BTS432의 γ 선조임선량에 따르는 배출극전압—전류특성변화

그림 2와 3에서 보는바와 같이 주어진 배출극전압에 대하여 출력소자들의 배출극전류가 방사선조임에 의하여 감소한다는것 즉 통로의 비저항이 증가한다는것을 알수 있다. 이것은 n통로형소자의 경우 조종극에 걸린 정의 편의원압에 비하여 산화물층속에 양이온들이 전도통로전자들에 더 가까이 존재하므로 끌롱인력이 더 크기때문이다.

MOSFET소자에서 이러한 특성변화들이 나타나는데는 소자의 조종극밑에 존재하는 산화물과 산화물—반도체경계에서 방사선조임에 의해 생겨난 양전하때문이다.

γ 선조임은 SiO_2 층에서 결정원자들에 대한 이온화효과에 의하여 구멍—전자쌍을 형성한다. 이때 형성된 구멍—전자쌍은 조종극에 걸리는 전기마당의 작용으로 서로 반대방향으로 이동하는데 이동도가 큰 전자(방온도이동도 $20\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$)들은 빨리 빠져나가지만 구멍(방온도이동도 $1.6\cdot 10^{-5}\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$)들은 산화물속에 있는 여러 포획중심에 포획되어

양전하를 형성하게 된다. 이때 조종극에 정의 전압이 걸려있다면 구멍들은 SiO_2/Si 경계 쪽으로 밀려가면서 산화물양전하를 더 증가시키며 반대로 조종극에 부의 전압이 걸려있으면 구멍들이 조종극쪽으로 표류되어 산화막밑에 밀집되게 된다.

이로부터 pMOSFET소자들은 일반적으로 nMOSFET소자들보다 이온화복사선에 대한 견딜성이 더 높다는것을 알수 있다.

맺 는 말

1) γ 선조임선량에 따라 조종극턱전압은 감소하며 배출극-원천극통로의 비저항은 증가한다는것을 실험적으로 확인하였다.

2) 이온화방사선조임을 받은 출력MOSFET소자들에서 나타나는 전기적특성변화의 물림새를 밝혔다.

참 고 문 헌

- [1] Andrea Cester et al.; IEEE. Trans. Nucl. Sci., 51, 6, 3150, 2004.
- [2] 薛玉雄 等; 核电子学与探测技术, 28, 3, 538, 2008.
- [3] 刘刚 等; 辐射研究与辐射工艺学报, 24, 4, 201, 2006.

주체108(2019)년 12월 5일 원고접수

The Change of Electrical Characteristics by $^{60}\text{Co}-\gamma$ Ray Irradiation in Power MOSFET Demagnetisation

Kim Sin Hyok, Ko Pyong Chun and Pae Song Gil

We have experimentally confirmed that the gate threshold voltage decreases and the drain-source channel resistivity increases with γ ray irradiation dose. We have found the change mechanism of electrical characteristics in power MOSFET demagnetisation irradiated with a ionization radiation.

Keywords: MOSFET, drain-source