

Co<sup>60</sup>- $\gamma$  선 조사에 따른 MOS 구조의 계면 및

## 산화막내에서의 특성변화

The Variation of Characteristics Induced by Co<sup>60</sup> -  $\gamma$  ray  
at the Interface and Oxide Layer of MOS Structure

김봉흡\* · 류부형\*\* · 이상돈\*

(Bong-Heup Kim · Boo-Hyung Ryu · Sang-Don Lee)

## 요 약

P형 Si(100)로 제작한 MOS 커패시터에 Co<sup>60</sup>- $\gamma$  선을 조사한 후 고주파 C-V 특성 곡선으로 부터 방사선 조사에 의해 유발된 산화막안의 트랩전하의 거동 및 Si-SiO<sub>2</sub> 계면에서의 트랩밀도 분포의 변화를 검토하였다.

산화막 트랩전하는  $\gamma$  선 흡수선량 증가와 더불어 증가하다가 10<sup>7</sup>rad 부근에서부터 서서히 포화하는 경향이 나타났으며, 계면트랩밀도의 분포모양은 흡수선량의 증가와 더불어 전형적인 이그리진 W자형에서 넓혀진 V자형 분포로 변화하였으나 최소값은 항상 진성페르미준위(E<sub>i</sub>) 부근에 있었으며, 그 밀도는 1.0×10<sup>11</sup>~7.5×10<sup>11</sup>[ 개/cm<sup>2</sup>/eV]로 계산되었다. 또한, 일정 바이어스전압하에서의 조사선량에 따른 V<sub>fb</sub>의 변화는 10<sup>7</sup>~10<sup>8</sup>rad 부근에서 가장 크게 나타났으며, 일정 선량하에서 인가된 바이어스전압의 변동에 따른 V<sub>fb</sub>의 변화는 현저하지는 않았으나 바이어스 전압을 +12V로 인가할 때 변화방향의 반전상태가 관측되었다.

그 이유로는 Si 측의 계면 부근에서 일어난 눈사태(avalanche) 전자가 산화막내로 주입됨에 따라 도너형 양전하의 수가 감소되기 때문으로 추정되었다.

## ABSTRACT

In order to investigate the behavior of trapped carriers in the oxide layer as well as the variational profile of the trap density distribution at the interface between Si and SiO<sub>2</sub> of MOS capacitor, the specimen fabricated by p type Si wafer oriented parallel to (100) were subjected, with the different experimental conditions, to the irradiation of CO<sup>60</sup>- $\gamma$  ray and then the

\* 한양대학교 전기공학과

\*\* 한국에너지 연구소 원자력안전센터

measurements were carried out with high frequency signal to observe the capacitance - voltage (C-V) characteristics.

As the results of the analysis for the obtained characteristics, it was concluded that the amounts of charge were increased as increasing with the absorbed dose up to about  $10^8$  [rad] where the initiation of saturation trend was observed, and the distribution profile of the interface trap density gradually shifted from the typical distorted W shape to the broad V shape as increasing the absorbed dose, however, the minimum point of the density on respective profile was always near the intrinsic Fermi level of silicon and the variational range of density was estimated as  $1.0 \times 10^{11} - 7.5 \times 10^{11}$  [ /  $\text{cm}^2/\text{eV}$ ].

Furthermore the maximum change of flat band voltage,  $V_{fb}$ , was occurred about  $10^7 - 10^8$  [rad] on the dose dependent C-V characteristics obtained with the impression of the constant bias voltage, but the pretty small variation of  $V_{fb}$  was observed only on the bias voltage dependent C-V characteristics obtained with the constant dose irradiation.

One of the exceptional unique feature observed on the latter characteristics was the fact that the decrease of  $V_{fb}$  was occurred at about +12V as increasing the bias voltage, and that the interpretation of the fact was attributed to the neutralization process of the donor-like positive charges in the oxide layer with the injected avalanche electron which was originated initially in the region of the interface of silicon.

## 1. 서 론

MOS구조의 반도체 소자는 상업적인 이용 가능성이 1963년에 Grove, Deal, Snow등에 의해 제안된 후, 현재로서는 MOSFET로서 직접회로(IC) 등에 널리 사용됨에 따라 환경조건이 MOS구조에 미치는 영향에 대한 연구의 중요성이 강조되어 오고 있다.

특히, 최근에는 MOSFET 또는 IC등을 이용한 기기들이 방사선장 내에서 불가피하게 사용되는 추세가 증가함에 따라, MOS 소자의 방사선손상에 관한 연구의 필요성이 강조되어 왔으며, 이미 Speth와 Giroux, R.A.Gudla, Winokur 등은 반도체에 방사선을 조사하였을 때 산화막에 형성되는 공간전하, 산화막 및 계면의 트랩전하 등에 대한 연구결과를 발표하였다. 1), 2)

일반적으로,  $\gamma$ 선은 에너지에 따라 물질과 몇가지 다른 기구로 상호작용을 하지만 모두 자유전자의 발생이 수반되며, 결과적으로 구속전자가 유리되는 경우에는 전자-정공 쌍의 발생과 전자트랩으로서의 결합 등이 발생하

로 이와같은 현상이 MOS구조의 산화막 내에서 일어날 때에 MOS의 특성 변화에 민감한 영향을 미칠 것이라는 사실은 명백하게 추정된다. 3), 4)

본 연구에서는 이와같은 견지에서 P형 Si 웨이퍼를 기판으로 하여 제작한 MOS 커패시터에 각각 다른 게이트 바이어스전압을 인가한 상태에서 Co<sup>60</sup>- $\gamma$ 선의 흡수선량을 변화시키면서 고주파 C-V특성을 측정하여 산화막 내에 생성된 전하 및 Si-SiO<sub>2</sub> 계면에서의 상태밀도 변화를 흡수선량 및 방사선 조사시 인가한 바이어스전압과의 상관 관계로 파악하였다.

## 2. 관계이론

### 2.1. MOS 커패시터의 계면 트랩밀도

MOS 커패시터에 바이어스 전압  $V_g$ 를 인가할 때, strong inversion 상태하에서는 그림 1에서와 같이 전하의 중성조건으로부터

$$Q_g + Q_{ss} + \int_{x=-T_{ox}}^{x=0} \rho_{ox}(x) dx + Q_{total} = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

의 관계가 성립되며,<sup>5)</sup> 여기서  $Q_g$ 는 전극의 전하밀도,  $Q_{ss}$ 는 산화막 내의 고정전하  $Q_f$ 와 계면트랩전하  $Q_{it}$ 의 합,  $Q_{total}$ 은 반전층전하  $Q_{inv}$ 과 공핍층전하  $Q_{sd}$ 의 합을 나타내고 적분항은 산화막 내의 이동전하 및 트랩전하의 합을 전하밀도  $\rho_{ox}(x)$ 의 함수로 표시한 것이다.

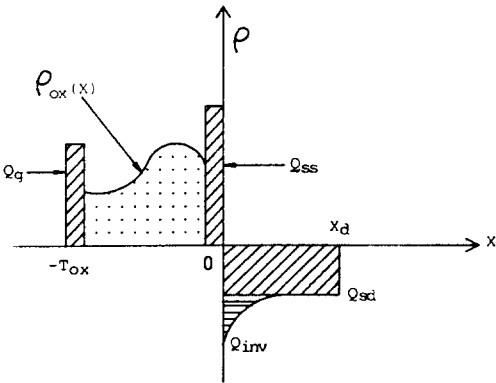


그림 1. MOS 구조에서의 전하분포  
Fig 1. Charge distribution profile in MOS structure.

MOS구조에 방사선을 조사할 때, 게이트전압  $V_g > 0$ 을 인가하여 식(1)의 적분항인  $Q_{ox}$ 가 계면 가까이로 이동하였다면  $Q_{ox}$ 는  $Q_{ss}$ 항에 포함할 수 있게 되므로 식(1)은

$$Q_g + Q_{ss} + Q_{total} = 0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

으로 변형되며, 인가된 게이트전압  $V_g = V_{ox} + \phi_{ms}' + \phi_s$ 이다. 따라서 정전용량은

$$C_{total} = \frac{dQ_g}{dV_{ox} + d\phi_s} = \left( \frac{dV_{ox}}{dQ_g} + \frac{d\phi_s}{dQ_g} \right)^{-1} \quad \dots\dots\dots (3)$$

으로 표현되며, 식(3)에서  $dQ_g/dV_{ox} = C_{ox}$ 이고  $dQ_g/d\phi_s$ 는 식(2)로부터

$$\frac{dQ_g}{d\phi_s} = - \frac{dQ_{total}}{d\phi_s} = \frac{dQ_{ss}}{d\phi_s} \quad \dots\dots\dots (4)$$

로 표현된다.

단, 여기서  $V_{ox}$ ,  $\phi_s$ 는 각각 산화막에 걸리는 전압, Si의 표면전위이다.

또한 식(4)에서  $C_{sd} = -dQ_{total}/d\phi_s$ 는 표면공간전하영역(surface space charge region)의 정전용량이며,  $Q_{ss}$ 를 형성하는 산화막내의 고정전하, 이동전하 및 산화막트랩전하들은  $\phi_s$ 와는 무관하며  $\phi_s$ 에 영향을 미치는 것은 계면트랩전하  $Q_{it}$ 뿐이므로<sup>6)</sup> 이것만을 고려하면 식(4)의 마지막 항은  $Q_{it}$ 에 의한 정전용량  $C_{it} = -dQ_{it}/d\phi_s$ 로 대체할 수 있다. 따라서, 식(3)은

$$C_{total} = \left( \frac{1}{C_{ox}} + \frac{1}{C_{sd} + C_{it}} \right)^{-1}$$

로 표시된다.

다음, MOS 커패시터의 C-V 특성으로부터 Si-SiO<sub>2</sub> 계면에 트랩된 전하밀도  $D_{it}$ 를 계산하는 방법은 여러가지 방법이 있지만 그중 Terman method를<sup>7)</sup> 사용하면 고주파 C-V 특성으로부터 계면트랩밀도 분포를 간편하게 구할 수 있다.

지금 p형 MOS 커패시터에서 계면의 도너형 트랩들은 일반적으로 정(+)의 상태로 존재하게 되지만 반전상태로 진전하여감에 따라 트랩에 전자들이 포획됨으로써 정(+)의 전하가 점점 감소하는 결과, C-V 특성은 부(-)방향

으로 변위하며, 또 이그러지거나 (distortion) 기울기가 완만해지는 stretch-out 현상이 나타난다.<sup>8)</sup>

이 경우, 식(2)에서  $Q_{ss}$  를  $Q_{it}$  로 치환한 후 전하의 중성조건을 다시 정리하면

$$Q_{ox}(V_g - \phi_s) = -Q_{it}(\phi_s) - Q_{total}(\phi_s) \dots\dots\dots (5)$$

로 표현할 수 있으며,  $V_g$  의 변화에 대한  $\phi_s$  의 변화사이에는

$$C_{ox} dV_g = [C_{ox} + C_{it}(\phi_s) + C_{sd}(\phi_s)] d\phi_s \dots\dots\dots (6)$$

의 관계가 성립한다.

다음, 식(6)을 정리하면

$$C_{it}(\phi_s) = C_{ox} \left[ \left( \frac{d\phi_s}{dV_g} \right)^{-1} - 1 \right] - C_{sd}(\phi_s) \dots\dots\dots (7)$$

이 된다.

식(7)의  $C_{it}(\phi_s)$  는 일반적으로 계면에 존재하는 도너형과 억셉터형 트랩들의 기여가 합쳐져 표현된 것이므로 이들의 단위  $\phi_s$  당의 밀도를 각각  $D_{it}^d(\phi_s)$ ,  $D_{it}^a(\phi_s)$  라 하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

즉,

$$C_{it}(\phi_s) = q \left[ D_{it}^d(\phi_s) + D_{it}^a(\phi_s) \right] = q D_{it}(\phi_s) \dots\dots\dots (8)$$

로 되며, 따라서 계면트랩밀도는 식(7), (8)로부터

$$D_{it} = \frac{C_{ox}}{q} \left[ \left( \frac{d\phi_s}{dV_g} \right)^{-1} - 1 \right] - \frac{C_{sd}(\phi_s)}{q} \dots\dots\dots (9)$$

가 된다.

실제의 측정에서  $d\phi_s/dV_g$  의 값은 임의의 고주파 전압  $V_g$  를 가했을 때의 정전용량을  $C_{hf}(V_g)$  라 할 때,  $d\phi_s/dV_g = 1 - C_{hf}(V_g)/C_{ox}$  의 관계로부터 구할 수 있으며,<sup>9)</sup> 수치 해석 기법을 이용하여  $\phi_s$  와  $V_g$  의 관계를 계산하면 에너지밴드 갭 내에서의 계면트랩분포를 알 수 있다.

2.2.  $\gamma$ 선 조사에 의한 공간전하 형성

p형 MOS 커패시터에 직류전압  $V_g > 0$  를 인가하고  $\gamma$  선을 조사하면 산화막 내부에 전자-정공 쌍이 생성되며  $V_g$  로 인해 그림 2에서와 같이 정공은 Si 쪽으로, 전자는 금속전극쪽으로 이동하게 된다.

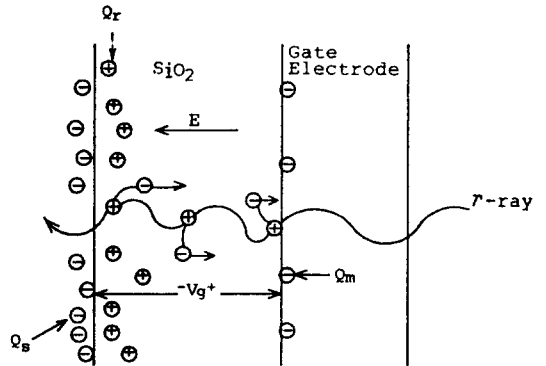


그림 2. 이온화 방사선으로 형성된 공간전하의 정(+) 바이어스 전압하에서의 거동  
Fig 2. Kinetic behavior of the space charge produced by irradiation under the positive bias voltage.

그러나, 이동도가 상대적으로 큰 전자( $\mu_e \gg \mu_h$ ) 들은  $V_g$  에 의해 금속전극으로 빠져 나오지만 비교적 이동도가 작은 정공들은 산화막 내에서 트랩되거나 또는 전자와 재결합하는데 소비된다.<sup>1)</sup>

따라서, 방사선 조사에 의해 생성된 전자들은 쉽게 제거될 수 있으며, 또한 Si-SiO<sub>2</sub> 사이의 큰 전위장벽 때문에 Si로부터 전자가 SiO<sub>2</sub> 내로 주입되기도 어려우므로 Si-SiO<sub>2</sub> 계면에는 정공만이 트랩되어 공간전하 Q<sub>r</sub>에 의한 층이 형성된다. 4), 10)

정전하인 Q<sub>r</sub>은 바이어스전압의 크기 및 방사선 조사선량에 비례하며, Q<sub>r</sub>의 증가와 더불어 공간전하층과 전극 사이(산화막 내부)에 형성된 전계 E의 크기는 점점 감소하며, E=0에 이르면 전하의 축적이나 추출(drift out)은 일어나지 않게 된다.

다음, 방사선 조사를 중지하고 전극을 단락시킨 후, 평형상태에 이르렀을 때 Si와 금속 전극에 유기되는 부(-)전하를 각각 Q<sub>s</sub>, Q<sub>m</sub>이라 하면 총 전하량에는 다음의 관계가 성립한다.

$$Q_s + Q_r + Q_m = 0 \dots\dots\dots (10)$$

γ선 조사로서 산화막 내에 생성된 트랩정공전하의 임의의 시간 t 및 거리 x에서의 밀도를 P(x, t)라 하면, 이 값은 x=0에서 최대가 되고 Si-SiO<sub>2</sub>계면으로부터 d의 거리에서는 0으로 감소한다고 가정하면 그 분포 양상은 그림 3과 같이 될 것이다. 4)

지금, 산화막의 두께를 T<sub>ox</sub>라 하면 그림으로 부터 각각의 전하들은

$$Q_r(t) = q \int_{x=0}^d P(x, t) dx \dots\dots\dots (11)$$

$$Q_s(t) = -q \int_{x=0}^d \frac{T_{ox} - x}{T_{ox}} P(x, t) dx \dots\dots\dots (12)$$

$$Q_m(t) = -q \int_{x=0}^d \frac{x}{T_{ox}} P(x, t) dx \dots\dots\dots (13)$$

로 표현되며, 여기서 Q<sub>r</sub>은 MOS 커패시터의

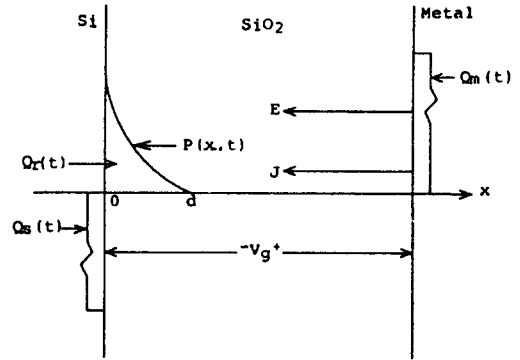


그림 3. 정(+) 바이어스 전압하에서 γ선 조사 중 SiO<sub>2</sub> 층에 형성된 전하밀도의 분포  
Fig 3. Distribution of charge density in SiO<sub>2</sub> layer, built up during γ ray irradiation under the condition of positive bias voltage.

계면 부근에 존재하는 산화막트랩전하이므로 C-V특성에서 전압변위로 나타나게 하는 원인이 된다.

### 3. 실험

#### 3.1. 시편의 제작

비저항 5~15Ω·cm, 결정방향이 (100)인 p형 Si 웨이퍼를 1100℃에서 습식 열산화법으로 6000Å의 field 산화막을 성장시킨 후, 외부로부터의 이질적인 전하 (inhomogeneous charge)의 유입을 방지하고 ohmic contact을 위해 p<sup>+</sup> 확산층을 형성하여 가-드링을 구성하였다.

또, 게이트산화막은 field 산화막을 에칭한 후, 0.6%의 TCE(trichloroethylene)분위기에서 1000℃로 열산화시켜 450±50Å의 두께로 형성하고 산화막고정전하의 감소를 위해 질소 분위기내에서 동일한 온도로 30분간 어닐링하였다.

게이트와 가-드링 전극은 5000Å 두께로

Al을 증착하였으며, 게이트의 면적은  $500\mu\text{m} \times 500\mu\text{m}$ 로 구성하였다.

I-V특성을 측정하여 가-드 링과 전극간의 ohmic contact 여부를 확인하였으며, 인쇄기판에 시편을 고정시키고 초음파 wedge bonding을 하여 방사선 조사용 시편을 완성하였다.

제작한 시편의 단면도는 그림 4와 같다.

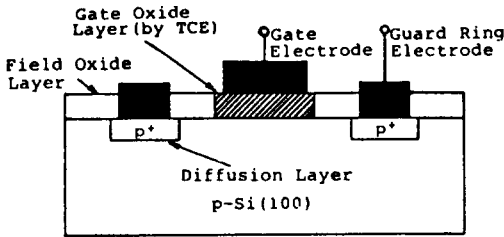


그림 4. 제작한 MOS 시편의 단면도  
Fig 4. The cross section of the fabricated MOS specimen.

3.2. 방사선 조사

제작된 MOS 커패시터의 C-V특성의 선량 의존성 및 전압의존성을 확인하기 위해 방사선 조사중 걸어준 바이어스 전압을  $-6\text{V} \sim +12\text{V}$ 의 범위에서 변화시켰으며, 선량은 10,000 Ci의 Co<sup>60</sup>- $\gamma$  선원을 이용하여  $10^7\text{rad/day}$ 의 선량률로  $10^4\text{rad} \sim 10^8\text{rad}$  사이를 조사하였다.

3.3. C-V 특성의 변화

그림 5와 같이 구성된, personal computer로 제어하는 고주파 C-V 측정장치를 이용하여 조사된 시편 160개에 대해 C-V 특성을 측정하였으며, 시편에는  $30\text{mV}(\text{rms}) \pm 0.5\%$ ,  $937.5\text{KHz}$ 의 정현파전압과  $-10 \sim +10\text{V}$ 의 ramp bias를 중첩시켜 인가하였다.

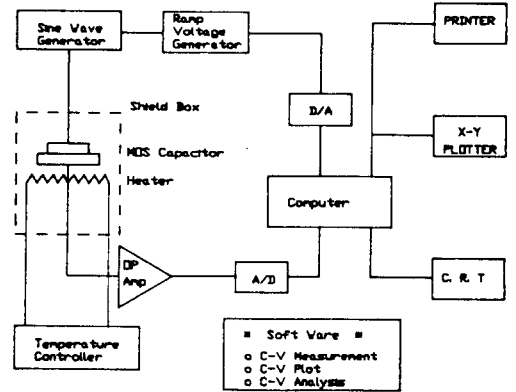


그림 5. 용량-전압특성 측정장치의 Block-diagram  
Fig 5. The block diagram for the measurement of C-V characteristics.

다음, 측정된 C-V 특성을 관례적인 delta-depletion method로 작성한 수치해석 프로그램에 의해 해석하여 산화막 트랩전하를 계산하였으며 식(9)의 관계를 이용하여  $\phi_s$ 와  $V_g$ 의 비를 구한 다음 이상적인 C-V 곡선과 비교하여  $D_{it}$ 의 분포상태를 분석하였다.

4. 결과 및 검토

4.1. C-V 특성의 변화

그림 6은  $+3\text{V}$ 의 바이어스를 가한 상태에서 선량을  $10^4\text{rad} \sim 10^8\text{rad}$ 로 변화시키면서  $\gamma$ 선을 조사한 후, 고주파신호( $937.5\text{KHz}$ )에서 측정된 C-V 특성이며 그림 7은  $10^7\text{rad}$ 의 선량으로 조사하였을 때 바이어스 전압의 변화에 따른 C-V특성 변화를 도시한 것이다.

그림 6에서  $10^4, 10^5\text{rad}$ 에서는  $V_{fb}$ 의 적은 변화만이 관측되지만  $10^6\text{rad}$ 에서  $V_{fb}$ 의 변위가 커지고 곡선의 경사가 완만해지기(stretch out) 시작하여  $10^7, 10^8\text{rad}$ 에서는 변화량이 매우 커짐을 알 수 있다.

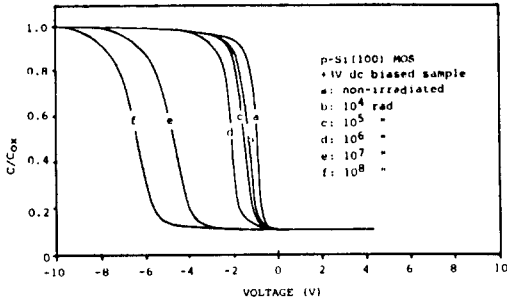


그림 6. 일정 바이어스 전압에서 여러 선량으로 조사된 시료의 C-V 특성곡선  
**Fig 6. Dose dependent C-V characteristics of the specimen irradiated under the constant bias voltage.**

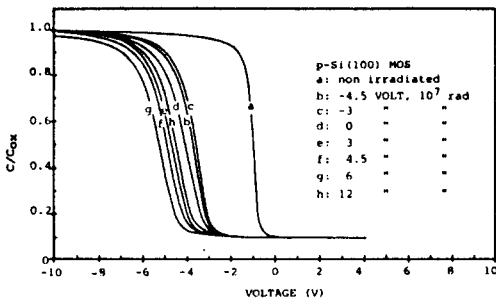


그림 7. 일정 조사선량  $10^7$  rad에서 바이어스 전압 변화에 따른 시료의 C-V 특성곡선  
**Fig 7. Bias voltage dependent C-V characteristics of the specimen observe under the irradiation of the constant dose,  $10^7$  rad.**

이것은 이온화 방사선의 흡수선량 증가와 더불어 산화막 내의 트랩전하가 증가하며 계면에서의 공간전하가 실질적으로 증가하므로  $V_{fb}$ 의 변위가 일어나고 또, 계면트랩의 상태수가 증가하여 곡선의 경사가 완만해지는 것을 의미한다.<sup>11)</sup>

특히,  $10^7$  및  $10^8$  rad에서 급격한  $V_{fb}$ 의 변화를 보이는 것은 다량의  $\gamma$ 선 에너지 흡수로 인한 트랩전하의 급격한 증가를 의미하는

것으로 해석된다.

또, 그림 6에서  $\gamma$ 선 조사시 인가한 바이어스 전압의 증가에 따라  $V_{fb}$ 의 변위가 커지는 것은  $\gamma$ 선 조사에 의해 생성된 전자-정공 쌍들로부터 금속전극으로 추출(drift out)되는 전자가 증가한 결과이며, 역방향 바이어스 전압을 인가하였을 경우  $V_{fb}$ 의 변위가 적은 것은  $Q_r$ 이 금속전극-산화막 계면으로 이동하므로 Si-SiO<sub>2</sub> 계면에서의 유효전하가 감소하기 때문인 것이라고 생각할 수 있다.

그리고, +12 V의 바이어스를 인가한 시편이 +6V를 인가한 시편보다  $V_{fb}$ 의 변위가 적은 것은 Si-SiO<sub>2</sub> 계면에  $6 \times 10^6$  V/cm이상의 강한 전계가 작용하여 발생한 전자누사태 항복(avalanche breakdown)<sup>12)</sup>에 의해 Si에서 SiO<sub>2</sub>로 넘어온 전자들이 트랩된 정공들과 결합하여  $Q_r$ 을 감소시켰기 때문인 것으로 사료된다.

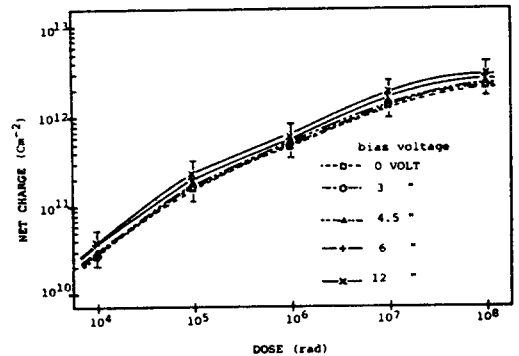


그림 8. 산화막내 전하의 선량의존성  
**Fig 8. Dose dependent characteristics of charge yielded in the oxide layer.**

또한, 산화막내 총전하량의 흡수선량에 따른 변화는 그림 8과 같이 선량의 증가에 따라 증가함을 나타내고 있으며,  $10^6$  rad부터는 증

가량이 둔화되며 10<sup>7</sup> rad 이상에서 서서히 포화되어가는 경향이 있음을 알 수 있었다.

**4.2. 흡수선량 및 전압에 따른 계면트랩의 변화**

그림 9는 +6 V의 일정한 바이어스를 인가하고 각각 다른 방사선량을 조사한 MOS 커패시터의 계면트랩밀도 D<sub>it</sub>의 변화를 식(9)를 이용하여 계산한 결과를 도시한 것이다.

계면트랩은 Si의 에너지 밴드갭 내에서 전형적인 W자형 분포로부터 흡수선량의 증가와 더불어 V자형 분포로 변형되나 D<sub>it</sub>의 최소값은 항상 진성 페르미준위 부근에서 나타나고 있다.

D<sub>it</sub> 값은 10<sup>4</sup> rad에서는 약 1.0×10<sup>11</sup> [/cm<sup>2</sup>/eV], 10<sup>8</sup> rad에서는 7.5×10<sup>11</sup> [/cm<sup>2</sup>/eV]로 흡수선량 증가에 따라 증가해감을 나타내고 있다.

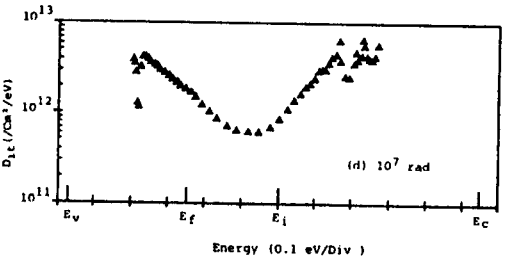
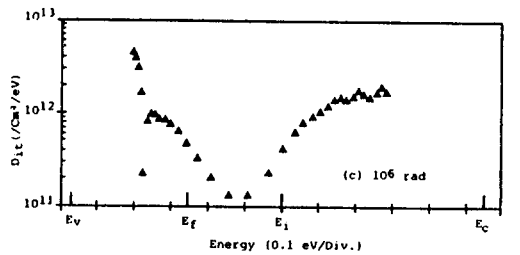
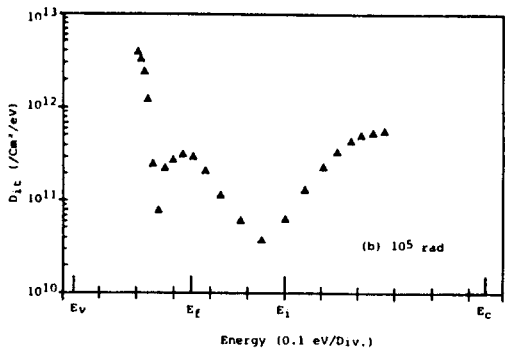
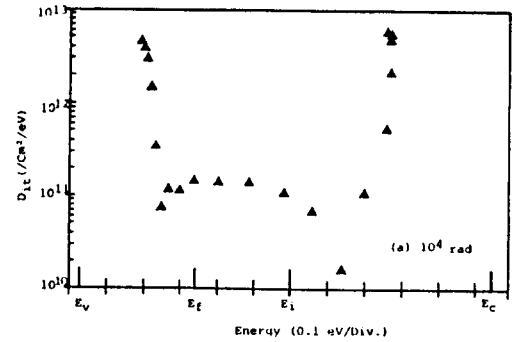
또한, 계속적인 실험결과의 상세한 검토에 의하면 계면트랩밀도는 방사선 조사시 인가한 전계의 세기에는 거의 무관하나 전계의 방향에 따라서는 변화함을 보여주었으며, 이것은 방사선조사에 의해 Si-SiO<sub>2</sub> 계면에서 Bond Breaking에 의해 생성된 결합 및 계면 가까이에서 생성된 산화막트랩전하들이 전계의 방향에 따라 이동방향에 영향을 받기 때문인 것으로 해석된다.<sup>2)</sup>

**5. 결 론**

비저항 5~15 $\Omega$ ·cm, 결정방향 (100)인 p형 Si 웨이퍼로 제작한 450±50Å의 산화막 두께를 갖는 MOS 커패시터에 방사선 조사시 인가한 게이트전압 및 선량을 변화시키면서 Co<sup>60</sup>- $\gamma$  선을 조사한 후 측정된 고주파 C-V 특성을 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었

다.

1) 산화막 내의 트랩전하는  $\gamma$  선 흡수선량 증가와 더불어 증가하였으나 10<sup>7</sup> rad 이상에서 서서히 포화되는 경향이 나타났다.





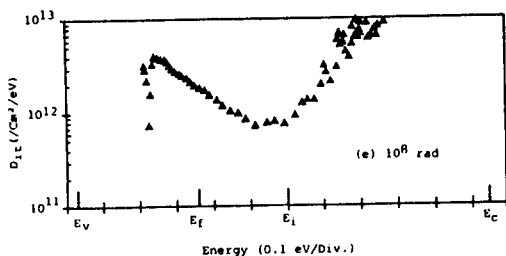


그림 9. 방사선 조사에 따른 계면트랩밀도 분포의 변화양상

Fig 9. Dose dependent variational feature representing the distribution of the interface trap density.

2) Si-SiO<sub>2</sub> 계면에서의 트랩밀도 분포모양은 Si 에너지밴드의 금지대 내에서 흡수선량의 증가와 더불어 전형적인 W자형 분포에서 V자형 분포로 변형되나 그 최소값은 항상 진성 페르미준위 부근에 있었으며, D<sub>it</sub>는 1.0 × 10<sup>11</sup> ~ 7.5 × 10<sup>11</sup> [/cm<sup>2</sup>/eV] 정도였다.

3) γ선 흡수선량의 증가와 더불어 전자-정공쌍 생성이 증가하여 V<sub>fb</sub>의 크기도 증가하였으며 10<sup>7</sup>~10<sup>8</sup>rad 부근에서 급격한 변화를 나타내었다.

4) V<sub>fb</sub>는 γ선 조사시 인가한 전압의 크기에 따라서는 큰 변화가 일어나지 않았으나 ±12V의 바이어스전압을 인가한 시편에서는 변화의 반전현상이 관측되었다.

### 참 고 문 헌

1) P.S.Winokur et al.; "Dependence of interface state buildup on hole generation and

transport in irradiated MOS capacitors", *IEEE Trans. on Nucl. Sci.*, **NS-23**, 1580-1585, 1976.

2) R.A.Gudla; "The effects of processing in radiation damage in SiO<sub>2</sub>", *Digest of IEDM*, 148-150, 1977.

3) A.S.Grove and E.H.Snow; "A model for radiation damage in metal-oxide-semiconductor structures", *Proc. of IEEE*, **54**, 894-895, 1966.

4) J.T.Mitchell; "Radiation-induced space charge build-up in MOS structures", *IEEE Trans. on Elec. Dev.*, **ED-14**, 764, 1967.

5) P. Richman; "MOS field-effect transistor and integrated circuits", Wiley-New York, 31, 1973.

6) E.H.Nicollian and J.R. Brews; "MOS physics and technology", Wiley-New York, 327, 1982.

7) E.H. Nicollian and J.R. Brews (see reference 6), *ibid.*, 325-328.

8) W.E. Beadle et al.; *Quik reference manual*, 3, Ch. 14, Bell Lab., 37, 1982.

9) S.M. Sze; "Physics of semiconductor devices, 2nd. ed.", Wiley-New York, 383, 1981.

10) D.S. Peak et al.; "Surface effects of radiation on transistors", *Bell Sys. Tec. J.*, **42**, 95, 1963.

11) 김봉흡 외 2인; "방사선조사에 의한 MOS 구조의 특성변화에 관한 연구," 전기재료 연구회 제 20 회 학술발표논문집, 18-20, 1986.

12) E.H. Nicollian and J.R. Brews (see reference 6), *ibid.*, 495.