

MeV 이온주입에 의한 Retrograde Triple-well 형성시

발생하는 결함제어

Control of Defect Produced in a Retrograde Triple Well Using

MeV Ion Implantation

정희석, 고무순, 김대영, 류한권, 노재상

Hee-Seok Jeong, Moo-Soon Ko, Dae-Young Kim, Han-Gwon Ryu, Jae-Sang Ro

Abstract

This study is about a retrograde triple well employed in the Cell tr. of next DRAM and flash memory. triple well structure is formed deep n-well under the light p-well using MeV ion implantation. MeV P implanted deep n-well was observed to show greatly improved characteristics of electrical isolation and soft error. Junction leakage current, however, showed a critical behavior as a function of implantation and annealing conditions. {311} defects were observed to be responsible for the leakage current. {311} defects were generated near the R_p (projected range) region and grown upward to the surface during annealing. This is study on the defect behavior in device region as a function of implantation and annealing conditions.

Key-Words : Retrograde, Triple-well, Ion-Implant, Cell-Transister, TRIM

1. 서론

본 연구는 Flash memory나 차세대 DRAM 소자의 cell Tr.에 적용시키게 될 Triple Well에 관한 연구이다. 고에너지($\geq 1\text{MeV}$) 이온 주입 기술을 이용하여 retrograde well 하단부에 deep n well을 형성시키는 triple well 구조는 latchup immunity, soft error 및 절연성 등의 전기적 특성을 크게 향상시킬 수 있다. 차세대 Retrograde well 제조 시 사용되는 조사량은 $1 \times 10^{13}/\text{cm}^2$ 이하의 낮은 조사량이므로 이때 발생하는 격자결함에 의한 영향은 비교적 적은

것으로 알려져 있다. 반면 deep n well 형성 시에는 높은 조사량($\geq 1 \times 10^{13}/\text{cm}^2$)과 고에너지가 요구됨으로 이온주입 시 R_p 부근뿐만 아니라 소자구동영역에도 많은 격자결함이 형성되어 누설전류밀도를 증가시키는 주된 원인으로 작용한다. 지금까지 고에너지 이온 주입시 발생하는 격자결함에 관한 연구는 R_p 부근에 집중되었기 때문에 TEM으로 관찰하기에는 부적합한 소자구동영역의 결함 거동에 관해서는 정확한 분석이 이루어져 있지 않다. 본 연구에서는 이온주입 조건 및 열처리 조건 변화에 따른 소자구동 영역에 존재하는 결함 거동에 관하여 연구하였다.

2. 실험방법

P-type, (100) Si wafer에 P, 1.0 ~ 1.4 MeV, $1 \times 10^{13} \sim 2 \times 10^{13}/\text{cm}^2$ 조건으로 이온 주입하여 deep n well를 형성하였다. B, 300 ~ 400 KeV, $8 \times 10^{12} \sim 3 \times 10^{13}/\text{cm}^2$ 와 B, 150 ~ 180 KeV, $2 \times 10^{12} \sim$

* 홍익대학교 금속.재료공학과

(서울시 상수동 홍익대학교,

Fax: 02-334-0750

E-mail: evan123@hanmail.net)

2000년 10월 23일 접수, 1999년 12월 28일 심사완료

$4 \times 10^{12}/\text{cm}^2$ 건으로 이온 주입하여 p well를 형성하였다. 열처리 조건은 1000°C -55min.의 p well 활성화 열처리와 850°C -50min.의 전 산화 공정 열처리 조건을 사용하였으며 두 열처리 공정의 순차에 따른 결함의 거동을 관찰하였다. 소자의 누설 전류밀도는 $0.15\mu\text{m}$ design rule을 적용한 test pattern을 제작하여 평가하였다. 소자구동영역에 존재하는 결함의 발생영역을 관찰하기 위해 angle lapping과 defect etching 후 광학현미경으로 관찰하였으며 결함밀도 및 분포는 defect etching 후 광학현미경으로 관찰하였다. 열처리 후 모재내 oxygen과 이온주입된 이온들의 농도 분포는 SIMS를 사용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

Table 1에 본 연구에 사용된 이온 주입 조건을 나타내었다. 상대적으로 높은 이온주입 에너지를 사용한 high energy triple well과 shallow한 well을 형성하기 위해 에너지와 조사량을 낮춘 low energy triple well을 형성하였다. Fig. 1은 $P/1.4\text{MeV}/2 \times 10^{13}/\text{cm}^2$ 의 deep n-well과, $B/400\text{keV}/3 \times 10^{13}/\text{cm}^2$, $B/180\text{keV}/4 \times 10^{12}/\text{cm}^2$ 의 p-well을 형성한 high energy triple well을 형성한 후 1000°C -55min.의 p-well 활성화 열처리와 850°C -50min.의 전산화 공정을 독립적으로 수행한 경우와 공정 단순화, 소자 오염방지 측면에서 두 열처리 공정을 병합시킨 경우의 누설전류 밀도를 측정된 결과이다. 측정 결과 두 열처리 공정을 병합시킨 경우 누설전류 밀도가 더 증가함을 알 수 있다. 또한 Fig. 2는 $P/1.0\text{MeV}/1 \times 10^{13}/\text{cm}^2$ 의 deep n well과 $B/300\text{keV}/8 \times 10^{12}/\text{cm}^2$, $B/150\text{keV}/2 \times 10^{12}/\text{cm}^2$ 로 형성된 p-well을 가진 low energy triple well의 경우 누설 전류 밀도가 더 증가함을 보여 주고 있다. Fig. 3에서 Beveling을 이용한 defect etching결과 결함이 p-well 부근에서 발생함을 확인하였다. p-well 활성화 열처리와 전 산화공정을 독립적으로 수행한 경우보다 병합시킨 경우 결함 밀도가 4배정도 증가하였다. 누설전류밀도에 영향을 주는 이러한 결함은 Fig. 4에 나타난 TEM으로 관측되는 R_p 부근의 damage영역으로부터 뻗어 나오는 {311}defect로 판단되며 낮은 밀도로 인해 TEM으로 관측하기가 부적절하다. Fig. 5와 6의 defect etching에 의해 관찰된 소자구동영역내의 결함 밀도는 누설전류 증가와 같이 high energy triple well조건보다 low energy triple well조건인 경우 더 증가함을 관찰하였다. 특히 high energy triple well에서는 표면 부근의 결함밀도가 현저히 낮은 반면 low

energy triple well의 경우에는 표면부근이나 모재내의 결함밀도가 일정하여 결함이 거의 수축하지 못하는 것으로 확인되었다. Fig.7에서 온도에 따른 결함 거동을 관측하였다. high energy triple well은 온도가 증가함에 따라 결함밀도가 현저히 감소하지만 low energy triple well은 결함밀도의 증감변화가 거의 없음을 알 수 있다. 따라서 결함은 750°C 이하의 온도에서 형성되며 온도가 증가할수록 수축거동을 하고 이온주입 조건에 따른 수축거동의 정도에 따라 누설전류에 영향을 주는 공핍층내의 결함밀도가 달라지게 되는 것이라 판단된다. 그러나 Fig. 8의 SIMS결과 낮은 조사량으로 인하여 R_p 부근의 gettering 현상은 관찰할 수 없었다. 즉, 소자구동영역내의 결함은 1000°C -55min.의 p-well활성화 열처리시 수축거동을 한 후 거의 모재내 과포화되어 있는 침입형 산소에 고정되고 있는 것으로 판단된다.

4. 결론

Triple well의 누설전류밀도에 영향을 주는 결함은 p-well영역으로부터 성장한 {311}defect로 준안정상의 결함이다. 750°C 이하의 낮은 온도에서 형성되며 열처리 온도 증가에 따라 수축거동을 보인다. 특히 이온주입에너지가 증가할수록 수축거동이 크게 일어나므로 표면부근의 결함밀도는 상대적으로 낮아져 소자의 누설전류밀도가 감소하게 된다. 그러나 triple well은 저조사량을 사용하므로 gettering현상이 일어나지 않아 거의 모든 결함은 수축거동 후 전 산화 공정 열처리시 침입형 산소에 의해 고정된다.

5. 참고문헌

- [1] J.Mitani, et al. *Abst. of Int. Con. on SSDM*, 216 (1995)
- [2] Jae-sang Ro, *thin solid films*. 349, 130 (1999)

Sample Name	Implantation Condition	Well Name
High Energy Triple Well	$P/1.4\text{MeV}/2 \times 10^{13}/\text{cm}^2$	High Energy Deep n-Well
	$B/400\text{keV}/3 \times 10^{13}/\text{cm}^2$	High Energy p-Well
	$B/180\text{keV}/4 \times 10^{12}/\text{cm}^2$	
	$B/20\text{keV}/1 \times 10^{12}/\text{cm}^2$	
	$B/30\text{keV}/1 \times 10^{12}/\text{cm}^2$	V_{th}
$BF_2/40\text{keV}/1 \times 10^{13}/\text{cm}^2$		
Low Energy Triple Well	$P/1.0\text{MeV}/1 \times 10^{13}/\text{cm}^2$	Low Energy Deep n-Well
	$B/300\text{keV}/8 \times 10^{12}/\text{cm}^2$	Low Energy p-Well
	$B/150\text{keV}/2 \times 10^{12}/\text{cm}^2$	
	$B/20\text{keV}/1 \times 10^{12}/\text{cm}^2$	
	$B/30\text{keV}/1 \times 10^{12}/\text{cm}^2$	V_{th}
$BF_2/40\text{keV}/1 \times 10^{13}/\text{cm}^2$		

Table 1 Ion Implantation conditions

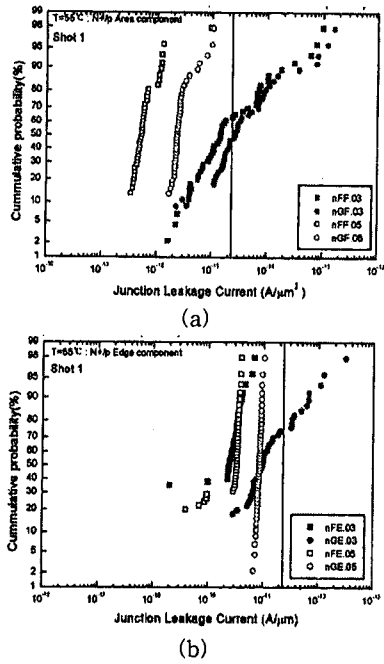


Fig. 1 Leakage current density as annealing condition in high energy triple well. #03 is annealed 1000-55min. p-well annealing and 850°C -50min. pre-oxidation merge #05 is annealed 1000-55min. and 850°C-50min. (a) flat element (b) edge element

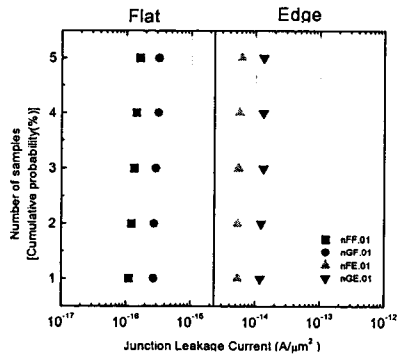


Fig. 2 Leakage current density in low energy triple well annealed 1000-55min. p-well annealing and 850°C-50min.

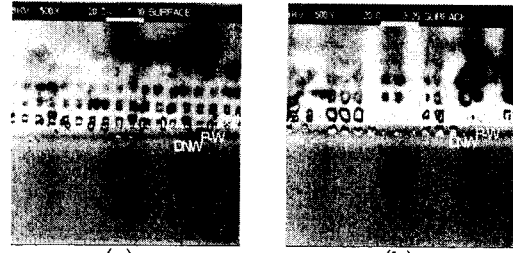


Fig. 3 Optical micrographs showing depth distribution of defects as annealing condition in high energy triple well. samples were 11°5' beveled and etched by wright etching (a) annealed 1000°C-55min. + 850°C-50min. (b) annealed 1000°C-55min. & 850°C-50min merge

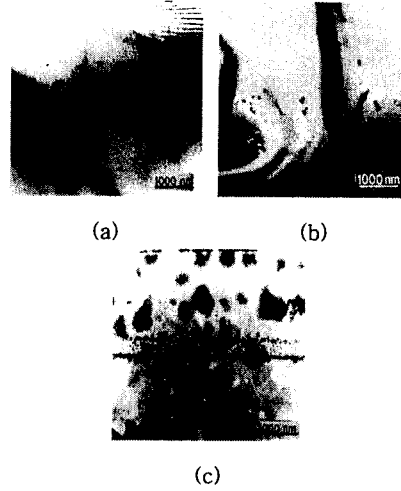
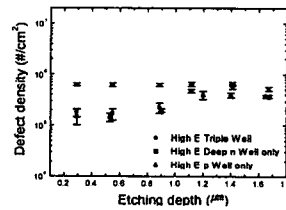
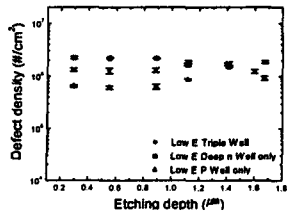


Fig. 4 XTEM micrographs for 1000°C-1hr. anneal samples using 1.5MeV P⁺ implantations (a) D=1 × 10¹⁴/cm² (b) D=3 × 10¹⁴/cm² (c) D=1 × 10¹⁵/cm²

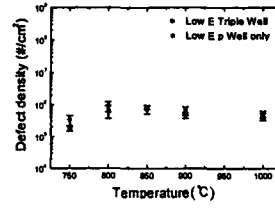


(a)



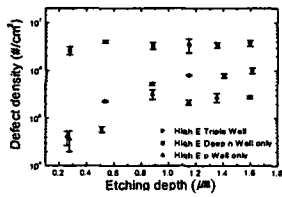
(b)

Fig. 5 Defect density as a function of etching depth. samples were annealed 1000°C-55min. and 850°C-50min. (a)high energy triple well (b) low energy triple well

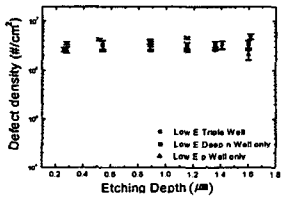


(b)

Fig. 7 Defect density as a function of annealing temperature (a) high energy triple well (b) low energy triple well.

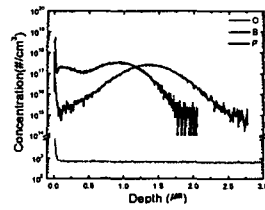


(a)

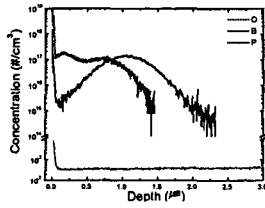


(b)

Fig. 6 Defect density as a function of etching depth. samples were annealed 1000°C-55min. and 850°C-50min. merge (a)high energy triple well (b) low energy triple well

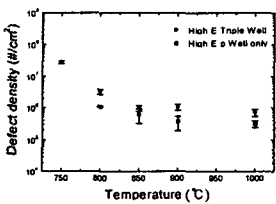


(a)



(b)

Fig. 8 SIMS profiles of oxygen impurities and ions. sample were annealed 1000°C-55min. and 850°C-50min. (a) high energy triple well (b) low energy triple well



(a)