

자기정렬된 Guard Ring을 갖는 새로운 쇼트키 다이오드

A Novel Schottky Diode with the Self-Aligned Guard Ring

車 承 翼* · 曹 永 虎** · 崔 然 益***
(Sung-Ik Cha · Young-Ho Cho · Yearn-Ik Choi)

Abstract - Novel Al-Si Schottky diodes with self-aligned guard rings have been proposed and fabricated using RIE(Reactive Ion Etch). The breakdown voltage of the Schottky diode with the guard ring has been drastically increased to 200V or more in comparison with 46V for the metal overlap Schottky diode.

Key Words : Schottky diode(쇼트키 다이오드), guard ring(가드 링), RIE(반응성 이온 식각), breakdown voltage(항복전압)

1. 서 론

쇼트키 다이오드는 금속-반도체 접합으로 이루어지고 있으며, 스위칭 속도가 빠르다는 장점 때문에 고속 스위칭 소자로서 광범위하게 응용되고 있다. 반면에 쇼트키 다이오드는 역방향 항복전압이 작다는 단점을 지니고 있다. 역바이어스시 금속-반도체 접합 가장자리의 공핍층(depletion region) 곡률반경이 매우 작기 때문에 (일반적으로 $0.5\mu\text{m}$ 이하), 이상적인 평면접합(plane junction)의 항복전압보다 매우 작은 전압에서 ava-

lanche 항복이 일어난다. 이러한 가장자리 효과(edge effect)를 줄임으로써 항복전압을 증가시키고자 금속 중첩 구조[1]와 guard ring구조 [2]가 제안되었다. 금속과 반도체 사이에 SiO_2 와 같은 절연체가 있는 금속중첩 구조는 접합 가장자리에서의 전계를 감소시키고, 따라서 항복전압이 증가되지만 항복전압의 개선 정도가 guard ring구조에 비해 미흡하다. Guard-ring은 μ 영역을 열확산이나 이온주입을 이용하여 접합 가장자리에만 형성시킴으로써 이부분의 전계를 상당히 감소시키고, 따라서 항복전압이 증가하게 된다. 그러나 guard ring을 형성시키기 위하여 추가로 masking step이 요구되고, 이로 인하여 guard ring의 크기가 커져서 스위칭속도 및 전류밀도의 저하를 가져오게 된다.

1983년 Levin[3]은 쇼트키 다이오드 가장자리에

*正 會 員 : 亞洲大 大學院 電子工學科 博士課程
 **正 會 員 : 亞洲大 大學院 電子工學科 碩士課程
 ***正 會 員 : 亞洲大 工大 電子工學科 副教授 · 工博
 接受日字 : 1992年 4月 3日
 1次修正 : 1992年 5月 1日

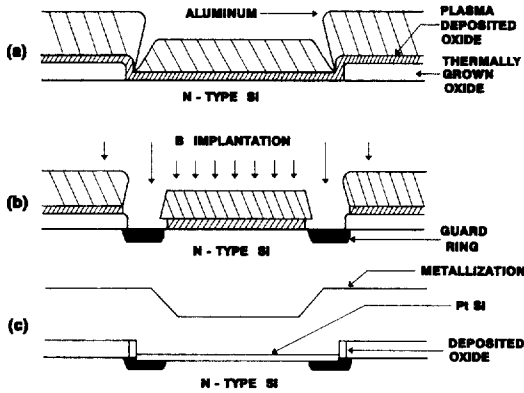


그림 1 자기 정렬된 guard-ring 공정 순서도 [3]
Fig. 1 Self-aligned guard ring process. [3]

작은 guard ring을 자기정렬(self-align)법으로 형성시켰다. 그림 1에 나타낸 바와 같이 plasma CVD와 sacrificial layer로 알루미늄 전극을 증착하여 접합 가장자리에 생긴 증착 필름의 crack을 알루미늄 식각액으로 제거하여, 이부분을 통하여 붕소이온을 주입함으로써 작은 guard ring을 형성시킨다. 비록 self-align을 사용하고는 있으나 공정이 여러단계 추가되고, 알루미늄 crack을 사용하지 때문에 재현성과 균일도가 낮은점이 문제이다.

본 논문에서는 추가 마스크의 사용없이 자기정렬(self-align)과 RIE(Reactive Ion Etch)를 이용하여 작은 guard ring을 형성시킨 쇼트키 다이오드를 시험제작하여 역방향 항복전압을 조사하고자 한다.

2. 소자구조 및 제조공정

본 연구에서 제안한 쇼트키 다이오드와 기존의 쇼트키 다이오드를 비교하기 위하여 동일한 표면 구조를 갖는 쇼트키 다이오드를 제작하였다. 모서리 효과로 인한 항복전압의 감소를 최소화하기 위하여, contact 및 금속전극을 원형으로 하였으며, 금속-반도체 접합이 형성되는 contact circle의 직경은 $200\mu\text{m}$, 금속전극의 직경은 $220\mu\text{m}$ 이었다. p^+ guard ring의 접합 깊이에 따른 항복전압의 변화를 조사하기 위하여 접합깊이 X_j 를 $1.6\mu\text{m}$, $2.6\mu\text{m}$, $3.25\mu\text{m}$, $3.85\mu\text{m}$ 로 변화시켰으며, 이때 RIE 식각깊이는 공히 $2\mu\text{m}$ 로 고정시켰다.

자기정렬된 guard ring을 갖는 쇼트키 다이오드의 제조공정 순서도를 그림2에 나타냈다. 비저항이 $15\Omega \cdot \text{cm}$ 이고 두께가 $30\mu\text{m}$ 인 (100) n/n^+ 형

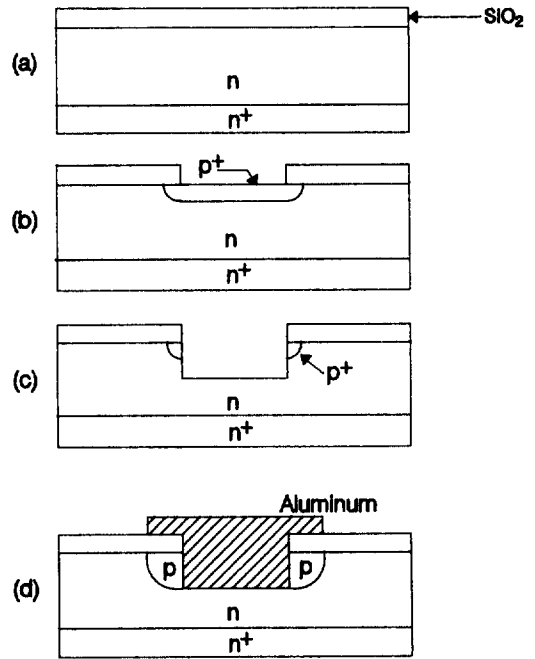


그림 2 쇼트키 다이오드의 제조공정 순서
Fig. 2 Fabrication sequence of the Schottky diode.

에피 웨이퍼를 starting material로 사용하여, 초기 산화막을 1100°C 에서 150분간 성장 시켰으며, 이때 산화막 두께는 약 $1\mu\text{m}$ 이다. 첫번째 마스크를 사용하여 p^+ 확산을 위한 창(window)을 열고, BN1100 고체소스를 사용하여 1000°C 에서 20분간 선확산(predeposition)시킨다. 후확산(drive-in diffusion)을 행하기 전에 RIE(Reactive Ion Etch)를 사용하여 실리콘을 약 $2\mu\text{m}$ 가량 식각한다. RIE 식각시 손상된 실리콘 표면층을 제거하기 위하여 $\text{HNO}_3 : \text{CH}_3\text{COOH} : \text{HF}$ 가 85 : 10 : 5의 체적비로 혼합된 용액에 담금(dipping)으로써 약 500Å 가량 화학부식(chemical etch)시킨다. 후확산은 1100°C , N_2 분위기에서 원하는 접합깊이에 도달하도록 annealing시킨다. 접합깊이가 $2.6\mu\text{m}$ 인 경우 확산시간은 약 60분, $3.85\mu\text{m}$ 인 경우에는 약 210분 가량된다. 알루미늄은 열증착기(thermal evaporator)를 사용하여 증착시켰으며, 알루미늄 패턴을 형성시킨 후 Al-Si계면의 접촉저항을 줄이기 위하여 400°C 에서 10분간 alloy를 시켰다. 한편 기존의 금속증착 쇼트키 다이오드는 그림 2의 (b)에서 p^+ 선확산 및 (c)의 RIE 공정을 생략하고, 기타 공정은 동일하다.

3. 결과 및 고찰

제작한 쇼트키 다이오드의 전류-전압 특성을 측정한 결과, forward voltage drop은 약 0.35V, ideality factor는 1.1, barrier height는 0.8eV가량 되었다. Ideality factor, barrier height가 큰 이유는 RIE에 의하여 손상된 실리콘 표면이 전술한 화학부식에 의하여 완전히 제거되지 않고 남아있기 때문이라고 생각된다. [4] 접합깊이에 따른 항복전압의 변화를 그림 3에 나타냈다. 항복전압 실험치는 약 20개 정도 측정하여 error bar(Φ)로 표시하였으며, 누설 전류가 5μA 흐를 때의 전압을 항복전압으로 규정하였다. 기존의 금속 중첩 쇼트키 다이오드는 항복전압이 약 46V 인데 비하여, 접합깊이가 1.6μm인 경우는 64V, 2.6μm이상이면 항복전압이 대략 200V이상 된다. 따라서 본 연구에서 제안한 쇼트키 다이오드가 금속중첩 다이오드에 비하여 항복전압이 약 4~5배 증가하였음을 알

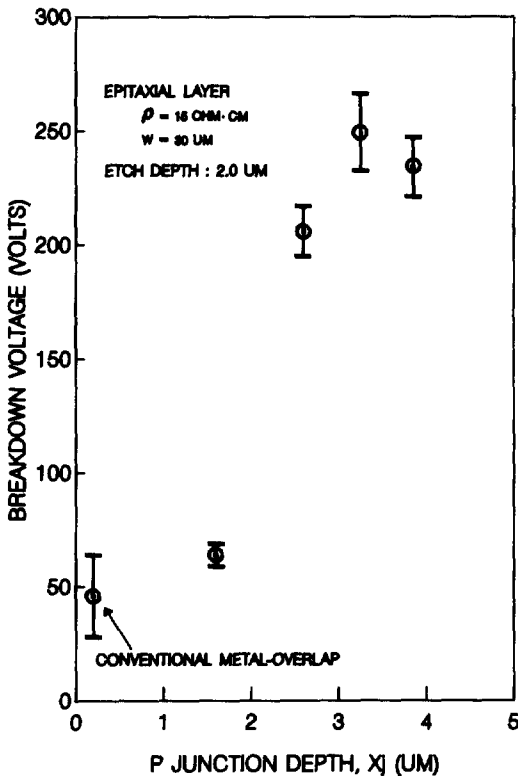


그림 3 접합 깊이에 따른 항복전압의 변화
Fig. 3 Breakdown voltage vs. junction depth.

수 있다. 이것은 자기정렬된 p guard ring이 쇼트키 다이오드의 가장자리에 형성되어서, 항복전압을 상당히 끌어올리고 있기 때문이다. 접합깊이가 1.6μm인 경우는, 식각깊이 2.0μm보다 작기 때문에 p^+ 확산층이 guard ring 역할을 제대로 수행하지 못하고 있어서 기존의 쇼트키 다이오드에 비해 커다란 개선 효과를 주지 못하고 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

RIE를 사용하여 자기정렬된 guard ring을 접합 가장자리에 형성시킨 쇼트키 다이오드는 기존의 금속 중첩 다이오드에 비해서 항복전압에 있어서 상당한 개선효과를 제공하는 것을 실험적으로 확인하였다. 식각깊이를 일정하게 유지하고, 자기정렬된 guard ring의 p^+ 접합깊이를 바꾸면서 항복전압을 측정한 결과 접합깊이가 식각깊이보다 큰 경우에 항복전압의 개선효과가 뚜렷하였으며, 작은 경우에는 별다른 효과가 없었다.

본 논문에서는 쇼트키다이오드의 항복전압에 대하여 실험적으로 조사하였으나, 앞으로 이론치와의 비교 연구가 필요하며 RIE 조건에 따른 barrier height의 변화에 대한 연구도 주요 과제라 생각된다.

이 논문은 1990년도 교육부 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- [1] A. Yu and C. Mead, Solid-St. Electron., Vol. 13, pp. 97~104, 1970.
- [2] M. Lepselter and S. Sze, Bell System Tech. J., Vol. 47, pp. 195~208, Feb. 1968.
- [3] R. Levin and C. Koeneke, IEEE Trans. Electron Devices, Vol. ED-30, pp. 247~249, Mar. 1983.
- [4] C. Ransom and P. Spirito, "Electrical characterization of silicon surfaces exposed to RIE," in Proc. of 6th Symposium on Plasma Processing, Electrochemical Society, 1987, pp. 366~374.