

# 실리콘에 Boron 이온 주입에 의한 Ultrashallow PN접합 형성에 관한 연구

°김 동 수(金東秀), 정 원 채(鄭遠采)

경기대학교 전자공학과

전화 : (0331) 249-9795 / 팩스 : (0331) 249-9796

## A study on Ultrashallow PN junction formation by boron implantation in Silicon

Dong Soo Kim, Won chae Jung

Department of Electronic Engineering Kyonggi University

E-mail : °semicon@kuic.kyonggi.ac.kr

wcjung@kuic.kyonggi.ac.kr

### Abstract

In this paper, we have made a comparison between secondary ion mass spectroscopy(SIMS) data by the 5keV-15keV boron implantation and computer simulation results. In order to make electrical activation of implanted carriers, thermal annealing are carried out by RTP method for 30s at 1000°C. Two dimensional doping concentration distribution from different mask dimensions under inert gas annealing, dry-, and wet-oxidation condition were calculated and simulated with microtec simulator.

### I. 서론

최근의 놀랄만한 반도체 공정 기술의 발전과 CAD 기술의 발전으로 인하여 반도체 소자의 측면 및 수직 면적이 작아짐에 따라 접합 면적이 줄어가고 있다. 접합 면적이 줄어들면 전기적인 활성화 영역이 줄어들음에 따라 고속소자에서 빠른 스위칭 작용이 어렵게 된다. 높은 전기적 활성화는 낮은 접합저항을 필요로 하기 때문에 매우 얇은 접합을 형성하는 것이 무엇보다도 중요하다.[1] 이러한 관점에서 저 에너지 이온주입과 rapid thermal annealing(RTA)은 여러 가지 장점이 있다.

이온 주입은 불순물량을 조절할 수 있어 원하는 범위에 불순물을 주입할 수 있으며 또 측면 퍼짐이 감소하므로 매우 얇은 접합을 얻는데 이점이 있다.

이온주입후 열처리를 함으로써 전기적인 활성화를 높일 수 있다.[2] 본 논문에서는 실리콘 기판 위에 5keV, 10keV, 15keV 에너지로 붕소 이온주입된 농도 프로파일을 secondary ion mass spectroscopy(SIMS)로 측정된 농도 프로파일과 컴퓨터 모의실험 결과를 서로 비교하였다. 마스크폭에 따른 2차원적인 농도 분포를 Microtec 시뮬레이터를 통하여 수직 및 측면 이온 분포를 관찰하였다.

### II. 실험 및 모의실험

이온주입장치를 사용하여 붕소이온(B<sup>+</sup>)의 채널링 효과를 억제하기 위해서 빔 축에 7°의 각도로 실리콘을 위치시켜 SIMS로 측정된 결과와 Icecrem 시뮬레이터를 이용하여 동일 조건에서 붕소를 이온 주입한 결과를 비교하였다. Peak점에서는 SIMS 데이터와 비슷한 결과를 나타내었지만 꼬리 부분으로 갈수록 채널링 효과 때문에 상이한 분포를 나타남을 관찰할 수 있었다. 이온 주입시 주입된 이온의 분포가 대칭적으로 나타나는 데 이온 주입된 전체농도는 식 (1)으로 나타내어진다.

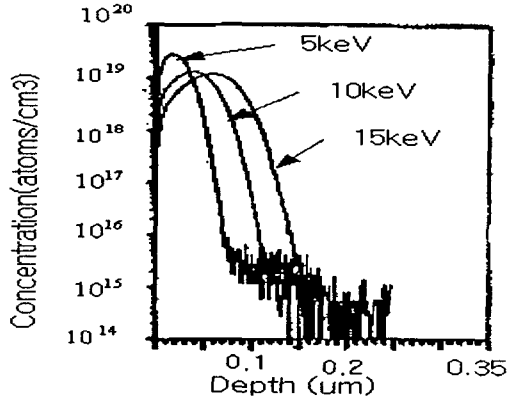


그림 1. 실리콘에 붕소를 5keV-15keV로 이온 주입한 SIMS 측정 데이터.

$$C(x) = N_{\square} \cdot f(x) \quad (1)$$

여기서  $N_{\square}$  는 주입된 이온의 dose량을 나타내고  $C(x)$ 는 깊이에 따른 농도를 의미하며,  $f(x)$ 는 정규화된 분포 함수이다.[2]

$$N_{\square} = \int_0^{\infty} C(x) \cdot dx \quad (2)$$

비정질의 material 경우, 주입된 이온의 분포는 대칭적인 분포로 간단한 가우시안 분포로 표현할 있고 이때 사용되는 2 개의 파라미터는 각각 수직으로 입사된 이온의 평균 range ( $R_p$ ) 와 standard deviation ( $\Delta R_p$ ) 이다. 우선  $R_p$  는 다음의 식으로 주어진다.

$$R_p = \langle x \rangle = \frac{1}{N} \sum_i x_i \quad (3)$$

여기서  $x_i$  는 x 축에서 "i" 이온의 수직 입사된 범위이다.

$$\Delta R_p = \left[ \frac{1}{N} \left( \sum_i x_i^2 \right) - R_p^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

으로 주어진다.  $R_p$ 와  $\Delta R_p$  를 사용하여 식 (1)를 다시 쓰면 다음과 같이 표현된다.[2]

$$C(x) = \frac{N_{\square}}{\sqrt{2\pi} \Delta R_p} \exp \left[ -\frac{(x-R_p)^2}{2\Delta R_p^2} \right] \quad (5)$$

모의 실험에서 채널링 효과억제를 위하여 7° 로 이온 주입하였으나 채널링 효과에 따른 영향은 고려되지 않았다. 그래서 Monte carlo 방법을 이용한 TRIM 데이터를 재편성하여 다시 모의 실험하여 채널링 tail을 가지는 이중피어슨 함수를 적용하였다.

$$N(x) = D_1 \cdot f_1(x) + D_2 \cdot f_2(x) \quad (6)$$

여기서  $N(x)$ 는 주입된 전체농도를  $D_1, D_2$ 는 각각의 피어슨분포의 도즈(dose)량을  $f_1(x)$ 과  $f_2(x)$ 는 각각의 피어슨함수의 규격화된 분포함수를 나타낸다. 또한 주입된 이온의 전체 도즈량은 다음의 식으로 나타내어진다.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} [D_1 f_1(x) + D_2 f_2(x)] dx = D_1 + D_2 = \int_{-\infty}^{+\infty} N(x) dx = D_{tot} \quad (7)$$

이중 피어슨 함수를 적용함으로써 SIMS 측정결과와 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

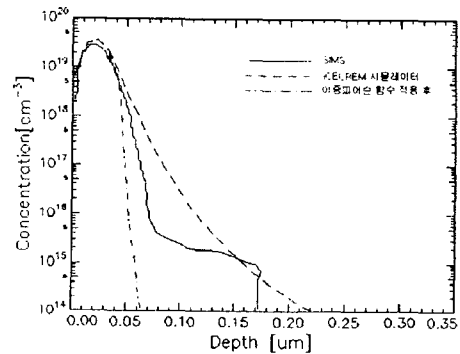


그림 2. 채널링 효과 억제를 위하여 7° 로 실리콘에 붕소를 5keV로 이온 주입한 SIMS 측정결과와 이중피어슨 함수를 적용한 모의실험 결과 비교

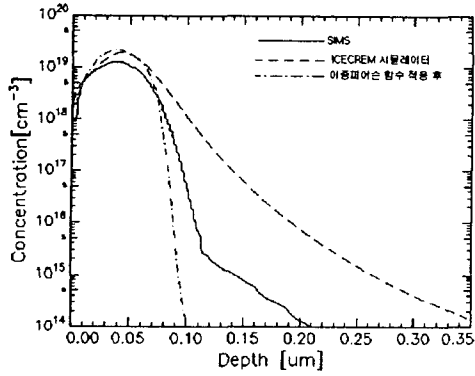


그림 3. 채널링 효과 억제를 위하여 7° 로 실리콘에 붕소를 10keV로 이온 주입한 SIMS 측정결과와 이중피어슨 함수 적용한 경우 모의실험결과 비교

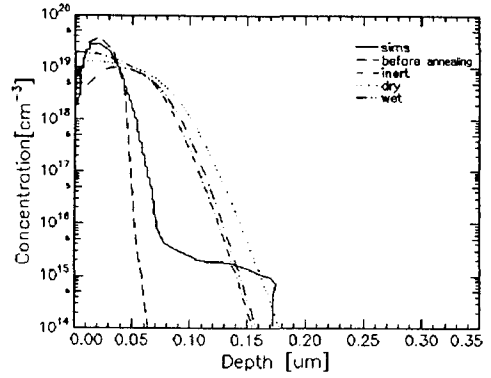


그림 5. 채널링 효과 억제를 위하여 7° 로 실리콘에 붕소를 5keV로 이온 주입한 SIMS 측정결과와 피어슨 함수 적용후 열처리전과 1000℃ 30초동안 각각 inert, dry, wet 산화분위기에서 열처리후의 모의실험결과 비교

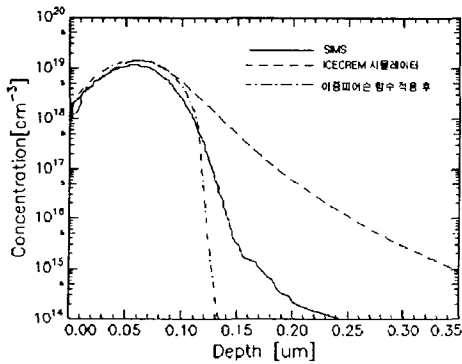


그림 4. 채널링 효과 억제를 위하여 7° 로 실리콘에 붕소를 15keV로 이온 주입한 SIMS 측정결과와 이중 피어슨 함수 적용한 모의실험결과 비교

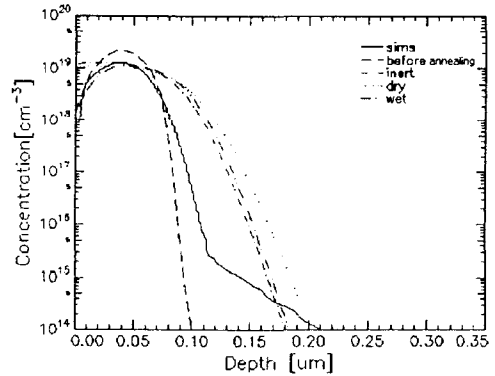


그림 6. 채널링 효과 억제를 위하여 7° 로 실리콘에 붕소를 10keV로 이온 주입한 SIMS 측정결과와 피어슨 함수 적용후 열처리전과 1000℃ 30초동안 각각 inert, dry, wet 산화분위기에서 열처리후의 모의실험결과 비교

이온 주입된 캐리어의 전기적인 활성화를 위해 1000℃에서 30초 동안 각각 inert, dry, wet 산화분위기에서 열처리하여 열처리전보다 더 PN접합영역이 더 확장됨을 알 수 있었다.

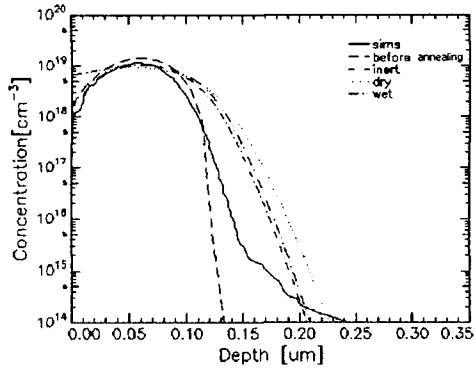


그림 7. 채널링 효과 억제를 위하여 7° 로 실리콘에 붕소를 15keV로 이온 주입한 SIMS 측정결과와 피어슨 함수 적용후 열처리전과 1000℃ 30초동안 각각 inert, dry, wet 산화분위기에서 열처리후의 모의실험결과 비교

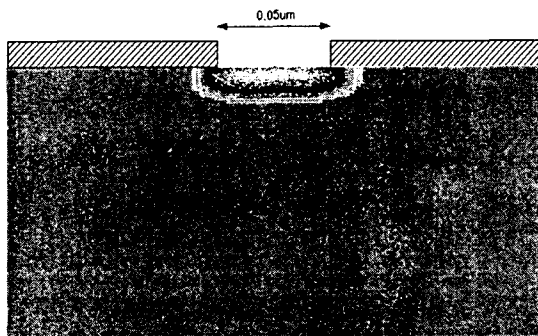


그림 8. 마스크 폭이 0.05μm일 때 실리콘에 붕소 이온 주입한 2차원적인 농도 분포.

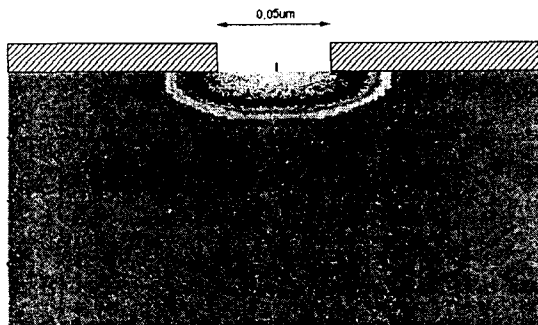


그림 9. 마스크 폭이 0.05μm일 때 실리콘에 붕소 이온 주입 후 inert 분위기에서 열처리(1000℃, 30초)한 2차원적인 농도 분포.

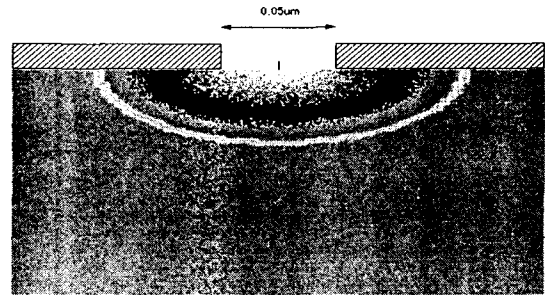


그림 10. 마스크 폭이 0.05μm일 때 실리콘에 붕소 이온 주입 후 dry 분위기에서 열처리(1000℃, 30초)한 2차원적인 농도 분포.

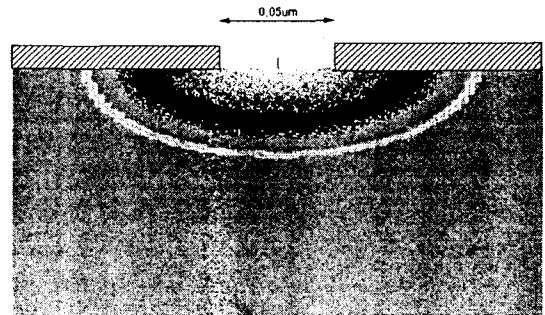


그림 11. 마스크 폭이 0.05μm일 때 실리콘에 붕소 이온 주입 후 wet 산화 분위기에서 열처리(1000℃, 30초)한 2차원적인 농도 분포.

### III. 결론

본 논문에서는 ultrashallow 접합을 위해 붕소 이온주입 후 열처리 전후에 농도 분포를 SIMS 측정 및 여러 가지 컴퓨터 모의실험을 통해 비교하였다. Microtec 컴퓨터의 실험을 통해 마스크 폭에 따른 붕소 이온 주입 전후의 도핑 프로파일을 2차원으로 나타내어 수직 및 측면 방향으로의 이온분포를 관찰하였다.

### 참고문헌

- [1] W. Lerch, "Ion Implantation and Rapid Thermal Annealing in synergy for Shallow Junction Formation" phys. stat. sol.(a)158. 117(1996)
- [2] Badih El-Kareh, IBM Corporation. "Fundamental of Semiconductor Processing" p. 383-387, 1995
- [3] Majeed A.foad, Dean jennings "Formation of ultra-shallow junctions by ion implantation and RTA" solid state tech. p. 43-54. 1998