

이온채널링분석을 이용한 이온주입 및 열처리 과정에서의 결정결함의 연구

이상환, 김광일*, 권오준, 이경호**

한국전자통신연구소 물성분석연구실, ** 화합물재료기술연구실
* 산업과학기술연구소 전기전자연구분야

이온채널링분석은 깊이에 따른 결정결함의 분포를 정량적으로 분석할 수 있는 기술로서 결정결함의 생성 및 소멸기구를 연구하는데 유용한 수단이다. 이온채널링 스펙트럼으로부터 결정결함의 깊이분포에 대한 정보를 얻기 위해서는 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 데이터의 해석이 요구된다. 본 연구에서는 이온채널링 스펙트럼으로부터 결정결함의 깊이 분포를 측정하는 시뮬레이션 프로그램을 작성하고 이를 이용하여 실리콘이 이온주입된 GaAs 시편과 Ar 이 이온주입된 실리콘 시편에서 열처리에 따른 결정결함의 변화를 분석하였다.

이온채널링 분석에는 2.236 MeV의 $^4\text{He}^{++}$ 이온이 사용되었고 검출각은 165° 이었다. 시뮬레이션 프로그램은 결함산란인자가 1이고 결함농도가 적은 경우에 적용가능한 근사식(1,2)으로부터 작성되었다. 작성된 프로그램을 평가하기 위하여 150 keV의 실리콘이 $1 \times 10^{13} \text{cm}^{-2}$ 으로부터 $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ 까지 이온주입된 GaAs 웨이퍼와 1 MeV Ar 을 $5 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ 으로 이온주입한 후 질소분위기에서 10초 동안 550°C 로부터 1100°C 까지 급속열처리된 실리콘 웨이퍼를 사용하여 결정성의 변화를 분석하였다.

그림 1.은 이온채널링 스펙트럼과 작성된 프로그램으로부터 추출된 실리콘의 이온주입 도우즈에 따른 최대결함농도의 변화이다. 이 그림은 이온주입 도우즈의 증가에 따른 결함농도 변화의 일반적인 추이를 잘 보여주고 있다. 이온주입 도우즈가 증가할수록 최대결함농도가 증가하지만 그 기울기는 낮은 농도 부분과 중간 농도 부분이 서로 다름을 알 수 있다. 그리고 완전한 비정질층의 형성에 필요한 임계 도우즈는 약 $5 \times 10^{14} \text{cm}^{-2}$ 으로 측정되었는데 이 농도에서 최대결함농도가 1보다 약간 적은 것은 random 스펙트럼을 얻는 방법이 채널링 분석과 다르기 때문인 것으로 여겨진다. Ar 이온주입된 실리콘의 경우 열처리 온도의 증가에 따른 결함의 변화는 크게 두 온도 구간으로 구분되었는데 650°C 까지의 낮은 온도에서는 비정질층의 두께가 열처리 온도의 증가에 따라 감소하는 형태를 나타내었고, 650°C 이상의 온도 구간에서는 열처리 온도가 높아짐에 따라 점결함 형태의 잔류결함이 소멸하면서 이들이 전위나 전위환을 이루면서 서서히 소멸하였다. 그림 2.는 700°C 에서 1100°C 의 온도범위에서 결함농도의 깊이 분포를 측정한 것이다. 800°C 와 900°C 에서는 as-implant 당시에 비정질층과 기판의 계면이었던 위치의 결함농도가 700°C 보다 더 증가하였다. 이 시편을 TEM 분석한 결과 700°C 까지 없었던 전위환이 관찰되는 것으로 보아 이것은 점결함 형태의 잔류결함이 서로 뭉쳐 전위환을 형성함에 따라 결함농도가 더 증가하는 것으로 여겨진다.

이온채널링 분석과 작성된 시뮬레이션 프로그램으로부터 실리콘 이온주입된 GaAs의 이온주입 도우즈에 따른 최대 결함농도의 변화를 측정할 수 있었다. Ar 이온주입된 실리콘의 급속열처리에 따른 결정결함의 변화를 분석한 결과 열처리 온도변화에 따른 결정결함의 소멸, 새로운 형태의 결정결함의 생성 등을 관찰할 수 있었다.

References

1. L. C. Feldman, J. W. Mayer and S. T. Picraux, "Materials analysis by ion channeling", Academic Press, New York (1982)
2. G. Bai and M-A. Nicolet, J. Appl. Phys. 70(7), 1 Oct. 1991

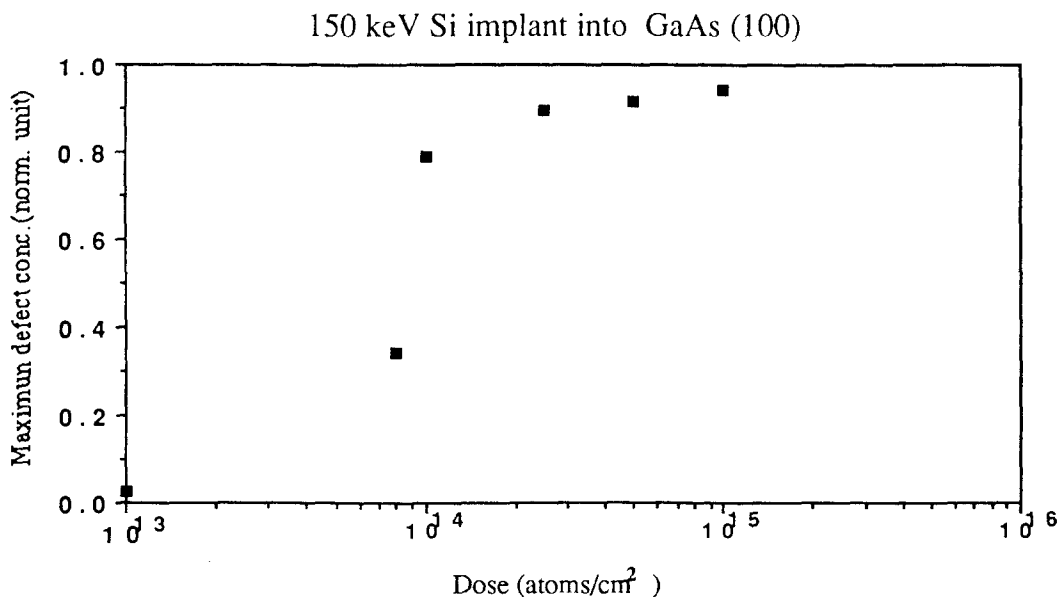


Fig. 1. Maximum defect concentration as a function of silicon implant dose. Maximum defect concentration was extracted from the channeling spectra.

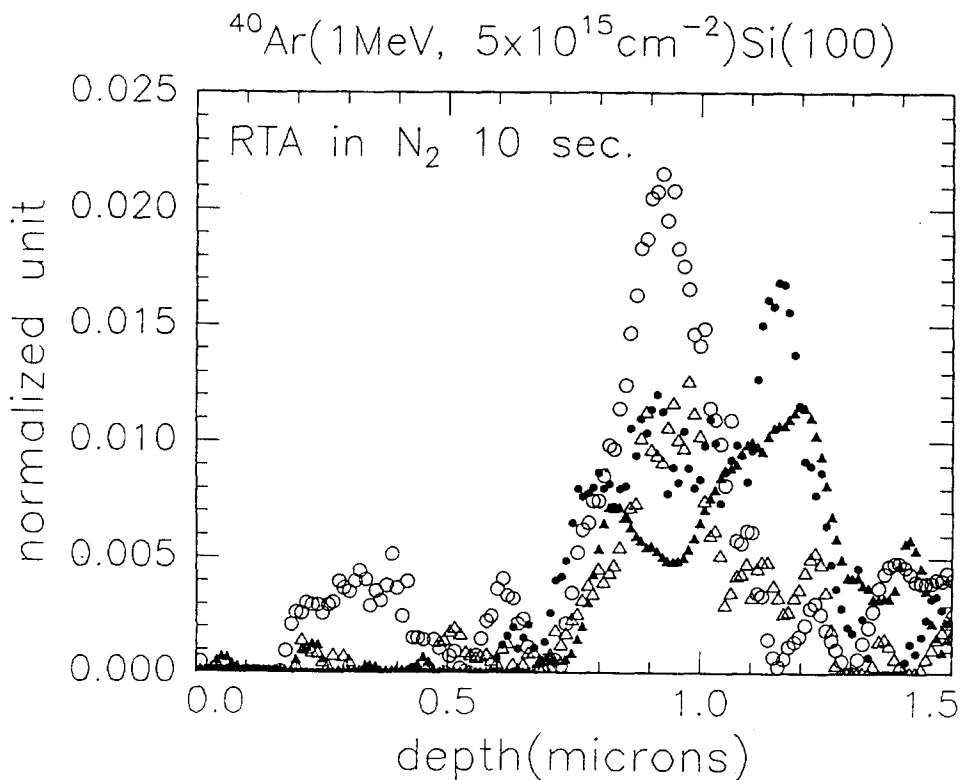


Fig. 2. Changes of defect depth profile according to RTA temperature. The RTA temperatures were 700 °C(circle), 800 °C(triangle), 900 °C (filled circle), and 1100 °C(filled triangle).