

# 다결정 실리콘 박막 위에 P 이온 샤워 도핑 후 열처리 방법에 따르는 도펀트 활성화 및 결함 회복에 관한 효과

김동민 · 노재상<sup>†</sup> · 이기용\*

홍익대학교 공과 대학 신소재 공학과

\*㈜ 삼성 SDI

(2004년 12월 10일 접수 : 2005년 1월 10일 채택)

## The Effect of Annealing Methods on Dopant Activation and Damage Recovery of Phosphorous Ion Shower Doped Poly-Si

Dong-Min Kim, Jae-Sang Ro<sup>†</sup>, and Ki-Yong Lee\*

Department of Materials Science and Engineering, Hongik University, 72-1 Sangsu-dong, Mapo-ku, Seoul, 121-791, Korea

\*Samsung SDI CO., LTD., Yongin-City, Gyeonggi-do, 449-902, Korea

(Received December 10, 2004 : Accepted January 10, 2005)

### 초 록

Ion-Shower-Doping 장비 및  $\text{PH}_3/\text{H}_2$  혼합 가스를 사용하여 Phosphorous를 ELA 방법으로 제조된 Poly-Si에 가속 전압 및 조사량을 변수로 이온 주입하였다. As-implanted된 시편의 결정도는 UV-transmittance spectroscopy를 사용하여 측정하였다. 이 때 UV-transmittance를 이용하여 측정된 값은 Raman spectroscopy를 이용해서 측정된 값과 서로 관련되어 있음을 알았다. 면 저항은 가속전압이 1 kV에서 15 kV 까지 증가함에 따라 감소한다. 그러나 가혹한 도핑조건 하에서는 가속전압의 증가 시 면 저항이 증가한다. 이는 활성화 열처리 후 치유되지 않은 결함에 의해 전자가 포획되며 이에 따라 전하 운반자의 농도가 감소하는 때문이다. 활성화 열처리는 로열처리, RTA 열처리, ELA 열처리 등의 방법으로 수행하였고 열처리 방법에 따르는 도펀트의 활성화 및 결함의 회복의 거동을 연구하였다.

**Abstract :** Ion shower doping with a main ion source of  $\text{P}_2\text{H}_x$  using a source gas mixture of  $\text{PH}_3/\text{H}_2$  was conducted on excimer-laser-annealed (ELA) poly-Si. The crystallinity of the as-implanted samples was measured using a UV-transmittance. The measured value using UV-transmittance was found to correlate well with the one measured using Raman Spectroscopy. The sheet resistance decreases as the acceleration voltage increases from 1 kV to 15 kV at the moderate doping conditions. It, however, increases as the acceleration voltage increases under the severe doping conditions. The reduction in carrier concentration due to electron trapping at uncured damage after activation annealing seems to be responsible for the rise in sheet resistance. Three different annealing methods were investigated in terms of dopant-activation and damage-recovery, such as furnace annealing, excimer laser annealing, and rapid thermal annealing, respectively.

**Key words :** Ion shower doping, Poly-Si, TFT, Dopant, Damage.

### 1. 서 론

저온 다결정 실리콘 TFT (thin film transistor)의 소스/드레인의 형성기술은 기존의 반도체 공정에서 사용되고 있는 질량 분석을 이용한 이온주입(ion implantation) 대신 질량을 분리하지 않은 상태에서 플라즈마 내에 형성된 이온들을 인가되는 가속 전압에 의해 주입시키는 이온샤워 도핑 (ion shower doping) 기술이 널리 쓰이고 있다.<sup>1-9)</sup> 이온주입 후 도펀트를 활성화 하기 위해 열처리 과정이 필요하며, Si 반도체의 경우 약 800°C

이상의 온도에서 불순물 원자들을 활성화하기 위해, 또한, 이온 주입으로 야기된 결함을 제거하기 위해 열처리가 행해진다. 그러나 저온 Poly-Si TFT를 제조하기 위해서는 유리 기판의 수축 현상 등의 이유로 열처리 공정온도를 450°C 이하로 낮추어야만 하는 제약이 따른다.

유리 기판 위에 저온 다결정 실리콘 TFT의 MOS (metal-oxide-semiconductor) 소자를 제조하기 위한 핵심 단위 공정은 결정화 공정, 게이트 산화막 형성 공정, 게이트 전극 형성 공정, 그리고 소스/드레인 형성 공정 등이 있다. 소스/드레인 및 LDD (lightly doped drain) 형성 공정 기술이 소자의 신뢰성 향상에 미치는 영향의 중요성이 채널의 길이가 점차 감소함에 따

<sup>†</sup>E-mail: jsang@wow.hongik.ac.kr

라 점차 증대되고 있다. 채널의 길이가 짧아질수록 드레인 쪽의 전기장이 급격히 증가하여 hot carrier가 발생한다. 이러한 현상은 소자를 열화 시키는 요인이 된다. 소자의 신뢰성에 영향을 미치는 인자는 매우 다양하나 예를 들자면 다음과 같다. 즉, 결정화 시 발생하는 결정립 내의 결함 및 결정립계 결함, channel과 gate oxide간 계면, 소스/드레인 형성 시 발생하는 채널 내의 결함 그리고 게이트 산화막 등이 있다.

CMOS (complementary metal-oxide-semiconductor)구조로 이루어져 있는 구동회로의 n-MOS 경우, 도펀트 원자로 P가 이온주입되며 상대적으로 높은 질량으로 인해 as-implanted 결함의 양이 많아지게 되고 후속 열처리 공정에 의하여 충분한 damage recovery가 보장되지 않는다면 hot carrier stress등 소자의 신뢰성에 심각한 영향을 미칠 수 있다.<sup>10-16)</sup> 본 연구에서는 가속 전압 및 조사량을 변수로 이온 주입 후 FA (furnace annealing), ELA (excimer laser annealing), RTA (rapid thermal annealing)공정 등을 이용하여 열처리 하였다. 열처리 방법 및 조건이 도펀트 활성화 및 결함 회복에 미치는 효과에 대하여 연구 하였다.

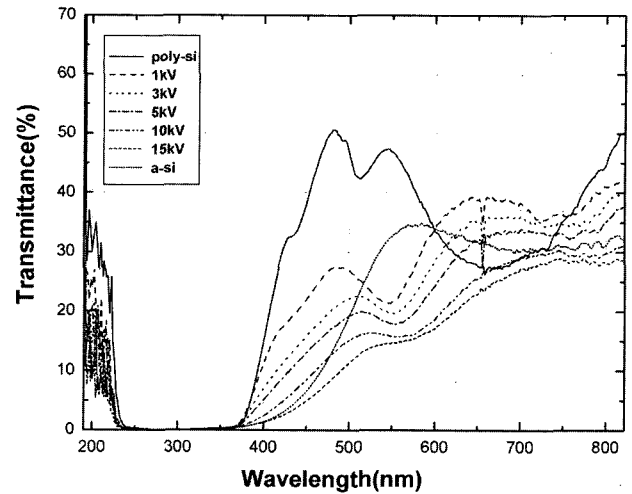
## 2. 실험 방법

투명 유리 기판 위에 약 3000Å 두께의 PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition) 산화막을 형성한 후 PECVD 방법으로 500Å 두께로 증착된 비정질 실리콘 박막을 형성하였다. 그 후 XeCl엑시머 레이저 어닐링을 거쳐 제조된 다결정 실리콘 박막 위에 non-mass-separation 방식의 ion-shower-doping-system을 사용하여 Phosphorous를 가속 전압 및 조사량을 변수로 이온 주입하였다. Plasma발생을 위하여 PH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub> 혼합 개스가 사용되었다. 이온 주입 조건에 의해 변화되는 as-implanted 상태의 물성에 관한 분석은 UV-transmittance Spectroscopy와 Raman Spectroscopy를 통해 결함의 거동을 비교하였다. 또한 미세구조를 직접관찰하기 위해 TEM (transmission electron microscopy)을 사용하였다. 열처리 후 4-point-probe를 사용하여 면 저항을 측정하였다. 활성화 효율을 측정하기 위해 Hall Measurement를 이용하여 carrier concentration의 변화를 각 열처리 공정에 따라 비교 분석하였고 Hall Mobility 측정을 통해 열처리 후 결함의 회복 정도를 상대적으로 비교하였다.

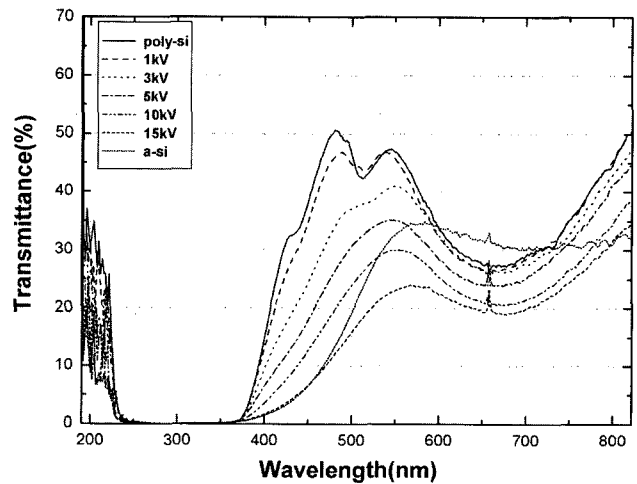
## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 As-implanted Damage

도핑 조건에 따른 결함 생성 거동을 살펴보기 위해 도핑시간을 1분과 3분으로 하여 가속에너지를 1~15 kV까지 변화를 시켰다. Fig. 1은 파장의 변화에 따르는 투과도를 나타내고 있다. 350 nm에서 450 nm 사이의 파장 영역에서 투과도는 가속에너지에 따라 현저하게 달라진다. Fig. 1(a)에서 나타낸 바와 같이 도핑시간이 1분일 때 가속에너지가 증가할수록 400 nm 근처에서의 기울기는 감소하며 가속 전압이 15 kV에 도달하면 기울기는 a-Si와 거의 같은 값을 가진다. 도핑시간이 1분에서 3분으로 증가함에 따라 가속 전압의 증가와 함께 기울기가 더 급격히 변화하는 것이 Fig. 1(b)에 나타나 있다. 이러한 관찰은 결정도의 양이 400 nm에서의 기울기와 관련이 있음을 나타낸다. 그러므로 400 nm에서 미분한 값을 결정도라 가정하였고 투과도를



(a)

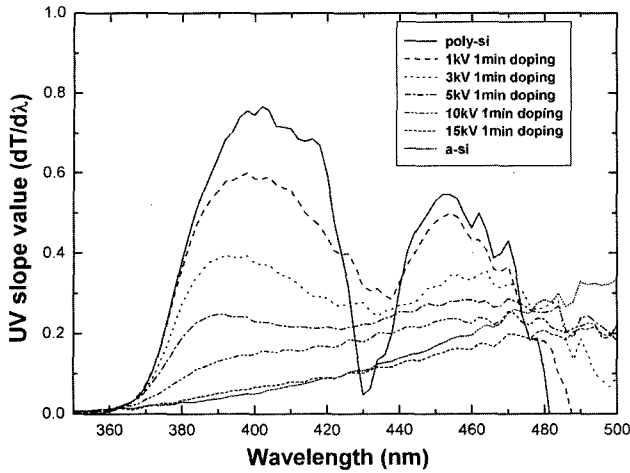


(b)

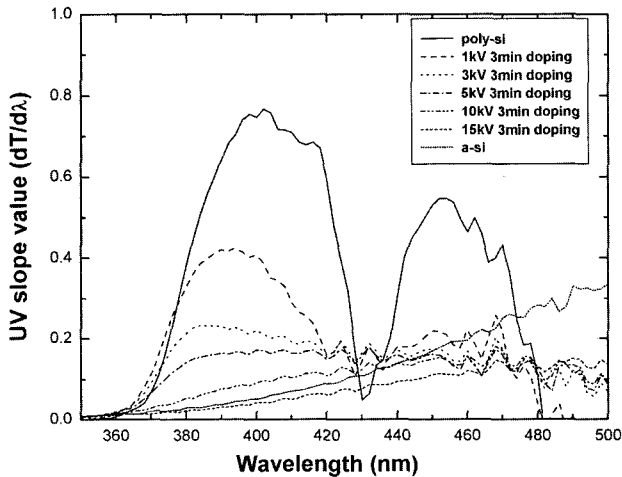
Fig. 1. UV-transmittance as a function of wavelength (a) for the as-implanted samples at a doping time of 1 min, and (b) for the as-implanted samples at a doping time of 3 min, respectively. The samples were implanted using acceleration voltages of 1, 3, 5, 10, and 15 kV, respectively. Note that the curves of ELA Poly-Si and a-Si are also indicated in the figures.

파장에 대하여 미분한 결과가 Fig. 2에 나타나 있다. Fig. 2에 나타난 바와 같이 결정도는 가속에너지가 증가할수록 감소하며 도핑시간이 1분에서 3분으로 증가할수록 결정도가 현저하게 감소함을 알 수 있다. Fig. 3은 레이저 Poly-Si의 결정도가 1.0이라고 가정하여 이온 주입 조건에 따르는 결정도를 표준화 한 값들을 보여주고 있다.

UV-transmittance Spectroscopy를 이용한 결정도 측정이 유효한 지 확인하기 위해 결정도 분석에 널리 사용되는 Raman Spectroscopy를 이용하여 as-implanted 된 시편의 결정도를 측정하였다. 측정된 Raman-spectra를 각각 비정질상, 결정상 및 결함상의 분율로 정량화하기 위하여 480 cm<sup>-1</sup> 근처의 비정질 peak, 515 cm<sup>-1</sup> 근처의 결함상의 peak, 그리고 520 cm<sup>-1</sup>에서 결정상의 peak의 3가지 Gaussian curve를 이용하여 fitting 하였다. 이러한 방법으로 얻어진 결정도를 상대적으로 비교하기 위하여 Laser Poly-Si의 결정상의 분율(85.72%)로 나누어 표준



(a)



(b)

Fig. 2. Derivatives of Fig. 1 as a function of wavelength (a) for the as-implanted samples at a doping time of 1 min, and (b) for the as-implanted samples at a doping time of 3 min, respectively.

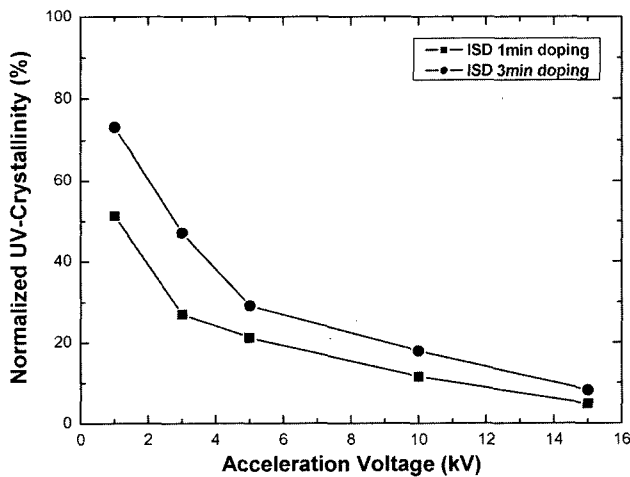


Fig. 3. Measured crystallinity vs. acceleration voltage using UV-Transmittance for the samples implanted with 1 min and 3 min, respectively. The value of UV-slope at 400 nm was taken as crystallinity.

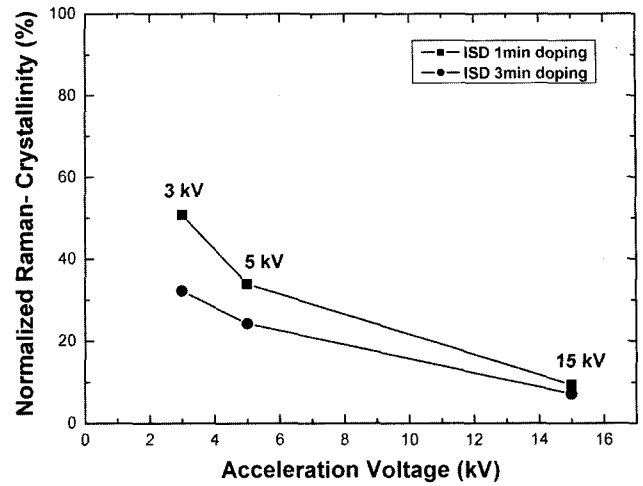


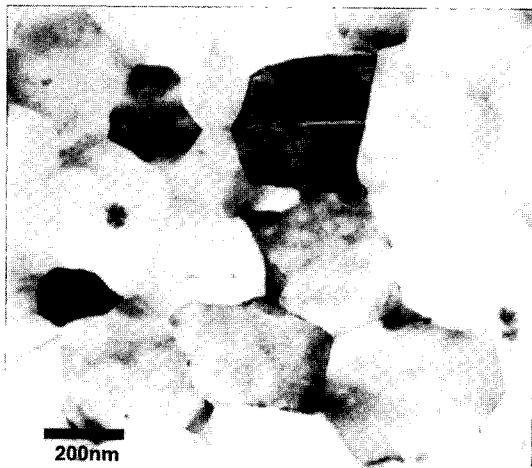
Fig. 4. Normalized Raman-crystallinity vs. acceleration voltage.

화한 값이 Fig. 4에 나타나 있다. 1분 이온 주입 시 가속에너지에 따른 각각의 Raman의 결정도는 3 kV일 때 51%, 5 kV일 때 34%, 15 kV일 때 9%이며, UV-transmittance spectroscopy를 이용하여 구한 결정도는 3 kV일 때 49%, 5 kV일 때 35%, 15 kV일 때 10%로서 두 개의 분석을 통해 얻어진 결정도는 매우 유사함을 알 수 있었다.

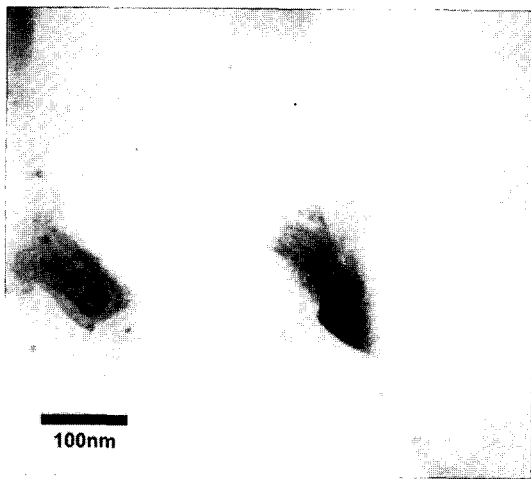
Fig. 5(a)와 Fig. 5(b)는 도핑시간이 3분일 때 각각 5 kV, 15 kV의 가속 전압으로 이온 주입했을 때의 TEM 구조이다. 5 kV의 경우 결정립 내에 미소량의 결함이 존재하지만 15 kV의 경우 박막 전체에 걸쳐서 비정질상이 생성되었음을 관찰 할 수 있다. 이는 UV-Transmittance와 Raman Spectroscopy에서 관찰한 바와 일치함을 알 수 있다.

### 3.2 Furnace Annealing

상기에 기술한 바와 같이 가속 전압 및 조사량이 증가함에 따라 다결정 실리콘 내의 결함의 양이 증가한다. 결함의 양을 인위적으로 많이 유도하기 위하여 도핑 시간을 3분으로 고정하고 가속 전압을 1 kV에서 15 kV까지 변화하며 이온 주입한 시편 들을 550°C에서 650°C의 온도 구간에서 30분 간 열처리한 후의 면 저항 값들이 Fig. 6에 나타나 있다. Fig. 6에 나타난 바와 같이 가속 전압이 10 kV까지 증가함에 따라 면 저항이 감소하는 것을 관찰 할 수 있다. 가속 전압이 작을 경우 도핑된 불순물의 농도 분포가 표면 근처에 집중되어 활성화 열처리 온도에서의 고상 용해도 값을 초과하여 활성화되지 못하는 불순물의 양이 증가하여 면 저항이 증가한다. 그러나 가속 전압이 15 kV로 증가하면 면 저항이 다시 증가하는 것이 관찰된다. 또한 면저항의 증가는 열처리 온도가 감소할수록 현저히 증가한다. 박막의 두께가 일정하다면 면 저항의 변화는 전하 운반자의 농도 및 이동도에 의하여 결정된다. 가속 전압의 변화에 따르는 면 저항의 변화를 정량적으로 분석하기 위하여 Fig. 7에 나타난 바와 같이 Hall Measurement를 수행 하였다. 가속 전압 및 열처리 온도가 증가함에 따라 Hall 이동도 값이 감소하는 것을 볼 수 있다. 가속 전압이 15 kV에 도달하면 열처리 온도에 관계없이 Hall 이동도 값이 0.5 cm<sup>2</sup>/V-sec에 접근 하는 것을 볼 수 있다. 이 값은 거의 비정질 실리콘의 이동도와 유사하다. 즉, 15 kV 가속 전압에서 3분 도핑한 경우 650°C 까지의 열처리가



(a)

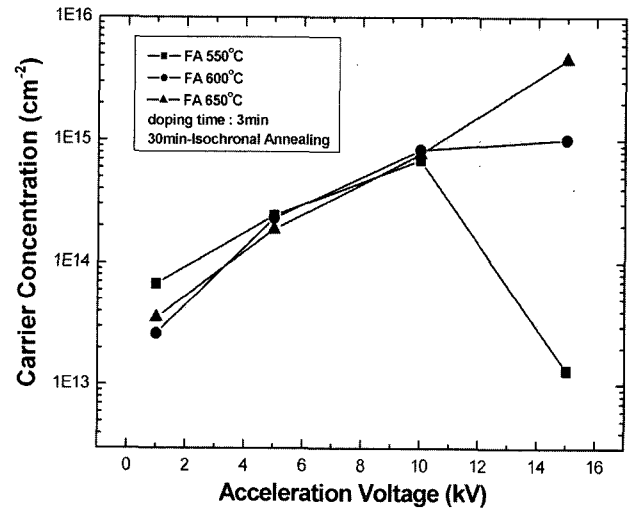


(b)

Fig. 5. TEM micrographs for the as-implanted samples. (a) 5 kV-3 min (b) 15 kV-3 min.

결함을 거의 치유하지 못하였다는 것을 의미한다. 열처리 온도 550°C의 경우 전하 운반자의 농도가 급격히 감소한다. 이는 Fig. 6에 나타난 550°C의 면 저항 값이 급격히 증가한 이유를 말해주고 있으며 회복되지 못한 결함에 전하 운반자가 포획되었음을 뜻한다.

이온 주입 후 열처리 온도에 따른 결정격자 결함의 회복 거동을 조사하기 위하여 UV-Transmittance Spectroscopy를 사용하여 결정화도를 측정된 결과가 Fig. 8에 나타나 있다. 동일한 온도에서 열처리 시 측정된 결정화도는 가속 전압이 증가할수록 감소하는 것이 관찰된다. 이는 Fig. 7(b)에 이미 나타낸 바와 같이 동일 열처리 온도에서 가속 전압이 증가함에 따라 Hall 이동도가 감소하는 이유이다. 가속 전압을 1~5 kV까지 이온 주입한 시편의 경우 550°C의 열처리 온도에서 약 50% 정도 회복이 일어난 것이 관찰된다. 가속 전압 10 kV로 이온 주입한 시편은 600°C의 열처리 온도에서 약 50% 정도 회복이 일어난 것이 관찰된다. 그러나 15 kV로 이온 주입한 시편은



(a)

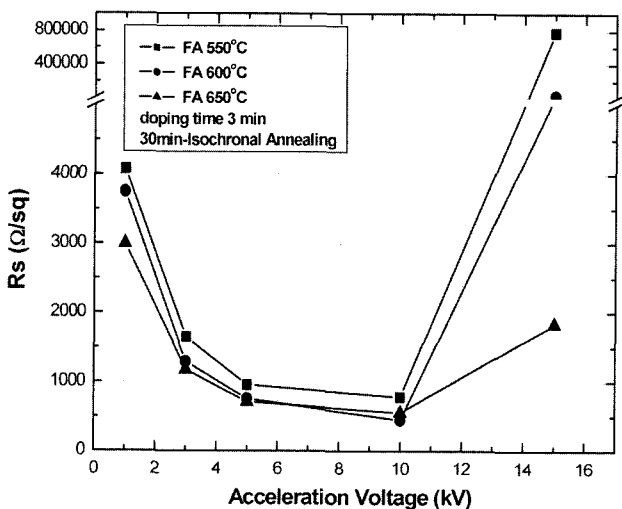
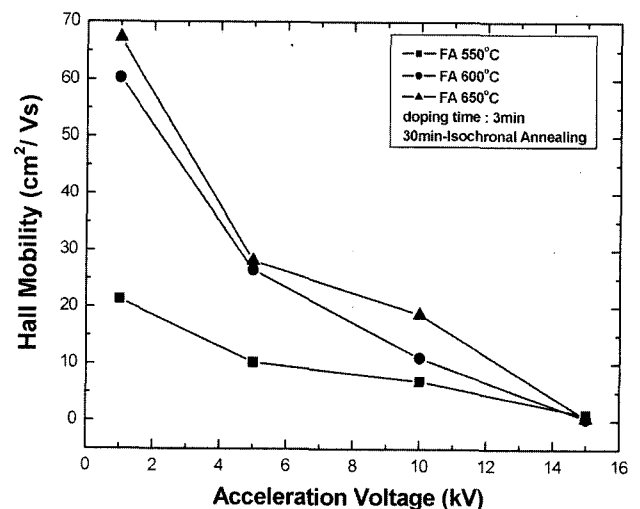


Fig. 6. Sheet resistance vs. acceleration voltage. The implanted samples were annealed using a tube furnace in a nitrogen ambient for 30 min at 550°C, 600°C and 650°C, respectively.



(b)

Fig. 7. (a) Sheet carrier concentration vs. acceleration voltage and (b) Hall mobility vs. acceleration voltage, measured by Hall Measurement.

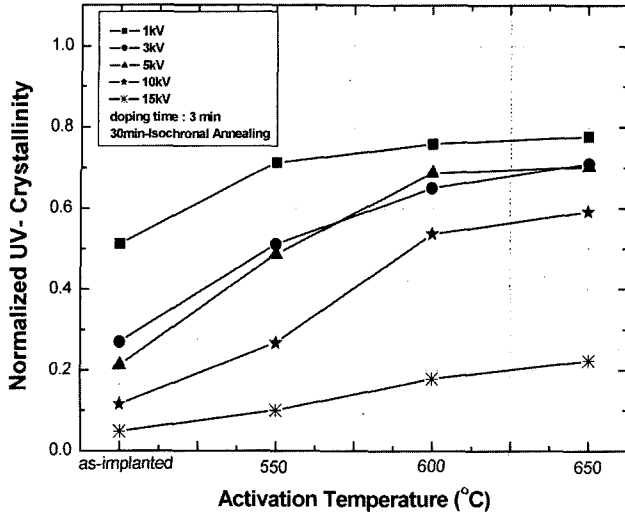


Fig. 8. Normalized UV-crystallinity vs. activation temperatures. The samples were implanted with acceleration voltages from 1 kV to 15 kV at doping time of 3 min.

650°C의 열처리 온도에서도 이에 상응하는 회복이 일어나지 않는다. 이는 15 kV로 이온 주입 후 상기의 3가지 온도에서 열처리한 시편의 Hall 이동도가 거의 비정질 실리콘의 값에 접근하는 이유를 설명한다. 15 kV의 가속 전압에서 이온 주입한 시편 및 550°C 및 600°C에서 각각 열처리한 시편들의 TEM 사진이 Fig. 9에 나타나 있다. 상기 조건에서 이온 주입한 상태의 미세구조는 거의 비정질상으로 변화한 것을 보여주고 있다. 비교적 높은 온도인 600°C에서 열처리하여도 비정질상에서 다결정으로 거의 변화하지 않는 것을 알 수 있다. TEM을 사용하여 관찰된 미세구조의 변화는 UV-Transmittance Spectroscopy를 사용하여 결정화도를 측정한 결과와 잘 일치한다.

3.3 Excimer Laser Annealing

도핑 시간을 1분으로 고정하고 가속 전압을 1 kV에서 15 kV 까지 변화하여 이온 주입된 시편을 308 nm의 파장을 갖는 XeCl 엑시머 레이저로 조사한 후의 면저항 값이 Fig. 10에 나타나 있다. 사용된 레이저 에너지 밀도는 500Å 두께의 실리콘

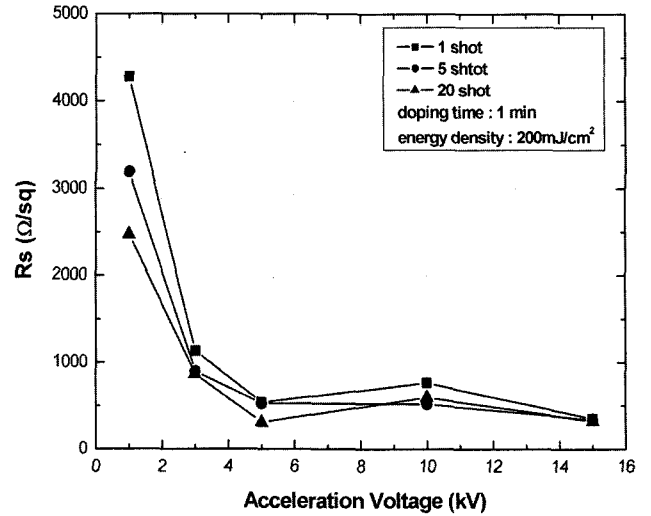


Fig. 10. Sheet resistance vs. acceleration voltage. The implanted samples were ELA annealed with an energy density of 200 mJ/cm<sup>2</sup>. The number of laser shots were varied from 1 to 20.

박막을 기준으로 partial melting 조건에 상응하며 레이저 조사 횟수는 1 shot에서 20 shot까지 변화하였다. 1 kV의 가속 전압으로 이온 주입한 경우를 제외하고 면저항이 1 kΩ/°C 미만의 우수한 값을 보여주고 있다. ELA 공정은 극히 짧은 시간 (수십 nano sec)에 용융 및 응고 과정을 걸쳐서 도펀트 활성화가 일어난다. 그러므로 고상 용해도의 한계에 제약받지 않는 특징을 지닌다. 1 kV의 경우 실제 P 이온의 가속 에너지는 500 eV에 해당하는데 주입되는 이온의 침투 깊이가 거의 표면에 집중되어 이온 주입 중에 self-sputtering 현상이 발생하여 원하는 조사량을 얻지 못하는 것에 기인한다고 사료된다.

상기의 시편들을 가지고 Hall Measurement를 수행한 결과 5 kV 이상의 가속 전압에서 이온 주입 후 ELA 열처리를 한 경우 레이저 조사 횟수에 상관 없이 sheet carrier 농도가 약 10<sup>15</sup>/cm<sup>2</sup>에 접근하는 것을 알 수 있다. 이온 주입 조건에 관계 없이 Hall 이동도는 모든 시편들이 약 15 cm<sup>2</sup>/V-sec 내외의 값을 보여주고 있다. 레이저 에너지 밀도가 고정되면 용융 깊이가 고정되는데 용융된 곳에서만 결함의 회복이 일어나기 때문

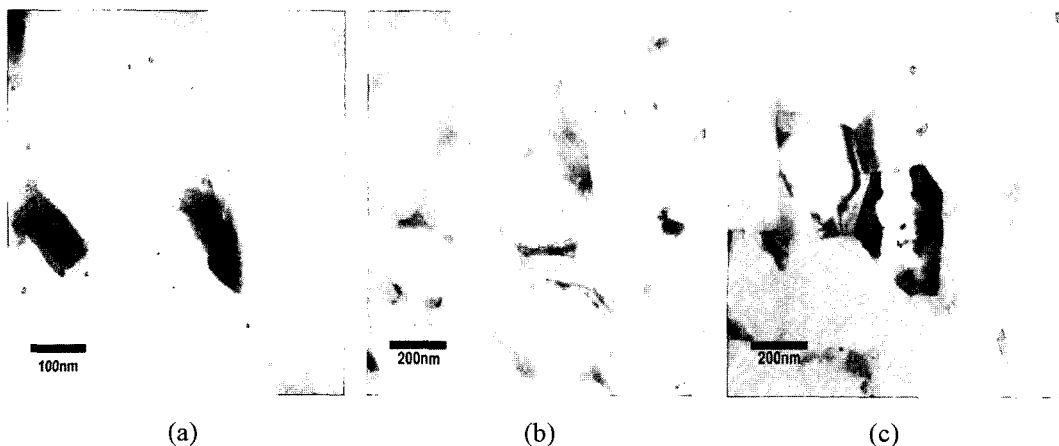
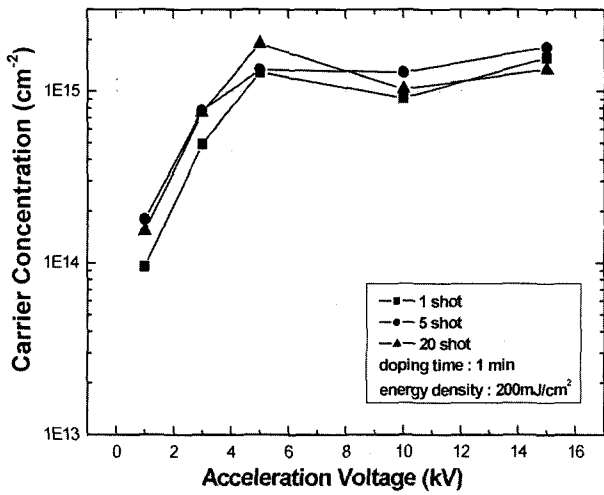
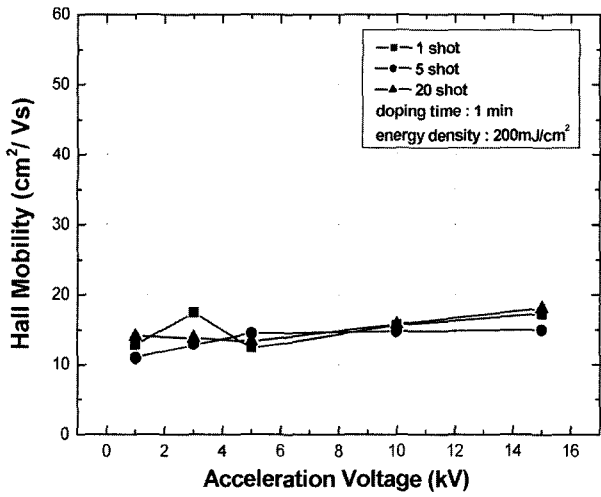


Fig. 9. TEM micrographs for the samples (a) implanted with 15 kV at a doping time of 3 min, followed by furnace annealing for 30 min (b) at 550°C, and (c) at 600°C, respectively.



(a)



(b)

Fig. 11. (a) Sheet carrier concentration vs. acceleration voltage and (b) Hall mobility vs. acceleration voltage, measured by Hall Measurement.

에 이온 주입 조건에 상관 없이 고정된 Hall 이동도를 보여주고 있다고 판단된다.

ELA 열처리 후의 결함 회복 거동을 조사하기 위하여 UV-Transmittance Spectroscopy를 사용하여 결정화도를 측정 한 결과 Fig. 12에 나타나 있다. 결정화도는 가속 전압이 증가할수록 감소하는 것을 보여주고 있다. 레이저의 shot 수에 따르는 결정화도의 변화는 거의 없는 것 또한 관찰된다. 가속 전압이 증가함에 따라 결함의 분포가 박막의 표면으로부터 깊이 방향으로 전파된다. 전술한 바와 같이 레이저 에너지 밀도가 고정되면 용융 깊이가 고정되기 때문에 가속 전압이 증가함에 따라 액상/고상 계면 하단부에 존재하는 결함의 양이 증가하게 되며 이는 결정화도의 감소를 초래한다. 도펀트 활성화 과정에 비하여 결함의 회복은 비교적 느린 것으로 알려져 있다. 액상/고상 계면 하단부의 온도가 매우 높다 하더라도 온도 유지 시간이 극히 짧기 때문에 레이저의 shot 수에 따르는 결정화도의 변화는 거의 없는 것으로 사료된다. 15 kV 가속 전압으로 1분 도핑 한 시편의 ELA 열처리 전후의 TEM 사진이 Fig. 13에 나타나

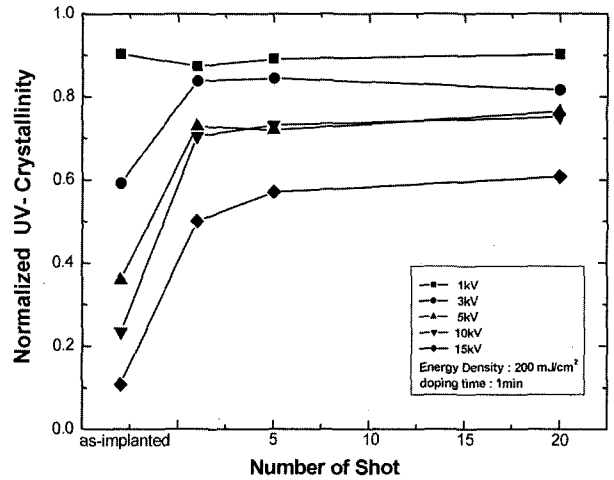


Fig. 12. Normalized UV-crystallinity vs. number of laser shots. The samples were implanted with acceleration voltages from 1 kV to 15 kV at doping time of 1 min. The implanted samples were ELA annealed with an energy density of 200 mJ/cm<sup>2</sup>.

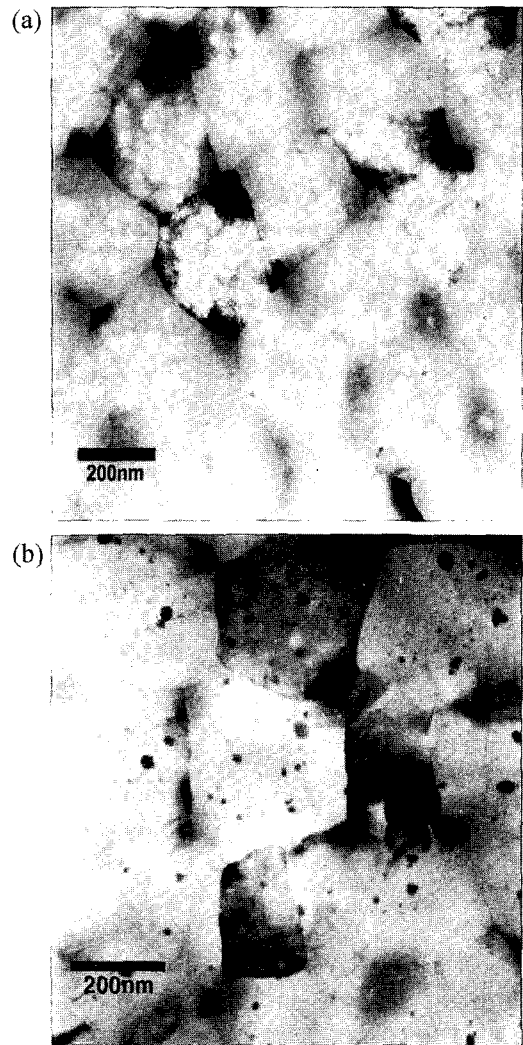


Fig. 13. TEM micrographs for the samples (a) implanted with 15 kV at a doping time of 1 min, (b) followed by ELA treatment at a laser energy density of 200 mJ/cm<sup>2</sup> with 5 shots.

있다. 열처리 전 이온 주입 상태의 경우 비정질화가 진행되고 있음을 알 수 있다. 200 mJ/cm<sup>2</sup>의 에너지 밀도로 5 shot ELA 열처리 후 UV 측정 결정화도가 약 0.6에 접근하고 있는데 TEM 미세구조 상 부분적인 재결정이 일어나고 있음을 알 수 있다.

**3.4 Rapid Thermal Annealing**

도핑 시간을 3분으로 고정하고 가속 전압을 1 kV에서 15 kV 까지 변화하며 이온 주입한 시편 들을 550°C에서 800°C의 온도 구간에서 30초 간 RTA 열처리한 후의 면 저항 값들이 Fig. 14에 나타나 있다. 동일한 가속 전압에서 열처리 온도가 증가할 수록 면저항이 감소하는 것을 알 수 있다. 가속 전압의 증가와 함께 면저항이 감소하는데 15 kV의 조건으로 이온 주입한 경우 650°C 온도 이하에서 RTA 열처리 시 면저항이 증가하는 것이 관찰된다. Fig. 15에 나타난 UV 측정 결정화도에 따르면 650°C 열처리 시 10 kV 이하의 가속 전압으로 이온 주입한 시

편의 결정화도는 거의 ~0.8에 접근하는 것을 알 수 있다. 15 kV의 경우 700°C 열처리 시 결정화도가 약 0.5에 도달하며 750°C 이상의 온도에서 열처리 시 거의 ~0.8에 접근하는 것을 알 수 있다. 이는 15 kV의 가속 전압으로 이온 주입 후 750°C 이상의 온도에서 열처리 시 면저항이 증가하지 않은 이유를 잘 설명하고 있다. Hall Measurement 결과 가속 전압의 증가와 함께 sheet carrier 농도가 증가한다. 그러나 15 kV로 이온 주입 후 600°C RTA 열처리 시 전하 운반자의 농도가 급격히 감소하는 현상이 관찰된다. 이는 FA 열처리 결과와 마찬가지로 자유 전자가 회복되지 않은 결함에 포획된 것에 기인한다고 판단된다. Fig. 16(b)에 나타난 바와 같이 동일 열처리 온도에서 가속 전압이 증가함에 따라 박막 내부에 축적된 결함의 양이 증가하여 Hall 이동도는 감소한다. 또한 동일 가속 전압에서 열처리 온도가 증가함에 따라 Hall 이동도는 증가한다. 15 kV의 가속 전압으로 이온 주입 후 800°C RTA 열처리 시 이동도의 값은 약 23 cm<sup>2</sup>/V-sec 인데 반하여 600°C RTA 열처리 시의 값은 거

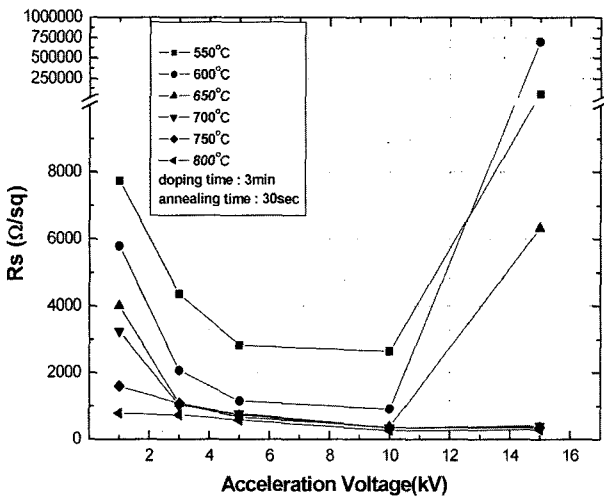
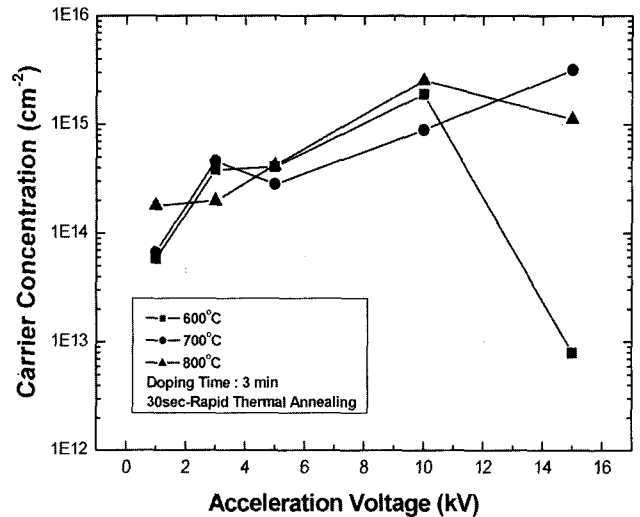


Fig. 14. Sheet resistance vs. acceleration voltage. The implanted samples were annealed using RTA for 30 sec from 550°C to 800°C.



(a)

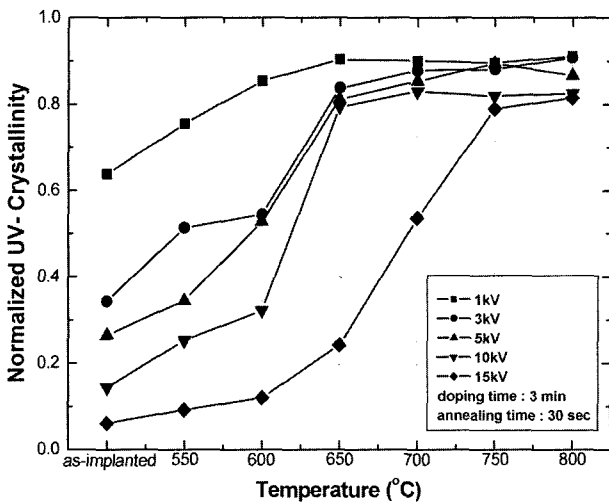
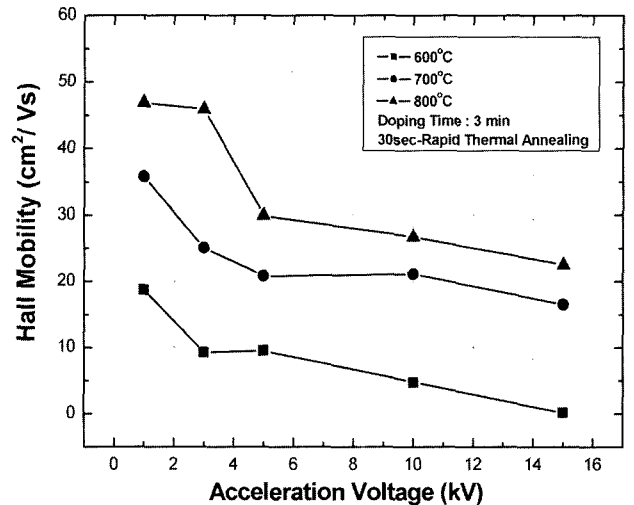
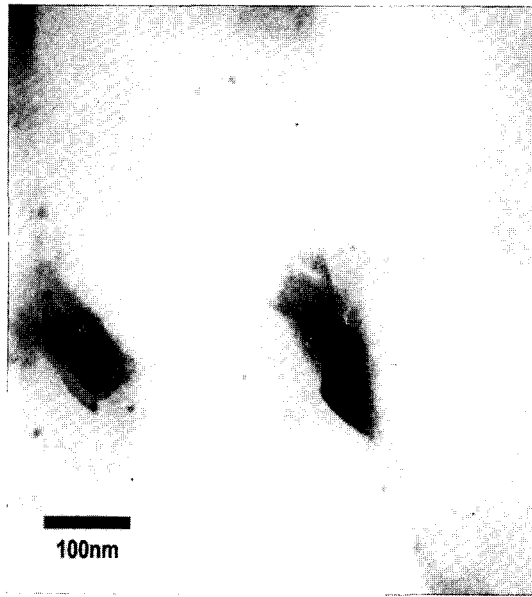


Fig. 15. Normalized UV-crystallinity vs. RTA temperatures. The samples were implanted with acceleration voltages from 1 kV to 15 kV at doping time of 3 min.



(b)

Fig. 16. (a) Sheet carrier concentration vs. acceleration voltage and (b) Hall mobility vs. acceleration voltage, measured by Hall Measurement.



(a)



(b)

Fig. 17. TEM micrographs for the samples (a) implanted with 15 kV at a doping time of 3 min, (b) followed by RTA treatment at 750°C for 30 sec.

의 0에 접근한다. 이러한 사실은 Fig. 17에 나타난 TEM 관찰 결과와도 잘 일치한다. RTA 열처리 전의 이온 주입 상태에서의 미세구조는 박막 전체에 걸쳐서 거의 비정질상으로 변화 하였음을 보여주고 있다. 750°C RTA 열처리 시 상당한 양의 재결정화가 일어난 것이 관찰된다.

#### 4. 결 론

가속 전압 및 도핑 시간의 증가와 함께 다결정 실리콘 박막

내의 결함의 양은 증가한다. 15 kV 가속 전압 및 1분 도핑 시 비정질화가 시작 되었음을 관찰하였다. FA 열처리 시 가속 전압의 증가와 함께 면저항이 감소하는 현상을 관찰 하였다. 그러나 15 kV 가속 전압 및 3분 도핑 조건과 같은 비교적 가혹한 조건에서의 이온 주입 시 면저항의 증가가 관찰 되었는데 이는 전자가 회복되지 않은 결함에 포획되어 자유 전자의 농도가 감소하는 것에 기인하는 것임을 발견 하였다. FA 열처리 시 상기의 가혹한 이온 주입 조건에서 이온 주입 후 650°C에서 열처리를 하여도 결함의 치유가 많이 일어나지 않는다. RTA 열처리 거동은 FA 거동과 유사하나 700°C 이상의 열처리 시 결함의 회복이 상당히 일어남을 관찰 하였다. 이에 반해 ELA 열처리의 경우 도펀트 활성화 효율은 우수하나 결함 회복은 레이저 에너지 밀도에 크게 의존하는 것을 관찰 하였다.

#### 감사의 글

본 논문은 산업자원부 21세기 프론티어 연구개발 사업 (M1-02-KR-01-0001-02-K18-01-012-1)에 의하여 수행된 것이며 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. Yasuyoshi Mishima and Michiko Takei, *J. Appl. Phys.* **75**(10), 15 May 4933 (1994).
2. Genshiro Kawachi, Takashi Aoyama et. al, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **28**(12), DECEMBER, L2370-L2372 (1999).
3. G. Kawachi, T. Aoyama et. al, *J. Electrochem. Soc.*, **137**(11), 3522 (1990).
4. P. K. Chu, S. B. Felch et. al, *Solid State Technology*, September 55 (1999).
5. P. K. Chu, S. B. Felch et. al, *Solid State Technology*, October 77 (1999).
6. Genshiro Kawachi, Takashi Aoyama et. al, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **33** pp 2092-2099 Part 1, No. 4A, April (1994).
7. Y. Mishima, M. Takei, and N. Matsumoto, *J. Appl. Phys.*, **74**(12), 15, pp. 7114 (1993).
8. Ching-Fa Yeh, Tai-Ju Chen, *IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS*, **19**(11), 432 (1998).
9. Erin C. Jones, Nathan W. Cheung, *IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE*, **25**(1), 42 (1997).
10. Kwon-Young Choi and Kee-Chan Park, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **37**, Part 1, No. 3B, 1067-1070 (1998).
11. Seiki Ogura and Paul J. Tsang, *IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES*, **ED-27**(8), 1359 (1980).
12. Ching-Fa Yeh and Tzung-Zu Yang, *IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES*, **42**(2), 307 (1995).
13. Kwon-Young Choi, Hong-Seok Choi, and Min-Koo Han, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **36**, Part 1, No. 3B, 1522-1524 (1997).
14. Kwon-Young Choi, Jong-Wook Lee, and Min-Koo Han, *IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES*, **45**(6), 1272 (1998).
15. Alessandro Pecora, Fabio Massussi et. al, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **38**, Part 1, No. 6A, 3475-3481 (1999).
16. J. Recharad Ayres, Stan D. Brotherton et. al, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **37**, Part 1, No. 4A, 1801-1808 (1998).