

논문 96-5-2-09

RTCVD 법으로 성장한 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 에피막의 특성

정육진, 권영규, 배영호, 김광일, 강봉구*, 손병기**

Characteristics of the Heteroepitaxial $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ Films Grown by RTCVD Method

W.J.Chung, Y.K.Kwon, Y.H.Bae, K.I.Kim, B.K.Kang*, B.K.Sohn**

요 약

RTCVD (rapid thermal chemical vapor deposition) 법으로 $\text{SiH}_4 / \text{GeH}_4 / \text{H}_2$ 혼합가스를 사용하여 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 구조의 이중접합 에피막을 성장한 후, 성장에 사용된 원료가스의 혼합비에 대한 Ge 조성비 변화와 성장계면 특성 그리고 격자부정합에 의한 에피막의 결함에 대하여 조사하였다. 650°C 의 비교적 낮은 온도에서 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x / \text{Si}$ 이중접합 에피막을 약 400 Å 두께로 성장하였을 때 격자부정합에 의한 결함은 관찰되지 않았으며, 공정조건에 따른 Ge 조성비 변화는 $\text{SiH}_4 / \text{GeH}_4$ 의 유량비에 따라 선형적인 특성을 나타내었다. 200 ppm B_2H_6 가스를 사용한 *in-situ* 불순물 첨가 공정에서는 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x / \text{Si}$ 구조의 불순물 농도분포 변화가 접합계면에서 수 백 Å / decade 로 조절될 수 있었으며, Ge 조성비 변화도 동등한 수준의 계면특성을 나타내었다.

Abstract

The growth and characterization of heteroepitaxial $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ films grown by the RTCVD (Rapid Thermal Chemical Vapor Deposition) method were described. For the growth of $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ heteroepitaxial layers, $\text{SiH}_4 / \text{GeH}_4 / \text{H}_2$ gas mixtures were used. The growth conditions were varied to investigate their effects on the Si / Ge composition ratios, the interface abruptness and crystalline properties. The experimental data shows that the misfit threading dislocation in $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x / \text{Si}$ heteroepitaxial film of about 400 Å thickness was not observed at the growth temperature of as low as 650°C , and the composition ratios of Si / Ge changed linearly with $\text{SiH}_4 / \text{GeH}_4$ gas mixing ratios in our experimental ranges. In the *in-situ* boron doping experiments, the doping abruptness would be controlled within several hundreds Å/decade.

1. 서론

실리콘 기판위에 성장된 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 이중접합 에피막은

산업과학기술연구소 전력전자연구팀
(Power Electronics Lab., RIST)

* 포항공과대학교 전자전기공학과
(Dept. of Electrical Eng., POSTECH Univ.)

** 경북대학교 전자공학과
(Dept. of Electronics, KyungPook Nat'l Univ.)
<접수일자 : 1995년 12월 8일>

III-V 족 등의 화합물 반도체를 이용하는 것보다 경제성이 우수하고, 실리콘 집적회로 제조공정과 연계될 수 있는 장점을 가지고 있다. 특히 결정성이 우수하고 수백 Å 내외의 두께를 갖는 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 이중접합 에피막은 초고속 전자소자를 제조할 수 있는 기술이다. 그러나 이와같은 초박막의 에피막을 성장하기 위해서는 불순물 농도분포 및 Ge 조성비가 성장계면에서 급격히 조절될 수 있는 공정방법이 필요하고, 성장계면에서 격자부정합에 의해 발생할 수 있는 결함을 제어할 수 있어야 한다. 그래서 초기에는 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 이중접합 에피성장

을 위하여 MBE 법이 연구되었지만 $Si_{1-x}Ge_x/Si$ 이종접합 구조에서 불순물 첨가를 위하여 segregation 특성이 우수하고 비등점이 낮은 증착소스를 찾기 힘든 문제 때문에, 1980년대 중반에 IBM 연구소를 중심으로 UHV / CVD 법을 이용한 에피성장법이 발표되면서 활발한 연구가 시작되었다.^[1] 그 이후에 HBT, $Si_{1-x}Ge_x$ BiCMOS, HEMT, pin avalanche 다이오우드 그리고 원적외선 센서 등과 같은 다양한 실리콘-저마늄계 소자들이 발표되었다.^[2,3] 그리고 최근에 주목을 받고 있는 RTCVD 법^[4]은 MBE 법 보다 공정이 용이하고 양산성이 크며, 에피막의 특성이 MBE 법 과 UHV/CVD 법으로 성장한 결과와 유사한 특징을 가지고 있다.

RTCVD 법에 의한 에피막 성장은 수 torr 내외의 공정압력하에서 Si, Ge 및 불순물 첨가를 위한 원소를 포함한 원료가스를 사용하여 에피막 성장에 필요한 최소의 열량을 공급함으로써 에피막의 특성을 조절하는 것이 특징이며, 개개의 웨이퍼에 대하여 서로 다른 공정을 수행할 목적으로 furnace 공정이 배제된 integrated process 개발의 측면에서도 연구개발의 필요성이 있다.^[5] 그러나 RTCVD 법으로 제조된 $Si_{1-x}Ge_x$ 이종접합 에피막의 Ge 조성비는 사용되는 원료가스의 종류와 원료가스의 유량비에 의해 주로 결정되며, 이에 대한 이론적인 해석은 아직 정확히 밝혀져 있지않고 실험적인 결과들은 다수 발표되어 있다.^[6-8] 이종접합 에피막 성장에서 결정성에 영향을 주는 요인 중에는 두가지의 서로 다른 물질의 격자상수 차이에 의해 발생하는 격자 부정합 관련 결함들로서, 지금까지 알려진 바로는 성장할 $Si_{1-x}Ge_x$ 이종접합 에피막의 두께를 임계두께 이하로 얇게 조절해야만 접합계면에서의 결함요인을 줄일 수 있다.^[2]

본 연구에서는 RTCVD 법으로 원료가스의 유량비 ($SiH_4 / GeH_4 + SiH_4$) 를 변화시키고 B_2H_6 가스를 사용한 *in-situ* 불순물 첨가 공정을 사용하여 $Si_{1-x}Ge_x$ 이종접합 에피막을 성장하고자 한다. 이와같은 방법으로 성장온도 및 공정압력에 따라 각각 성장한 $Si_{1-x}Ge_x / Si$ 이종접합 에피막 구조에서 불순물 농도분포 및 Ge 조성비에 대한 계면특성 및 격자부정합에 의한 결함특성을 확인 함으로써 RTCVD 법에 의한 실리콘계 이종접합 에피성장기술의 응용 가능성을 파악하고 RTCVD 법에 의한 $Si_{1-x}Ge_x$ 이종접합 에피막의 성장조건에 대하여 검토하고자 한다.

2. 실험

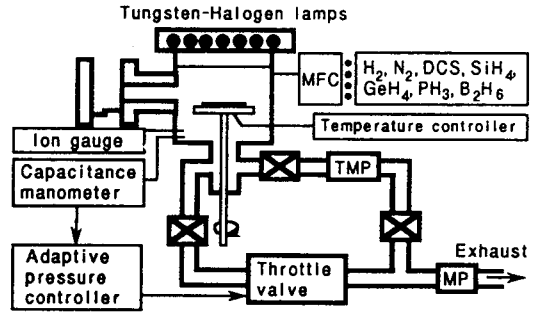


그림 1. RTCVD 장치 개략도

Fig. 1. The schematic diagram of RTCVD system

실리콘-저마늄 이종접합 에피막을 성장하기 위하여 제작된 RTCVD 장치의 개략도를 그림 1에 나타내었다. 장치의 가열방식은 텅스텐-할로겐 램프를 사용하였으며, 실리콘웨이퍼의 경우 온도증가율은 약 150°C/sec 이었다. 실리콘 웨이퍼의 온도 측정에는 K-type thermocouple 과 pyrometer 를 사용하여 측정하였다. 실리콘-저마늄 에피막 성장시 불순물 오염을 최대한 억제하기 위하여 진공장치는 로터리 펌프 와 터보 펌프로 구성된 2단계 pumping 공정을 사용하였으며, base pressure 는 5×10^{-5} torr 이하로 유지하였다. 공정 압력은 capacitance manometer 와 ion gauge 를 사용하여 측정하였다. 실리콘-저마늄 이종접합 에피막 성장을 위하여 SiH_4 가스와 GeH_4 가스를 원료가스로 사용하였고, carrier 가스인 수소는 6'9 순도의 수소를 수소 정제기로 다시 정제하여 사용하였으며, 공정에 사용된 총 가스유량은 2 slm 으로 하였다. 그리고 에피막 성장공정에서 *in-situ* 불순물 첨가를 위하여 200 ppm B_2H_6 가스를 사용하였다.

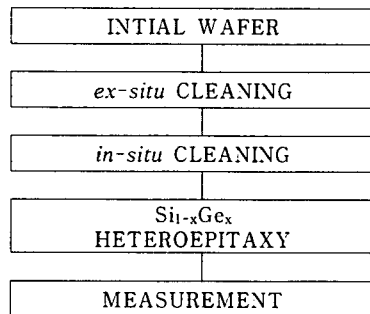


그림 2. 에피막 성장 실험의 공정순서도.

Fig. 2. The flowchart of our experiment.

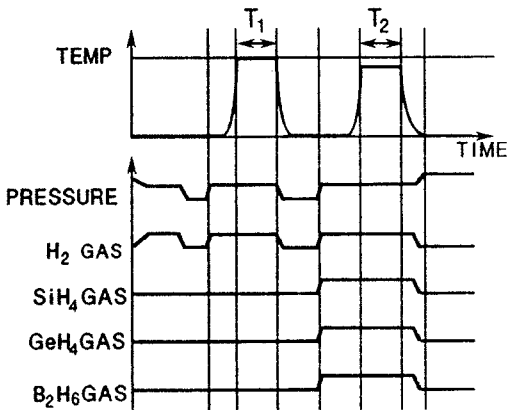


그림 3. RTCVD 열처리 공정도.

Fig. 3. The process profile of an RTCVD heat cycle.

그림 2 는 RTCVD 법에 의한 막성장 공정 순서도이다. 공정에 사용된 실리콘 기판은 4 인치 (100), 비저항 8-12 Ω·cm 또는 0.02 Ω·cm 인 p 형, n 형 실리콘 웨이퍼를 사용하였고, 제조회사에서 제공된 실리콘 웨이퍼는 웨이퍼 세척을 위한 화학약품 처리공정 (ex-situ cleaning) 을 하지않고 H₂ prebaking 공정 (in-situ cleaning) 후 실리콘-저마늄 이종접합 에피막을 성장하였으며, 서로 다른 공정조건으로 성장된 에피막의 특성을 평가하였다.

그림 3 은 RTCVD 법으로 실리콘-저마늄 이종접합 에피막을 성장하기 위하여 사용된 열처리 공정도이다. 먼저 실리콘 표면의 자연산화막을 제거하기 위한 H₂ prebaking 공정을 T₁ 시간동안 실시하고, 다음 열처리 공정으로 실리콘-저마늄 이종접합 에피막을 T₂ 시간동안 성장하였다. H₂ prebaking 공정은 900 °C 에서 2 분간 실시하였고, 실리콘-저마늄 이종접합 에피막은 650 °C 와 800 °C 에서 실시하였다. SiH₄ 가스 와 GeH₄ 가스의 혼합비 및 원료가스의 vol% 는 [GeH₄] / [SiH₄+GeH₄] 및 [SiH₄+GeH₄] / [H₂+SiH₄+GeH₄] 의 혼합비를 만족하는 방법으로 각각의 가스 유량을 변화하였다. 성장된 이종접합 에피막의 Ge 조성비는 Charles Evans 사에서 RBS 법으로 평가하였고, 성장계면에서의 불순물 농도분포 특성 및 Ge 조성비의 변화율은 Charles Evans 사에서 SIMS 법으로 평가하였다. 또한 Si_{1-x}Ge_x / Si 이종접합 에피막 구조의 결정성은 단면 투과 전자 현미경을 사용하여 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

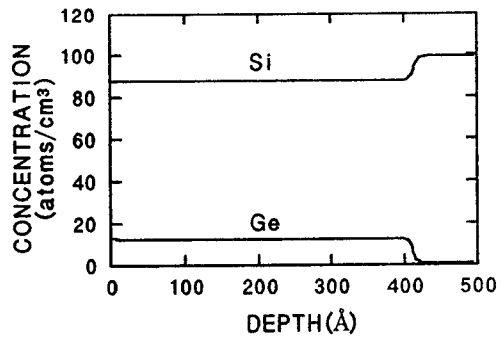
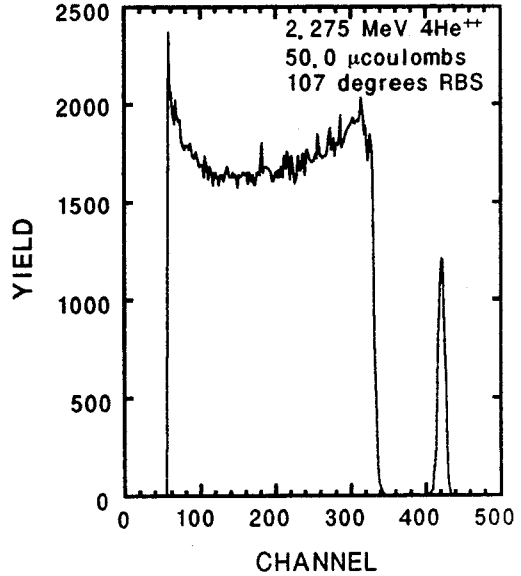


그림 4. 650 °C 에서 30 초간 RTCVD 법으로 성장한 Si_{0.88}Ge_{0.12} 이종접합 에피막의 (a) RBS energy spectra, (b) RBS 깊이분석 결과.

Fig. 4. The results of Si_{0.88}Ge_{0.12} heteroepitaxial layer grown by RTCVD method at 650 °C for 30 seconds. (a) RBS energy spectra (b) RBS depthprofile

그림 4 는 650 °C 에서 30 초간 RTCVD 법으로 성장한 Si_{0.88}Ge_{0.12} 이종접합 에피막의 (a) RBS energy spectra 이고, (b) RBS 깊이분석 결과이다. RBS 분석은 주사 이온빔 (incident ion beam) 으로부터 110 도의 backscattering 각에서 일어났다. 공정에 사용된 총 가스유량은 2 slm 이고 공정압력은 5 torr 였으며, 원

료가스 유량비 ($[\text{GeH}_4] / [\text{SiH}_4 + \text{GeH}_4]$) 가 0.05 이고, 총 가스유량에 대한 원료가스의 비율이 0.5 vol% 인 조건에서 성장하였다. 실리콘-저마늄 이종접합 에피막의 Ge 조성비는 12.0 % 로 나타났으며, 성장된 이종접합 에피막의 두께는 약 400 Å 으로 분석되었다. 또한 성장된 에피막의 깊이방향에 대한 Ge 조성비는 균일한 분포를 하고 있으며, 이종접합 성장계면에서의 Ge 조성비는 매우 급격하게 변화하였다.

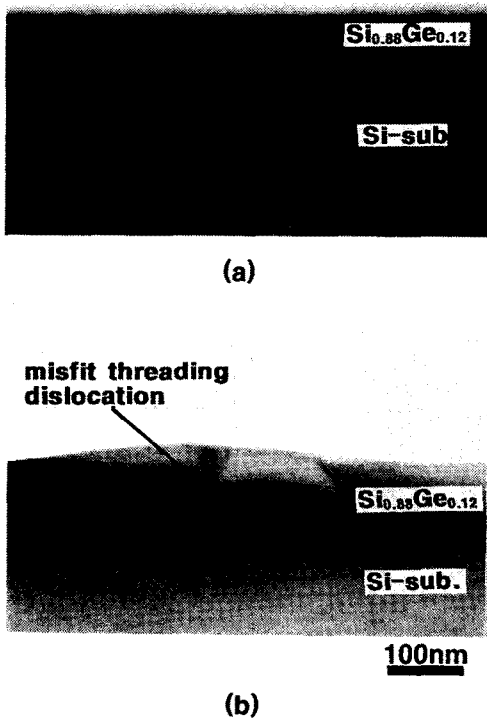


그림 5. 650 °C에서 (a) 30 초간, (b) 100 초간 RTCVD 법으로 성장한 $\text{Si}_{0.88}\text{Ge}_{0.12}$ 이종접합 에피막의 단면 투과 전자현미경 사진.

Fig. 5. The cross section TEM micrograph of $\text{Si}_{0.88}\text{Ge}_{0.12}$ heteroepitaxial layer grown at 650 °C (a) for 30 seconds, (b) for 100 seconds.

그림 5 (a) 와 (b) 는 650 °C 에서 30 초간 및 100 초간 RTCVD 법으로 성장한 $\text{Si}_{0.88}\text{Ge}_{0.12}$ 이종접합 에피막의 단면 투과 전자현미경 사진이다. 실험에 사용된 시료는 원료가스 유량비 ($[\text{GeH}_4] / [\text{SiH}_4 + \text{GeH}_4]$) 가 0.05 이고, 총 가스유량에 대한 원료가스의 비율이 0.5 vol% 로 동일한 조건에서 성장하였다. 그림 5 (a) 의

$\text{Si}_{0.88}\text{Ge}_{0.12}$ 이종접합 에피막은 약 400 Å 두께로 균일하게 성장되었으며, 격자부정합에 의한 전위가 관찰되지 않았다. 그러나 그림 5 (b) 의 $\text{Si}_{0.88}\text{Ge}_{0.12}$ 이종접합 에피막은 막의 두께가 800-1000 Å 정도로 균일하게 성장되지 못하였다. 이와같이 에피막의 두께가 균일하지 못한 것은 에피막이 3차원적으로 성장하기 때문으로 생각된다. 또한 그림 5 (a) 와 동일한 Ge 조성비 조건에서 성장한 그림 5 (b) 의 사진에서 접합계면에서의 격자부정합에 의한 전위로 생각되는 결함들이 관찰되었다. 즉 공정시간이 100 초간으로 증가함에 따라 에피막의 두께가 약 1000 Å 정도로 두껍게 성장된 것으로 추정된다. 이와같은 실리콘-저마늄 이종접합 에피막의 결함 특성은 Ge 조성비와 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 이종접합 에피막의 두께에 관한 결과^[9]를 인용하면, 400 Å 정도의 $\text{Si}_{0.88}\text{Ge}_{0.12}$ 이종접합 에피막 두께는 접합 계면에서의 격자 부정합에 의한 전위를 발생시키지 않지만, 에피막의 두께가 임계두께 이상이 되면 격자부정합에 의한 전위가 발생하는 것으로 설명될 수 있다. 이상의 결과들로 부터 RTCVD 법으로 400 Å 정도의 실리콘-저마늄 이종접합 에피막을 성장하는 것이 가능하며, 그림 5 (a) 와 같은 임계두께 이하의 에피막 성장조건에서는 격자부정합에 의한 결함이 관찰되지 않는 $\text{Si}_{0.88}\text{Ge}_{0.12}$ 이종접합 에피막을 성장할 수 있다. 그리고 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 이종접합 에피막의 성장온도는 550 °C 에서 900 °C 사이의 온도범위에서 주로 발표되고 있으며, RTCVD 법에 의한 성장온도는 900 °C 에서 다수 발표되었다.^[6-10] $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 이종접합 에피막은 성장온도가 높을수록 성장율이 증가하므로, 막두께의 조절이 어렵고 성장율이 너무 클 경우 에피막의 결정성에도 나쁜 영향을 줄 수 있다. 따라서 그림 5 (a) 및 (b) 의 결과는 RTCVD 법으로 650 °C 의 비교적 저온 영역에서 성장한 $\text{Si}_{0.88}\text{Ge}_{0.12}$ 이종접합 에피막의 결함특성과 막 두께를 보여주고 있다.

표 1 은 각각의 공정조건에 따라 성장한 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 이종접합 에피막의 Ge 조성비를 RBS 법으로 측정한 결과이다. $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 이종접합 에피막의 Ge 조성비는 공정온도, 공정압력, 총 가스유량, SiH_4 및 GeH_4 의 원료가스유량 등의 변수들에 영향을 받고 있으며, 특히 총 가스유량에 대한 총 원료가스의 유량비 및 두께의 서로 다른 원료가스들 간의 혼합비가 밀접한 상관관계를 가지고 있다.^[6-8] 본 연구에서는 공정압력을 5 torr 으로 하고 공정온도, 총 가스유량 그리고 원료가스 유량비를 변화하면서 에피막의 특성을 평가하였다.

표 1. RTCVD 법에 의한 Si_{1-x}Ge_x 이종접합 에피막의 성장 공정변수.

시료번호	공정온도	공정압력	총유량	SiH ₄	10% GeH ₄	Ge 조성비
4802	650°C	5 torr	2 slm	10 sccm	5 sccm	12.0 %
4803	"	"	"	10 sccm	5 sccm	8.0 %
"	"	"	"	10 sccm	10 sccm	15.3 %
41209A	"	"	"	10 sccm	5 sccm	7.4 %
41209B	"	"	"	9.5 sccm	5 sccm	8.7 %
41212C	800°C	"	"	57 sccm	30 sccm	7.0 %
"	"	"	"	54 sccm	60 sccm	16.5 %
"	"	"	"	51 sccm	90 sccm	25.2 %
41212D	"	"	"	95 sccm	50 sccm	7.5 %

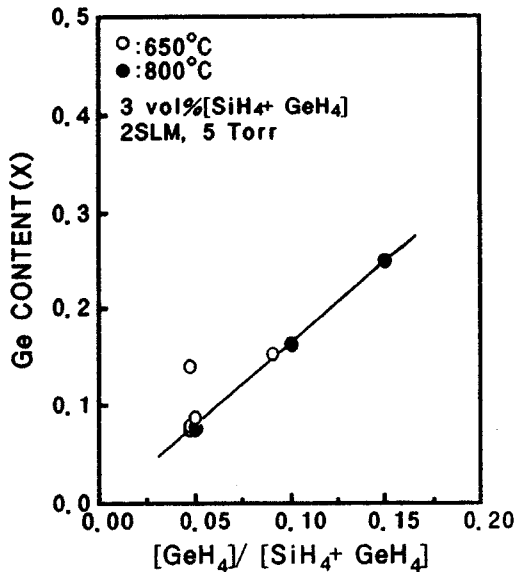


그림 6. 원료가스의 유량비 ([GeH₄] / [SiH₄ + GeH₄])에 대한 Ge 함유량의 변화.

Fig. 6. The Ge mole fraction dependence on source gas flowrate ratio [GeH₄]/[SiH₄+GeH₄].

그림 6 은 원료가스의 유량비 ([GeH₄] / [SiH₄ + GeH₄])에 대한 Ge 함유량의 변화를 나타낸 그림이다. Si_{1-x}Ge_x 이종접합 에피막은 표 1 의 조건으로 650 °C 와 800 °C 의 공정온도에서 성장하였으며, Ge 함유량은 RBS 법으로 분석하였다. 이때 총 가스유량에 대한 원료가스의 vol% 는 0.5 vol% 에서 5 vol% 사이였으며, GeH₄ 가스와 SiH₄ 가스의 유량비는 0.05 에서 0.15 로 변화하는 조건이었다. Si_{1-x}Ge_x 이종접합 에피막의 Ge 조성비는 원료가스 유량비에 따라 선형적으로 변화하였으며, Ge 조성비의 변화율은 약 1.6 으로서 1 보다

는 큰 값을 나타내었고, 원료가스의 유량비에 따른 Ge 조성비는 650 °C 와 800 °C 의 서로 다른 공정온도에서도 거의 유사한 값을 나타내었다. 즉 원료가스에서 Ge 원자와 Si 원자가 해리되는데 필요한 에너지^[6] 및 막성장에 필요한 activation energy^[6] 가 서로 다름에도 불구하고, Si_{1-x}Ge_x 이종접합 에피막의 Ge 조성비는 공정온도보다 GeH₄ 가스와 SiH₄ 가스의 유량비에 따라 결정된다는 것을 확인하였다.

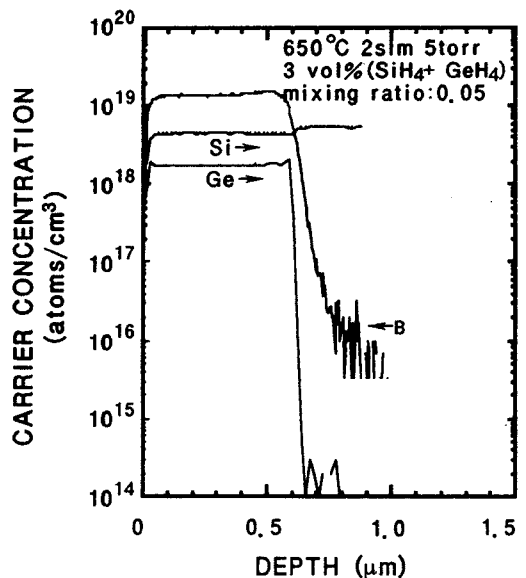


그림 7. *in-situ* 방법으로 붕소를 첨가한 Si_{1-x}Ge_x 이종접합 에피막의 SIMS 깊이분석.

Fig. 7. SIMS depthprofile of *in-situ* Boron doped Si_{1-x}Ge_x heteroepitaxial layer using the 200 ppm B₂H₆ source gas.

그림 7은 *in-situ* 방법으로 붕소를 첨가한 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 이중접합 에피막의 SIMS 깊이분석 결과이다. $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 이중접합 에피막 성장공정은 650°C 에서 3 vol%의 원료가스와 0.05의 원료가스의 혼합비를 사용하면서 동시에 200 ppm B_2H_6 원료가스를 *in-situ* 방법으로 첨가하였다. SIMS 분석결과 붕소가 첨가된 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 이중접합 에피막은 실리콘 기판과의 이중접합 성장계면에서 불순물 농도 분포가 급격하게 변화하는 특성을 나타내었다. 이와같은 불순물 첨가 특성은 성장계면에서 약 500 Å/decade의 급격한 농도분포 천이 영역을 가지고 있으며, Ge 조성비는 성장계면에서 불순물 농도분포보다 더 급격하게 변화하였다. 또한 Ge 조성비가 에피막의 깊이방향에 대하여 균일한 분포를 하고 있음을 알 수 있었다.

4. 결론

RTCVD 법으로 격자부정합에 의한 결함이 관찰되지 않는 400 Å 정도의 $\text{Si}_{0.88}\text{Ge}_{0.12}$ 이중접합 에피막을 성장할 수 있었으며, $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 이중접합 에피막 성장과 관련된 제조공정 특성을 얻었다. 원료가스 혼합비에 대한 Ge 조성비 변화와 성장계면 특성은 성장된 에피막의 깊이방향에 따라 Ge 조성비가 균일한 분포를 나타내었고, 이중접합 성장계면에서의 Ge 조성비는 매우 급격하게 변화하였다. Ge 조성비 변화 조건은 공정은 도보다 공급되는 원료가스의 유량비에 크게 의존한다. 또한 200 ppm B_2H_6 원료가스를 사용하는 불순물 첨가 공정에서 붕소 농도는 성장계면에서 약 500 Å/decade로 급격하게 변화하는 특성을 나타내었다. 이상의 결과들로부터 RTCVD 법으로 균일한 Ge 조성비를 갖고 에피막의 두께가 수십 나노미터 내외로 조절 가능하며 격자부정합에 의한 결함이 관찰되지 않는 실리콘-저마늄 에피막을 성장할 수 있었다.

5. 참고문헌

- [1] B.S.Meyerson, "Low-temperature silicon epitaxy by ultrahigh vacuum/chemical vapor deposition", *Appl.Phys.Lett.*, Vol.48, No.12, PP.797-799, 1986.
- [2] J. C. Bean, "Silicon-based semiconductor heterostructures : column IV bandgap engineering", *proceedings of the IEEE*, vol.80, no.4, pp. 571-587, 1992
- [3] R. A. Soref, "Silicon Based Optoelectronics", *proceedings of the IEEE*, vol.81, no.12, pp. 1687-1706, 1993
- [4] J.C.Sturm, E.J.Prinz, and C.W.Magee, "Graded-base $\text{Si}/\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x/\text{Si}$ heterojunction bipolar transistors grown by rapid thermal chemical vapor deposition with near-ideal electrical characteristics", *IEEE EDL-12*, no.6, pp.303-305, 1991
- [5] Mehrdad M. Moslehi et al., "Single-Wafer Integrated Semiconductor Device Processing", *IEEE trans. electron devices.*, vol. 39, no.1, pp4-32, 1992.
- [6] P.M.Garone, J.C.Sturm, P.V.Schwartz, S.A. Schwartz and B.J.Wilkens, "Silicon vapor phase epitaxial growth catalysis by the presence of germane", *Appl.Phys.Lett.*, Vol.56, No.13, PP.1275-1277, 1990
- [7] T.I.Kamins and D.J.Meyer, "Effect of silicon source gas on silicon-germanium chemical vapor deposition kinetics at atmospheric pressure", *Appl.Phys.Lett.*, Vol.61, No.1, PP.90-92, 1992
- [8] S.M.Jang, C.Tsai and R.Reif, "Growth of epitaxial $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ layers at 750°C by VLPCVD", *J.Electronic Materials*, Vol.20, No.1, PP.91-95, 1991
- [9] M.L.Green, B.E.Weir, D.Brasen, Y.F.Hsieh, G.Higashi, A.Feyngenson, L.C.Feldman and R.L.Headrick, "Mechanically and thermally stable Si-Ge films and heterojunction bipolar transistors grown by rapid thermal chemical vapor deposition at 900°C ", *J.Appl.Phys.*, Vol.69, No.2, PP.745-751, 1991
- [10] K.H.Jung, Y.M.Kim, T.Y.Hsieh and D.L.Kwong, "Defect study of GeSi alloy multilayer structures grown by RTPCVD", *J.Electrochem. Soc.*, Vol.138, No.8, PP.2387-2392, 1991

 著 者 紹 介

정 옥 진

『센서학회지 제5권 제1호』 논문 96-5-1-10, p.63 참조.
 현재 (재)산업과학기술연구소 전력전자연구팀 주임연구원

권 영 규

『센서학회지 제5권 제1호』 논문 96-5-1-10, p.63 참조.
 현재 (재)산업과학기술연구소 전력전자연구팀 팀장, 책임 연구원

배 영 호

제7권 제1호 “SAW 소자응용을 위한 LiTaO_3 단결정의 성장과 특성” pp.75-85, 1995.
 현재 (재)산업과학기술연구소 전력전자연구팀 책임연구원.

김 광 일

『센서학회지 제5권 제1호』 논문 96-5-1-10, p.63 참조.
 현재 (재)산업과학기술연구소 전력전자연구팀 주임연구원.

강 봉 구

『센서학회지 제5권 제1호』 논문 96-5-1-10, p.63 참조.
 현재 포항공과대학교 전자전기공학과 부교수.

손 병 기

『센서학회지 제1권 제1호』 논문 92-08, p.101 참조.
 현재 경북대학교 전자공학과 교수, 센서기술연구소 소장.