

論文95-32A-2-11

열처리 조건에 따른 HgCdTe의 접합 특성

(HgCdTe Junction Characteristics after the Junction Annealing Process)

鄭喜燦*, 金觀*, 李熙哲*, 金弘國**, 金在默**

(Hi-Chan Jeong, Kwan Kim, Hee-Chul Lee, Hong-Kook Kim, and Jae-Mook Kim)

요약

적외선 감지 소자의 재료로 쓰이는 $Hg_{0.7}Cd_{0.3}Te$ 및 $Hg_{0.8}Cd_{0.2}Te$ 에서 이온주입을 통해 형성된 pn 접합의 접합 구조에 대하여 differential Hall 방법으로 알아보았다. 이온주입 후 표면에서는 $1 \times 10^{18}/cm^3$ 정도의 높은 n 농도가 나타났으며, 접합의 깊이는 $0.6\mu m$ 정도였다. Oven에서 열처리를 한 경우, 열처리 온도를 높게 하고 열처리 시간을 길게 할수록, 접합의 깊이는 깊어지고 접합 부근에서의 n 농도는 감소하였다. 열처리 후에는 최종적으로 $n^+/n^-/p$ 의 농도 분포를 보였다. $200^\circ C$ 에서 20분간 열처리를 한 시료의 경우, 표면 부근에서는 $10^4 cm^2/V \cdot s$ 정도의 이동도를 보였고, 접합 부근 n 영역에서는 $10^5 cm^2/V \cdot s$ 이상의 이동도를 보였다. 그리고, rapid thermal annealing 법으로 열처리를 한 경우에는, 표면 근처에서는 농도 감소를 보였으나 접합의 깊이에는 큰 영향을 미치지 못했다. 실험 결과와 참고 문헌을 근거로 하여, 위의 열처리 조건에 따른 접합 구조의 변화를 추정하면, 다음과 같다. 이온주입 시 받은 에너지로 표면 부근에서는 격자 결함과 자유로운 수은이 발생한다. 열처리를 하면 이 수은이 확산해 들어가 p형 기판의 수은 빈자리를 메꾸어, 그 부분에서는 기판의 n형 잔류 불순물이 운반자로 작용하게 된다. 따라서, n^+ 지역은 격자 결함이, n^- 지역은 기판의 잔류 불순물이, p 지역은 수은 빈자리가 각각 주된 운반자원으로 작용하게 된다.

Abstract

The structure of boron ion-implanted pn junction in the vacancy-doped p-type HgCdTe was investigated with the differential Hall measurement. The as-implanted junction showed the electron concentration as high as $1 \times 10^{18}/cm^3$ and the junction depth of $0.6\mu m$. When the HgCdTe junction was heated in oven, the electron concentration near the junction decreased and the junction depth increased as the annealing temperature and time increased. The junction structure after the thermal annealing was $n^+/n^-/p$. For the $200^\circ C$ 20min annealed sample, the electron mobility was $10^4 cm^2/V \cdot s$ near the surface (n^+), and was larger than $10^5 cm^2/V \cdot s$ near the junction (n^-). The junction formation mechanism is conjectured as follows. When HgCdTe is ion-implanted, the ion energy generates crystal defects and displaced Hg atoms near the surface. The displaced Hg vacancies diffuse in easily by the thermal treatment and fill the Hg vacancies in the p-HgCdTe substrate. With the Hg vacancies filled completely, the HgCdTe substrate becomes n-type because of the residual n-type impurity which was added during the wafer growing. Therefore, the $n^+/n^-/p$ regions are formed by crystal defects, residual impurities, and Hg vacancies, respectively.

* 正會員, 韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Korea Advanced Institute of Science and Technology)

** 正會員, 國防科學研究所
(Agency for Defence Development)
接受日字: 1994年 6月 7日

I. 서론

$Hg_{1-x}Cd_xTe$ 는 그 조성비에 따라 대역폭이 변하기 때문에 그 조성비를 변화시켜 여러가지 파장대의 빛을 감지할 수 있다. II-VI족 화합물인 HgCdTe는 높은 전자 이동도를 가지고 있어 빛에 대한 응답 속도가 빠르며, 낮은 진성 운반자 농도를 가지고 있어서 빛을 쉽게 감지할 수 있는 장점을 가지고 있다.^[1] 그리고, liquid phase epitaxy (LPE) 방법으로 성장시킬 때 기판으로 쓰이는 CdTe, CdZnTe, CdTeSe 와의 격자부정합이 0.3% 이하로 낮기 때문에 박막 성장이 용이하다. 또한, 우수한 passivation 층으로 anodic oxide, anodic sulfide 및 ZnS 등이 있어 적외선 감지 소자의 재료로서 훌륭한 특성을 갖추고 있다.

본 실험실에서는 입사광이 적외선 감지 소자에 흡수되었을 때 생기는 전자 정공 쌍의 수를 헤아리는 양자형의 광전압(photovoltaic) 소자를 제작하고 있다.^[2] 이 소자는 B(붕소)를 이온주입하여 만든 pn 접합 다이오드인데, 이온주입 후 생기는 접합의 특성이 소자의 성능에 큰 영향을 미치게 된다. 광전압 소자의 특성 평가 기준으로 R_0A 및 D^* (정규화된 탐지도) 등이 있다. 여기서, R_0 는 소자의 zero-bias 에서의 교류저항이고, A는 소자의 면적을 나타낸다.^[3] 이 R_0 가 클수록 우수한 성능을 나타내는데, 열처리를 통해 소수 운반자의 수명을 증가시키면 R_0 가 증가하므로 소자의 특성을 향상시킬 수 있다. 본 논문에서는 소자의 접합 특성에 대하여, 접합 형성 과정과 열처리가 소자의 성능에 미치는 영향을 연구하였으며, 77K에서의 differential Hall 측정 방법으로 깊이에 따른 농도와 이동도의 분포를 구하여 이온주입 후의 적절한 열처리는 소자의 성능을 향상시킬 수 있음을 제시하였다.

II. 실험 방법

시편은 CdTe 기판 위에 조성비 $x=0.3$ 인 $Hg_{1-x}Cd_xTe$ 박막을 LPE 방법으로 성장한 p형 $Hg_{0.7}Cd_{0.3}Te/CdTe$ 웨이퍼와 solid state recrystallization (SSR) 방법으로 길러진 $Hg_{0.8}Cd_{0.2}Te$ bulk 웨이퍼를 사용하였다. 전자의 LPE 웨이퍼는 한국과학기술연구원에서 제작된 것이고, 후자의 bulk 웨이퍼는 미국 Colorado Research Laboratories 에서 제작된 것이다. 이 웨이퍼들은 수은 빈자리가 정공으로 작용하여 p형 특성이 나타나며, 기판 농도는 대체로 $1 \times 10^{16}/cm^3$, 이동도는 $400cm^2/V \cdot s$ 이다. 현재,

본 실험실에서 제작되고 있는 소자는 p형 기판 위에 이온주입을 하여 pn 접합을 하고 있다. 따라서, 이온주입 후의 농도와 이동도의 깊이에 따른 분포를 알기 위해 HgCdTe 웨이퍼의 전면에 붕소를 이온주입한 후 77K에서 Hall 측정을 하였다. 본 연구에 이용된 이온주입 조건은 다음과 같다. 가속 에너지는 90keV로, 이온 dose는 $3 \times 10^{13}/cm^2$ 으로 하였으며, beam 전류는 $3\mu A/cm^2$ 이하로 하였다. Beam 전류를 지극히 작게 한 것은 이온주입 시에 HgCdTe 시편이 가열되어 수은이 out diffusion 될 가능성을 배제하기 위한 것이다. 이렇게 이온주입한 시료를 고속열처리(rapid thermal annealing, RTA) 장비 또는 hot plate 위의 oven에 넣어 열처리를 할 때, 수은이 HgCdTe로부터 빠져나가지 않게 하기 위해 ZnS를 3000A 정도를 증착하였다. ZnS는 현재 소자의 절연 및 표면 보호막으로 사용되고 있는데, 낮은 온도에서 증착이 가능하고 우수한 절연 특성을 보여주고 있으며 200°C 까지의 열처리 후에도 온전히 그 특성을 보유하고 있다.^[4] 이렇게 증착된 시편을 열처리한 후에 HCl에 담가 ZnS를 제거한 뒤 깊이에 따른 농도와 이동도의 분포를 알기 위해 differential Hall 측정을 실시하였다.

Differential Hall 측정에서는 HgCdTe를 식각하면서 계속적인 측정을 해야 한다. 미세 조절 가능하고 재현성 있는 식각 용액으로 0.1% Br-methanol 용액을 사용하였다. 식각 속도는 $0.2\mu m/분$ 정도인데, 이것은 시편을 용액 속에서 흔들지 않았을 때의 속도이고, 흔들면 식각 속도는 약 $0.8\mu m/분$ 이 된다. 그리고, Hall 측정에서 van der Pauw 방법에 의한 면저항률과 Hall 계수를 측정하였는데, 이 두가지 값으로 깊이에 따른 농도와 이동도를 계산할 수 있으며, 그 계산식은 다음과 같다.

$$n_0 = \frac{1}{q\Delta T} \left(\frac{1}{R_{hs0}} - \frac{1}{R_{hs1}} \right) \quad (1)$$

$$\mu_0 = \frac{1}{qn_0\Delta T} \left(\frac{1}{\rho_{s0}} - \frac{1}{\rho_{s1}} \right) \quad (2)$$

여기서, q는 전자의 전하량이며, ΔT 는 Hall 측정 전후의 식각한 두께이다. 또한, R_{hs0} 은 식각하기 전의 sheet Hall 계수이고, R_{hs1} 은 식각 후의 sheet Hall 계수이다. 이 두 값의 차이로 농도가 계산된다. 이동도의 계산에서 n_0 은 식 (1)에서 먼저 계산되어진 값을 쓸 수 있다. ρ_{s0} 은 van der Pauw 법으로 식각 전에 측정한 면저항률이고, ρ_{s1} 은 식각 후의 면저항률이며, 식각 전후의 면저항률의 차이를 통해 깊이에 따른 이

동도의 분포를 구할 수 있다.

III. 측정 결과 및 토론

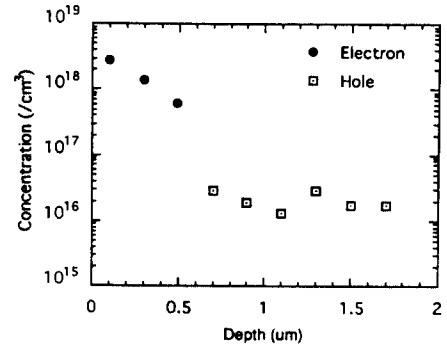
본 연구에서의 측정은 모두 9개의 시편을 이용하였다. 표 1 에서는 열처리 온도와 시간을 요약 정리하였다. 그림 1-(a) 는 열처리를 하지 않은 시료의 깊이에 따른 농도 분포 결과를 보여주고 있는데, 표면에서는 $10^{18}/cm^3$ 정도의 농도를 보이고 있으며 pn 접합의 깊이는 $0.6\mu m$ 정도에서 형성된 것을 알 수 있다. 여기서, n형으로 나타난 곳의 운반자는 주로 이온주입 시에 생긴 결정 결함에 의해 생기는 것으로 알려져 있다.^[5] 즉, 이온주입 시 이온의 충돌에 의한 에너지로 많은 결정 결함들이 발생하는데, 이것들이 주로 n형 운반자원으로 작용하며, 이 결정 결함들은 붕소 이온이 주입된 지역보다 더 깊은 곳에서도 형성되기 때문에 실제 접합의 깊이는 이온주입된 지역을 넘어서 생기게 된다.^[5] 따라서, pn 접합은 결정 결함이 많은 곳에 형성되며, 이 곳에서는 운반자의 수명이 짧고 누설전류가 생길 가능성이 크기 때문에 소자의 성능에 나쁜 영향을 미친다.

표 1. 열처리 조건의 요약도
Table. 1. Junction annealing conditions.

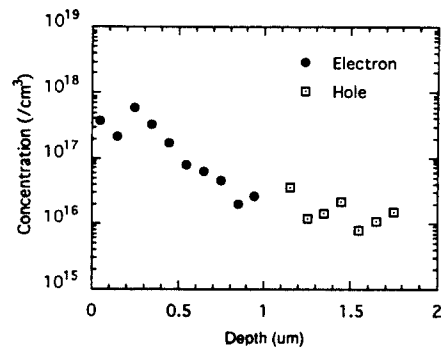
Sample #	열처리 조건				사용된 기판
	Oven		RTA Chamber		
	Temperature	Time	Temperature	Time	
1					Lpe x=0.3 기판농도: $9.5 \times 10^{15}/cm^3$ 이동도: $352cm^2/V \cdot s$ 에피두께: $25\mu m$
2	73°C	3시간			
3			200°C	5초	
4			200°C	30초	
5	73°C	3시간	200°C	30초	
6	73°C	3시간	200°C	2분	
7	200°C	20분			
8	73°C	3시간			
	200°C	20분			
9	200°C	20분			Bulk Wafer x=0.2 $1 \times 10^{16}/cm^3$ 이동도: $380cm^2/V \cdot s$

이온주입한 시편을 73°C 3시간 열처리를 한 결과는 그림 1-(b) 에 나타나 있다. 접합의 깊이는 $1\mu m$ 가량에서 형성되었고 접합 부근의 농도는 $10^{16}/cm^3$ 대로 떨어져 있음을 알 수 있다. 본 실험실에서 제작되고 있는 소자는 lithography 작업을 73°C에서 하는데, 이 온

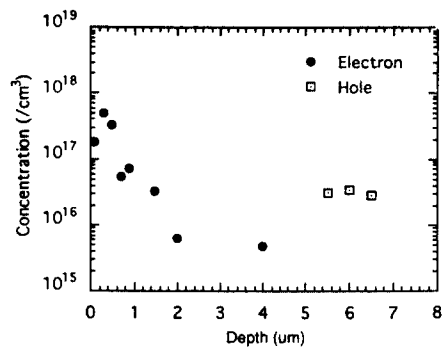
도는 소자 제작 과정에서 가해지는 통상적인 온도이며, 총 가열 시간이 3시간 정도이다.



(a)



(b)



(c)

그림 1. x=0.3인 HgCdTe 웨이퍼에 붕소를 이온 주입하여 형성된 np접합의 열처리 조건에 따른 운반자 농도 분포 곡선.
(a) as-implanted, (b) 73°C 3시간, (c) 200°C 20분

Fig. 1. Differential Hall measurement at 77k on a boron implanted $Hg_{0.7}Cd_{0.3}Te$ wafer
(a) as-implanted,
(b) after 73°C 3hour annealing.
(c) after 200°C 20min annealing.

따라서, 특별히 열처리 과정이 없을 때, 본 실험실에서 제작되는 소자의 접합 깊이는 1 μ m 정도임을 알 수 있다.

그림 1-(c)에서는 200 $^{\circ}$ C 20분의 열처리를 한 시료의 농도 분포를 보여주고 있다. 집합의 깊이는 약 5 μ m 이고, 접합 근처의 농도는 표면 근처보다 훨씬 낮아서 10¹⁶/cm³ 이하의 농도를 보여주고 있음을 알 수 있다.

그림 2에서는 이온주입한 시료를 RTA를 한 시료의 운반자 농도 분포를 나타내고 있다. RTA 조건은 rotary 진공 펌프로 만든 70mtorr 정도의 진공에서 할로젠 램프를 사용하여 가열하였으며, 온도 측정은 시료를 얹어 놓는 silicon 웨이퍼에 심어져 있는 열전쌍을 사용하였다. 그림 2에서는 각각 5초, 30초, 2분 동안 RTA를 한 시료들의 농도 분포를 보여주고 있다. 그림 2-(a)의 농도 분포에서 RTA는 접합의 깊이에는 크게 영향을 미치지 못하는데 반하여, 표면 근처에서 농도가 10¹⁸/cm³에서 10¹⁷/cm³으로 떨어진 것을 알 수 있다. 그림 2-(b)에서는 전체적으로 깊이에 따른 농도가 10¹⁷/cm³ 대로 떨어질 뿐 접합의 깊이에는 크게 영향을 주지 않는 것을 알 수 있다.

다시 말해서, RTA는 이온주입 후 n형으로 작용하는 결정 결함들에 영향을 미치는데, 농도가 낮아지는 이유는 이온주입 시 생긴 자유로운 수은이 결정 결함들과 재결합하여 n형으로 작용하던 결정 결함들이 재결정화한 것으로 생각된다. HgCdTe는 II-VI족 화합물이기 때문에 결정들이 이온 결합을 이루고 있어 결정의 결합력이 강하지 않다. 따라서, 200 $^{\circ}$ C에서의 짧은 열처리는 이렇게 끊어진 결함들이 재결합할 수 있는 충분한 에너지를 제공하여 이들 결정 결함들이 재결합하는 것으로 생각된다. 따라서, 이러한 재결합으로 운반자 농도에 기여하는 결정 결함들의 수가 줄어들어서 농도가 낮아지는 것으로 추정된다. 그림 2-(c)의 경우 73 $^{\circ}$ C에서 3시간 동안 열처리를 한 후 200 $^{\circ}$ C에서 2분 동안 RTA한 농도 분포이다. 73 $^{\circ}$ C에서 3시간 동안 열처리를 한 것과 농도 분포의 차이가 거의 없는데, 이것은 73 $^{\circ}$ C에서 3시간 열처리를 하는 동안 donor로 작용하는 결정 결함들 중 재결정화가 되는 것은 이미 재결정화되어 200 $^{\circ}$ C에서 2분 동안의 열처리는 농도 분포에 크게 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

그림 3은 x=0.2인 bulk HgCdTe 웨이퍼를 열처리한 후의 깊이 따른 농도와 이동도의 분포를 나타내고 있다. 그림 3의 (a)와 (b)에서는 표면에서 2 μ m까지는 10¹⁷/cm³ 정도의 농도 분포를 보이는데 이곳의 이동도의 분포는 10⁴cm²/V.s 대를 나타내는 것을 알 수 있다. 그리고, 표면에서 2-4 μ m 되는 곳의 농도는 10¹⁵/cm³ 대를 보이고 있으며, 이곳의 이동도는 결정

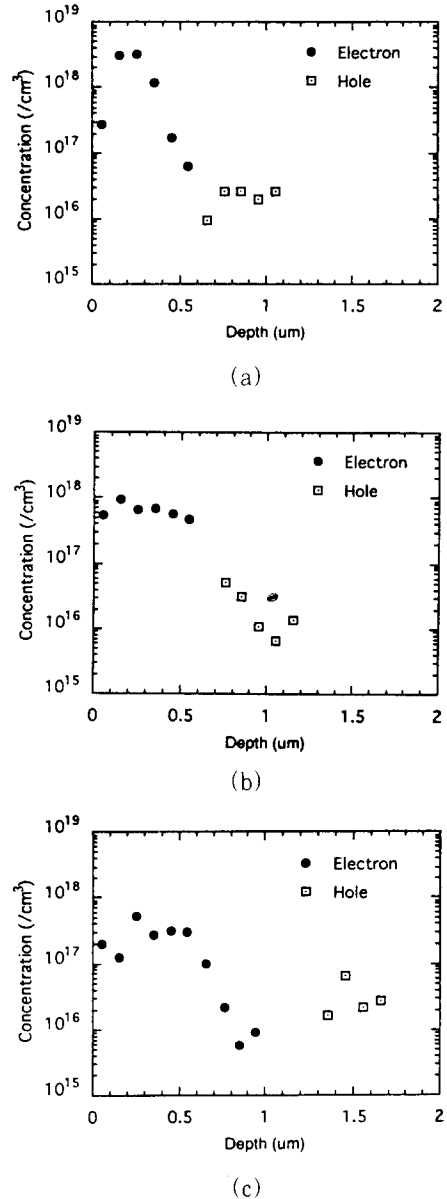
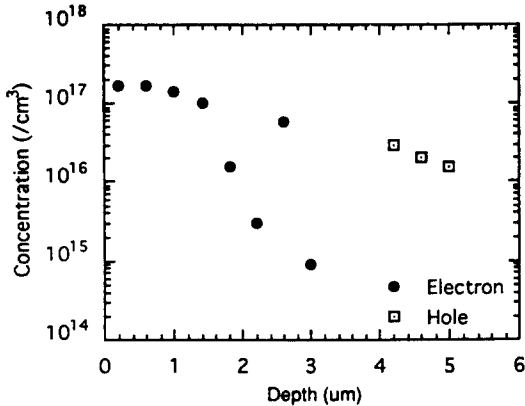
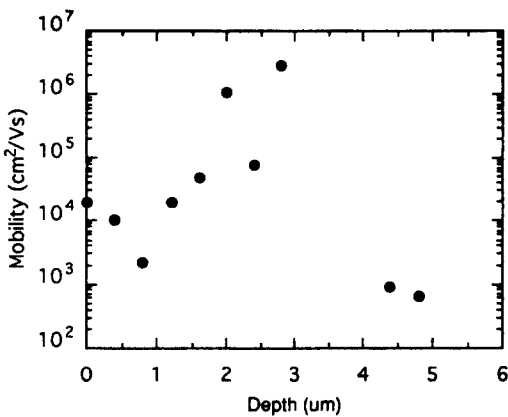


그림 2. x=0.3인 HgCdTe 웨이퍼에 붕소를 이온 주입하여 형성된 np접합의 RTA 열처리 조건에 따른 운반자 농도 분포 곡선.
 (a) RTA 200 $^{\circ}$ C 5초, (b) RTA 200 $^{\circ}$ C 30초, (c) 73 $^{\circ}$ C 3시간 · RTA 200 $^{\circ}$ C 2분
 Fig. 2. Differential Hall measurement at 77K on a boron implanted Hg_{0.7}Cd_{0.3} Te wafer
 (a) after RTA 200 $^{\circ}$ C 5sec
 (b) after RTA 200 $^{\circ}$ C 30sec
 (c) after 73 $^{\circ}$ C 3hours annealing and RTA 200 $^{\circ}$ C 2min.

결합이 거의 없는 bulk에서의 값과 동등한 $10^5 \text{ cm}^2 / \text{V}\cdot\text{s}$ 이상의 분포를 보이고 있다. 이러한 접합 근처의 낮은 농도와 높은 이동도가 나타나는 것을 규명하기 위하여 HgCdTe 웨이퍼를 오랜 시간 동안 수은 분위기에서 열처리한 후 기판의 농도를 측정하여 보았다.



(a)



(b)

그림 3. x=0.2 인 HgCdTe 웨이퍼에 붕소를 이온주입한 후 200°C 20분간 열처리한 후의 (a) 운반자 농도 분포와 (b) 운반자 이동도 분포

Fig. 3. Differential Hall measurement at 77K on a boron implanted $\text{Hg}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{Te}$ wafer
(a) carrier concentration
(b) carrier mobility

그림 4 는 200°C에서 0.1기압의 수은 분위기로

x=0.2 인 bulk 웨이퍼를 140시간 동안 열처리한 후, 상온에서 10K까지의 온도에 따른 운반자 농도를 나타낸 것이다. 온도가 높은 지역에서는 $10^{16} / \text{cm}^3$ 정도의 농도를 보이다가, 77K에서는 n형으로 $3 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ 정도의 농도를 보이는데, 여기에서 높은 온도에서 나타나는 $10^{16} / \text{cm}^3$ 정도의 농도는 HgCdTe의 진성 운반자에 의한 농도이다. 이 진성 운반자 농도는 온도가 낮아지면 감소하게 되는데, 77K에서는 $10^{10} / \text{cm}^3$ 이하로 떨어진다. 따라서, 77K에서 나타나는 농도는 진성 운반자가 아닌 기판의 n형 잔류 불순물에 의하여 나타난 운반자로 보이며, 그 농도는 $3 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ 정도임을 알 수 있다.

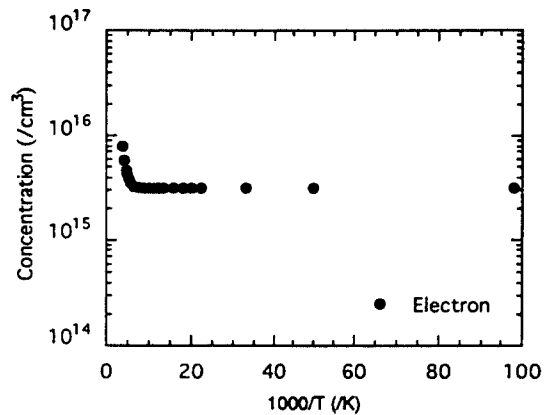


그림 4. 수은 분위기의 고온 열처리 후 x=0.2인 bulk 웨이퍼의 온도에 따른 운반자 농도. (열처리 온도=280°C, 열처리 시간=140시간 수은압력=0.1기압, 시편 두께=450μm)

Fig. 4. Hall measurement of the Hg-annealed $\text{Hg}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{Te}$ wafer (annealing temperature=280°C, annealing time=140hours Hg pressure=0.1 atm, wafer thickness=450μm)

그림 3 의 농도와 이동도의 분포를 보고 다음과 같은 특성을 생각해볼 수 있다. 이동도가 낮은 곳은 $10^{17} / \text{cm}^3$ 정도의 농도 분포를 보이는데 이곳은 주로 이온주입 시에 생긴 결정 결함들이 n형으로 작용하는 곳이다. 이 부분은 이온주입할 때 웨이퍼의 결정 구조가 많이 파괴되었으므로, 결합에 의한 산란 때문에 전자의 이동도가 높다고 기대하기 어렵다.

그리고, 이동도가 높은 지역은 농도가 $10^{15} - 10^{16} / \text{cm}^3$ 정도의 낮은 농도를 보이고 있는데, 이곳은 주로 HgCdTe 내의 기판 잔류 불순물이 donor로 작용한다고 볼 수 있다. 이것은 다음 두가지 사실로서 유추해

볼 수 있다. 첫째는 결함이 적은 기판 잔류 불순물이 주된 운반자원으로 작용하면 결정 결함이 없어 HgCdTe에서 높은 이동도 특성을 보인다는 것이다. 둘째는 bulk 웨이퍼에서 측정된 n형의 잔류 불순물의 농도가 그림 4 에서 $3 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ 을 보이고 있다는 것이다. 따라서, 그림 3 의 열처리 이후에 접합 부근에서 나타나는 운반자 농도는 이온주입 조건에 의한 것이라기보다는 박막 성장 시 발생하는 기판의 잔류 불순물에 의해서 결정된 것으로 추정된다. 위의 결과들을 토대로 열처리시 확산 과정에 대해 다음의 3가지를 추정해 볼 수 있다.

첫째로는, 이온주입 시 생긴 n형으로 작용하는 것들, 즉 결정 결함들이 확산하여 donor로 작용할 수 있다. 그러나, donor로 작용하는 결정 결함들은 열처리시 열 에너지에 의해 크게 활성화되지는 않으므로 결정 결함들이 어느 정도 확산해 들어가는 것으로는 보이나, 지배적으로 접합 부근까지 확산해 들어가는 것으로는 보이지 않는다.

둘째로는, 이온주입한 물질, 즉 붕소가 안으로 확산해 들어간다고 생각할 수 있다. 이것도 어느 정도 확산을 할 것이나, 실제로 붕소가 지배적인 donor로 작용하지 않기 때문에,^[5] 확산해 들어간 붕소가 접합 형성 과정과 농도 분포 과정에는 크게 영향을 미치지 않으리라 생각된다.

세번째로는, 이온주입 시 결정들로부터 떨어져 나온 자유로운 수은이 안으로 확산해 들어간다고 볼 수 있다. 이 자유로운 수은의 확산이 가장 지배적이라고 생각되는데, 잔류 불순물에 의한 donor가 나타나기 위해서는 수은 빈자리가 다 메꾸어져서 p형의 acceptor가 없어져야 된다. 즉, 수은이 안으로 확산해 들어가면 수은 빈자리를 메꾸어버리므로, 접합 근처에서는 수은 빈자리는 없어지고 대신에 기판의 잔류 불순물이 주된 donor로 작용하는 것으로 생각된다. 위의 세가지 확산 과정을 그림 5 에 그려보았다.

그림 5 에서 수은 빈자리에 의한 p형 HgCdTe에 이온주입을 하면 이온주입된 붕소는 (a)와 같은 농도 분포를 가지게 된다. 그러나, 운반자의 농도 분포는 (b)와 같이 나타나는데, 이온주입 시 생긴 결정 결함들이 n형으로 작용하여 강한 n형을 형성시킨다. 이러한 n형으로 작용하는 결정 결함들은 붕소가 있는 곳보다 깊은 곳에 형성되기 때문에 접합은 붕소가 있는 곳보다 더 깊은 곳에서 생기게 된다. 이러한 접합 구조에서 열처리를 하면 (c)와 같은 농도 분포를 보이게 되는데, 이 때 주된 확산 source는 이온주입 시 생긴 결정 결함들과 자유로운 수은들이다. 그런데, 자유 수은들이 지배적으로 확산해 들어가 수은 빈자리를 메꾸어 접합

근처에서는 기판의 잔류 불순물이 주된 donor로 작용하여 $n^+ / n^- / p$ 의 농도 분포를 보이게 된다. n^+ / p 접합에서 $n^+ / n^- / p$ 접합으로 바뀌면 소자의 터널링 효과가 줄어들어 소자의 성능을 향상시킨다. 그리고, 접합 근처에서의 결정성 향상은 다음과 같은 면에서 소자의 특성을 향상시킬 수 있다.

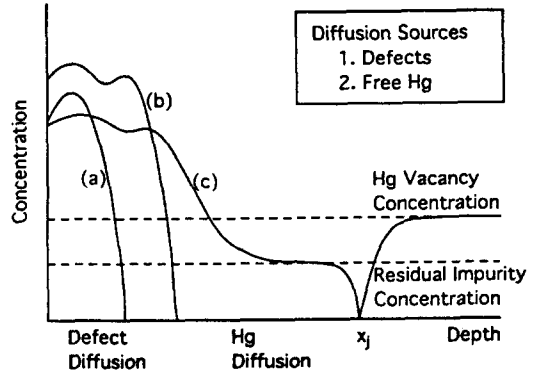


그림 5. 이온주입된 HgCdTe 웨이퍼의 열처리 과정에서의 확산 과정

- (a) 붕소의 농도
- (b) 이온주입 직후의 운반자 농도 분포
- (c) 열처리 후의 운반자 농도 분포

Fig. 5. Diffusion mechanisms of ion-implanted HgCdTe wafer

- (a) boron profile
- (b) carrier concentration right after the ion-implantation
- (c) carrier concentration after the thermal treatment

첫째는, 결정 결함이 있는 지역에서 접합이 형성될 경우 이곳에서는 접합이 제대로 형성되지 않고 재결합 준위를 통한 누설전류가 생길 가능성이 크다. 그러나, 열처리를 하면 결정 결함이 없는 곳에서 접합이 형성되므로 누설전류를 많이 줄여주게 될 것이다. 또, 재결합 중심이 적어짐으로써 운반자 수명이 증가하여 소자의 암전류가 감소하게 되어 R_oA 가 증가하기 때문에, 소자의 특성을 향상시킬 수 있다고 기대된다.

IV. 결 론

p형 HgCdTe 기판 위에 이온주입을 통해 형성된 np 접합 구조에 대해 알아 보았다. 이온주입 후에는 높은 n형 농도가 표면 근처에 나타났으며, 열처리 이후에는 표면 근처에서 농도가 낮아짐을 알 수 있었다. 73°C 3시간의 열처리를 한 시편의 측정 결과로부터 소

자의 접합 깊이는 1 μ m 정도에서 형성됨을 알 수 있었고, 200°C에서의 열처리하는 접합의 깊이를 깊게 해주고 n+/p 형 접합을 n⁺/n⁻/p 형 접합으로 만들어줌을 알 수 있었다. 그리고, 농도와 이동도의 분포를 분석한 결과로부터, 이 열처리에 대한 확산 모델을 세울 수 있었다. 즉, 웨이퍼에서 열처리시 이온주입을 할 때 생긴 자유 수온이 안으로 확산해 들어가서 수온 빈자리를 메꾸어 접합 근처에서는 결정 결함이 아닌 잔류 불순물로 인한 n⁻층이 형성되었음을 입증하였다.

마지막으로, HgCdTe를 수온 분위기에서 열처리하는데 도움을 주신 고려대학교의 김선웅 교수님과 신석환 씨에게 감사의 뜻을 전합니다.

참 고 문 헌

[1] 서상희, 이희철, 제3회 HgCdTe 반도체 Conf

erence: Short Course 강의자료, KAIST 전기 및전자공학과, 1992

[2] 정한, Hg_{0.7}Cd_{0.3}Te Photovoltaic 대형 적외선 감지 소자의 제작 및 특성 평가, KAIST 석사학위논문, 1991

[3] R. K. Willardson and Albert C. Beer, Semiconductors and Semimetals: Volume 18: Mercury Cadmium Telluride, Academic Press, 1981.

[4] 송정섭, Hg_{1-x}Cd_xTe의 우수한 표면보호를 위한 ZnS 박막의 전기적 특성, KAIST 석사학위논문, 1992

[5] G. L. Destefanis, "Electrical Doping of HgCdTe by Ion Implantation and Heat Treatment", Journal of Crystal Growth, vol.86, pp.700-722, 1988.

저 자 소 개

鄭 喜 燦(正會員)

1969년 3월 7일생. 1992년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업(공학사). 1994년 8월 한국과학기술원 전기및전자공학과졸업(공학석사). 1994년 ~ 현재 현대전자 근무.

李 熙 哲(正會員)

1978년 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1986년 동경공대 전자공학과 석사, 1989년 동경공대 전자공학과 박사. 1978년 ~ 1982년 공군사관학교 전자공학과 교수부. 1989년 ~ 현재 한국과학기술원 전기및전자공학과(현재 부교수). 주관심분야는 적외선 센서, heteroepitaxy, ferroelectric 유전체 등

金 在 默(正會員)

1971년 연세대학교 금속공학과 졸업(공학사). 1973년 연세대학교 금속공학과 졸업(공학석사). 1968년 Illinois 주립대학교 박사. 1973년 ~ 현재 국방과학연구소

金 觀(正會員)

1967년 12월 19일생. 1990년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과졸업(공학사). 1992년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사). 1992년 3월 ~ 현재 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사과정 재학중.

金 弘 國(正會員)

1978년 연세대학교 졸업(학사). 1983년 연세대학교 물리학과 석사. 1990년 연세대학교 물리학과 박사. 1990년 ~ 현재 국방과학연구소.