

고분해능 X-선/감마선 측정을 위한 InSb 단결정 성장

박세환 · 조운호 · 김한수 · 하장호 · 신희성
한국원자력연구원

E-mail: ex-spark@kaeri.re.kr

중심어 (keyword) : InSb, X-선/감마선, Bridgman method

서 론 (Introduction)

X-선, 감마선 측정시 에너지 분해능이 높은 방사선 검출기의 필요성은 다양한 분야에서 요구되고 있다. X-선 물성 분석시 X-선을 이용하여 측정하고자 하는 시료의 원자 상태를 들뜨게 하고 안정된 원자 상태로 전이시 발생하는 X-선을 측정하면 시료의 성분을 측정할 수 있다. 이 때 X-선의 에너지를 보다 정밀하게 측정하면 시료의 성분을 보다 정밀하게 분석할 수 있다. 우라늄이나 플루토늄에서 발생하는 X-선, 감마선을 측정하면 측정 대상에 포함된 동위원소 비를 구할 수 있다. 이 때 X-선, 감마선의 에너지를 보다 정밀하게 측정할 수 있는 검출기가 있다면 분석의 정밀도를 높일 수 있다.

일반적으로 널리 쓰이는 X-선, 감마선 측정용 검출기로는 섬광체나 반도체 등을 들 수 있다. 이 때 에너지 분해능을 높이기 위하여 반도체 검출기가 쓰이고 있는데, 대표적인 반도체 검출기로는 Ge 검출기를 들 수 있다. 최근에는 Ge 검출기에 비하여 에너지 분해능을 획기적으로 높일 수 있는 새로운 검출기 개발에 대하여 많은 관심이 집중되고 있다.

이러한 에너지 분해능을 높일 수 있는 검출기 소재 물질로 InSb 반도체를 들 수 있다. InSb는 III-V족 화합물 반도체로써 에너지 밴드갭이 작아서 Ge 검출기에 비하여 에너지 분해능이 2 ~ 3 이상 향상될 수 있다고 보고 되고 있다. 그러나, InSb 반도체 검출기를 이용한 X-선 및 감마선 측정에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 특히 이전의 연구에서는 InSb는 거의 적외선 검출을 위하여 성장되었고, X-선이나 감마선 검출을 위한 InSb 단결정 성장에 대한 연구는

거의 이루어 지지 않았다. 본 연구에서는 국내 최초로 수행된 InSb 단결정을 Bridgman 방식으로 성장하고 그 성능 평가를 수행하였다.

재료 및 방법 (Materials and Methods)

InSb 단결정은 Bridgman 성장로를 이용하여 성장하였다. 단결정 성장로는 3단으로 구성되어 있으며, 상부 heater는 고온을 유지하고, 중부와 하부 heater는 저온을 유지하도록 설정되었다. 시료를 고온 위치에 두었다가 저온 위치로 이동하면서 단결정을 성장하게 된다.



그림 1 성장된 InSb 웨이퍼

고순도(6N)의 In, Sb를 석영 ampule에 정착하였다. 앰플은 반도체 급 지름이 20 mm인 석영을 사용하였으며, 시료를 앰플에 넣기 전에 왕수를 이용하여 불순물을 세척하고 DI로 앰플 표면에 남은 불순물을 제거

하도록 하였다. 그 후, 아르곤 분위기에서 1100 °C에서 가열하여 앰플의 불순물을 최소화하도록 하였다.

시료가 담긴 앰플은 650 °C로 두어서 액체 상태에서 시료가 잘 쪼이도록 하였으며, 온도를 내려서 고온 온도 540 °C, 저온 온도 460 °C를 유지하도록 하였다. 시료는 고온 상태에서 저온 상태로 시간당 2 mm/h의 속도로 이송하며 단결정을 성장하였다.

성장된 단결정을 diamond wire saw를 이용하여 두께 3 mm로 잘랐다. 그 후 SiC paper를 이용하여 표면을 처리한 후 alumina powder 1, 0.3, 0.05 micron을 이용하여 순차적으로 표면을 처리하였다. 최종적으로 얻은 InSb wafer의 두께는 2mm이다.

단결정의 성능을 평가하기 위하여 FT-IR 및 XRD를 이용하여 단결정 defect 분포, 단결정성을 평가하였다. FT-IR 측정 결과 성장된 InSb wafer의 단결정 투과율은 파장 1000 cm^{-1} 영역에서 8 % 정도 측정되었다.

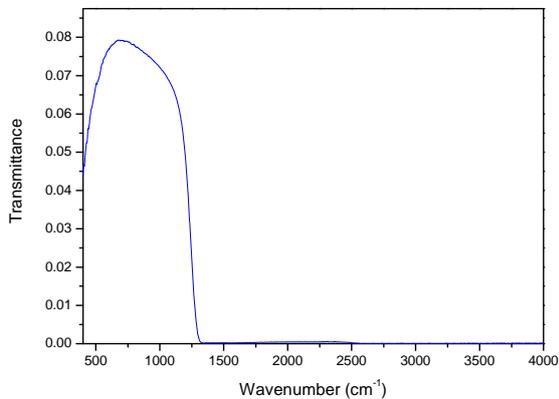


그림 2 InSb 단결정 투과율

InSb 웨이퍼 양면에 금을 증착하고 신호선을 연결한 후 4 K 영역에서 I-V 곡선을 측정하였다. 측정된 결과는 적외선 검출기를 위하여 Czochralski 방식으로 성장된 InSb 웨이퍼 성능과 비교하였다.

결론 (Conclusion)

InSb 단결정은 이전에 대부분 적외선 검출기를 위하여 성장되었으며, X-선, 감마선 측정을 위하여 거

의 단결정 성장에 대한 연구가 거의 이루어 지지 않았다. 본 연구를 통하여 방사선 검출기를 위하여 우수한 성능의 반도체를 성장할 수 있는 방식으로 알려진 Bridgman 방식으로 InSb 단결정을 성장하고, 그 성능을 평가하였다. 추가적인 연구를 통하여 고분해능 감마선 검출을 위한 InSb 단결정 성장이 기대된다.

Acknowledgements

This work has been carried out under the nuclear R&D program of the Ministry of Education, Science and Technology (MEST) of Korea. This work was supported by the Korea Research Foundation Grant funded by the Korean Government(MOEHRD, Basic Research Promotion Fund)(KRF-2008-313-D01255).

참고 문헌 (REFERENCES)

1. W.C. McHarris, Nucl. Instr. Meth. A 531, 18 (2004).
2. I. Kanno et al., Nucl. Instr. Meth. A 568, 416 (2006).