Ge 単結晶中の格子欠陥への Sn の効果 Effects of Tin on Defects in Germanium Single Crystal 名大院エ ⁰竹内和歌奈,田岡紀之,坂下満男,中塚理,財満鎭明 Graduate School of Engineering, Nagoya University [°]W. Takeuchi, N. Taoka, M. Sakashita, O. Nakatsuka, and S. Zaima E-mail: wtakeuti@alice.xtal.nagoya-u.ac.jp

【はじめに】Ge_{x-1}Sn_xは Sn 組成の増大によって伝導帯端がX点から Γ 点に変化し, x=0.1 以上で Γ 点に 伝導帯端が存在し,直接遷移型半導体となる [1].また, Γ 点の伝導電子はより小さな有効質量を持つ. そのため,MOSFET の新規チャネル材料や通信波長帯の受光素子などの光学デバイス材料としても期 待されている.しかしながら,一般的なSiデバイスと比較して、Ge 系デバイスでは、Ge-Ge ボンドの 弱い結合エネルギーに起因して、格子欠陥形成が問題となる.従って、格子欠陥の低減または構造制 御が重要な課題となる.さらに Ge_{x-1}Sn_xにおいては、Sn と空孔欠陥が安定構造を形成することが考え られるため[2],Sn が空孔欠陥、ドーパントとの複合欠陥等の格子欠陥に与える効果についても、明確 にする必要がある.そこで、本研究では Deep-Level Transient Spectroscopy (DLTS)を用いて Ge 基板中 の格子欠陥に Sn が与える効果について詳細を調べた.

【実験方法】不純物(Sb)濃度が 3×10¹⁴-3×10¹⁵ cm⁻³の n-Ge(001)基板を用い,欠陥を意図的に導入する ために,SnまたはGeをそれぞれ加速度電圧 370 keV と 230 keV でイオン注入した.注入ドーズ量は1 ×10¹²~1×10¹⁴ cm⁻² とした.ここで注入イオンの分布が同じになるように注入エネルギーを調整した. その後,Ge基板を窒素雰囲気で 200℃,60 分間の熱処理を施し,表面酸化膜を除去後,真空蒸着法に よってAlを蒸着し,ショットキーダイオードを作製した.これらの試料について 60~190 K の温度範 囲にて DLTS 測定を行った.

【結果および考察】Fig.1(a)-(b)はそれぞれ Sn と Ge をイオン注入した試料の DLTS スペクトルである. Sn と Ge の注入ドーズ量は 1×10¹⁴ cm⁻² である. Ge 注入試料では 73K(ピーク ID:H1)及び 124K(H4)付近 に顕著なピークが観測される.一方, Sn 注入試料では 83K(H2), 98K(H3)及び 133K(H5)付近に Fig.1(a) ではほとんど見られないピークが観測される.ここで,これらは全てホールトラップに起因したピー クである.トラップ放出速度のアレニウスプロットから求めた活性化エネルギー及び捕獲断面積を過 去の報告と比較した結果,H1,H3,H4の起源はそれぞれ Di-vacancy[3],Sn-V(2-/-)[4],Sb-V(-/0)[5]と 考えられる.また,H2 と H5 は過去に報告がないピークである.Fig.2(a)より,Sn ドーズ量の増加に伴 い H2 ピーク強度が顕著に増加した.従って,H2 は Sn に関連した欠陥と考えられる.本研究では H2 が支配的なピークとなり,過去の報告では H3 が支配的なピークであり[4]、異なる結果となった.こ の違いは過去の報告では基板のドーパントが P であり,本研究ではドーパントは Sb である.従って, ドーパントの違いによって Sn の効果が変わると考えられる.そこで,Fig.2 (b)に Sb-V 起因の H4 ピー ク強度を Sn のドーズ量に対してプロットした.H4 ピーク強度は単調に減少し,Ge 注入試料とは異 なる挙動を示した.このことは Sn によってドーパントと空孔の複合欠陥の抑制を示唆する結果である.

(2008).[3]M. Christian *et al.*, Phys. Rev. B, **82**, 075203 (2010). [4] V. P. Markevich *et al.*, J. Appl. Phys., **109**, 083705 (2011). [5] F. D. Auret *et al.*, Materials Science in Semiconductor Processing, **9** 576 (2006).



Fig.1 DLTS spectra of (a) Ge and (b) Sn implanted Ge sample with dose amount of 1×10^{14} cm⁻² after N₂-annealing.



and (b) H4 peak as a function of dose.