

Ca 原子層を介した Si(111)基板上 Ge エピタキシャル成長

Ca-mediated growth of Ge epitaxial films on Si(111)

東大院総合(駒場)¹, JST さきがけ² 安武裕輔^{1,2}, 深津 晋¹

UTokyo¹, JST-PRESTO² Yuhsuke Yasutake^{1,2} and Susumu Fukatsu¹

E-mail: cyasutak@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

オンチップ光電子融合に向けたIV族半導体ベース光増幅器・レーザーへの要求は依然として高い。伸張歪 Ge における間接—直接遷移端変換の試み¹に代表されるように間接遷移型半導体である Ge の直接遷移化利用が期待されている。シリコンフォトニクスを指向する上で Si 基板上への Ge 結晶成長技術の追求は必然であり、Si と Ge の格子不整合(~4%)に起因した Stranski-Krastanov(SK)モード²の回避は重要である。今回、固体ソース分子線エピタキシ(MBE)を用いた Si 基板上への Ge エピタキシャル成長において、Ca 原子層を介することで SK モード由来の Ge 3次元構造形成が抑制されることを見出したので報告する。

超高真空固体ソース MBE を用いて、(1) Si(111)基板上に GeWL を形成、(2)基板温度を 500°C 以上にして Ca を 1ML 蒸着、(3)Ge 薄膜をエピタキシャル成長する。結晶成長過程の追跡は RHEED パターン解析により行った。Si(111)/Ge(1ML)/Ca(1ML)/Ge(10ML~)の RHEED は明瞭なストリークパターン(fig.1(a))を示しており、Ge 薄膜の2次元エピタキシャル成長を示している、一方、Ca 原子層を挟まない Si/Ge 成長では SK モードによる Ge 島状成長を示す RHEED パターン(fig.1(b))が得られた。Ge/Ca(1ML)/Ge 蒸着によって CaGe₂ ジントル相が形成され、Ge 層が van der Waals epitaxy したものと考えられる。また Ca と Ge を 1ML 交互に成長した際の RHEED パターンから、CaGe₂ 由来の 3 倍周期が Ca 蒸着時に強調される、一方、Ge 蒸着時には 2 倍周期近い Ge 由来ストリークパターンが強調され、Ca 偏析はある程度抑制されていると考えられる(fig.2)。Ca 原子層を介した Ge 薄膜のフォトルミネッセンス測定を行ったところ、Ge 直接遷移端(Γ)由来蛍光が観察でき、直接遷移端のピーク位置から 0.13%程度の二軸伸張歪が加わっているものと考えられる(fig.3)。Ca 介在結晶成長方法は高品質 Ge 薄膜成長のみならず、Ca インターカレートによる新規IV族構造形成(Ge 単原子層など)への応用も可能であり、IV族光エミッタを指向する上で重要な基盤技術として期待できる。

[1] R. E. Camacho-Aguilera *et al.*, *Opt. Express* **20**, 11316 (2012). [2] H. Sunamura, S. Fukatsu *et al.*, *APL* **66**, 3024 (1995).

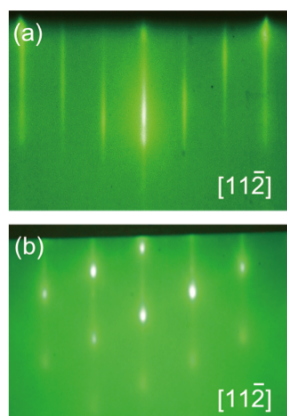


Fig. 1 RHEED patterns of (a) Ge/Ca/Ge/Si, (b) Ge/Si.

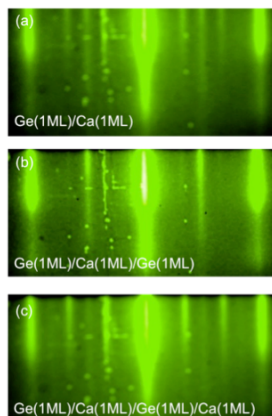


Fig. 2 Sequential changes in the RHEED pattern were observed during Ca/Ge deposition.

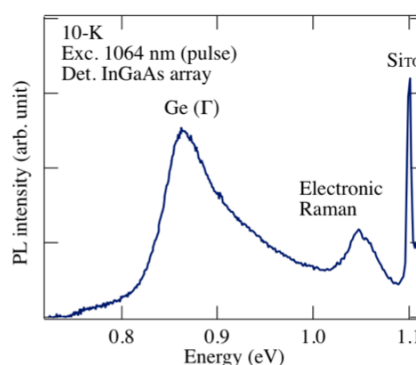


Fig. 3 Photoluminescence spectrum of Ge/Ca/Ge/Si.