GaAsN 薄膜の ALE 法による Si 供給順序が Si 吸着サイトに与える影響

Effects of Si Gas Flow on Si Adsorption Sites of GaAsN Films Grown by Atomic Layer Epitaxy

宮崎大学工学部，横山 祐貴，堀切 将，原口 智宏，山内 俊浩，鈴木 秀俊，碇 哲雄，福山 敦彦
University of Miyazaki, Y. Yokoyama, M. Horikiri, T. Haraguchi, T. Yamauchi, H. Suzuki, T. Ikari, and A. Fukuyama
E-mail: nc14003@student.miyazaki-u.ac.jp

【はじめに】

InGaAsN は格子整合系多接合太陽電池に適した材料として期待されているが、N 添加による少数キャリアのライフタイムや移動度の低下が課題となっている。これは N 起因の欠陥や N の不均一分布によるものと考えられている[1]。これまでに、化学ビームエピタキシー法により GaAsN 膜の電気特性が改善された報告され、本材料の高品質化には成長表面の制御が重要だと考えられている[2]。そこで、我々は成長表面を単一の原子層で制御できる原子層エピタキシー(ALE)に着目し、高品質な GaAsN 薄膜の作製を目指している[3]。現在、伝導性制御のため Si ドープ GaAsN の作製を試みている。ここで、Si の吸着サイトを制御し伝導性を変化させることを目的として、Si 原料を供給する表面を Ga 終端面(on-Ga)と As 終端面 (on-As)に変化させ ALE 成長を行ったが、いずれで作製した試料も共に *p* 型を示した[4]。これは ALE で作製した膜中の残留不純物 C がアクセプタとして機能したためと考えられ、Si 原子の不純物としての働きを明らかになっていない。本研究では、ALE 成長 Si ドープ GaAsN における Si 原子の吸着サイトと電気的特性を明らかにする事を目的とし、non-doping と Si 原料の供給順序を変化させて作製した GaAsN 薄膜のキャリア濃度と移動度を測定し、膜中の C 及び Si 濃度との比較を行った。

【実験方法】

半絶縁性 GaAs(001)基板上に non-doping 及び Si ドープ GaAsN 薄膜を ALE 成長させた。Ga、As、N、Si の各原料ガスは前回の報告[3]と同様である。Si ドープ試料は原料供給シーケンス制御し、Si 原料を Ga 終端面(on-Ga)あるいは As 終端面(on-As)に供給して作製した。他の原料の供給順序は Ga、N、As とし、それぞれ供給時間 4、10、10s で行った。移動度及びキャリア濃度はホール効果測定により求めた。ホール効果測定用の電極として銀を真空蒸着し 400ºC のアニール処理を施した。不純物濃度は二次イオン質量分析法により求めた。

【結果と考察】

作製した試料は、Si 供給の有無、Si 供給順序に依存せず全て *p* 型を示した。Si ドープ試料は、on-As、on-Ga 共に non-doping 試料より正孔濃度と移動度が低下した。Si ドーピングによる正孔濃度の変化量と膜中の Si 濃度を比較した結果、on-As、on-Ga のいずれも Si 濃度に比例して変化量が増加した。次に、移動度の減少の起源を明らかにするために、実験により求めた μ_{exp} からイオン化不純物散乱による移動度 μ_{im}($1/\mu_{im} = 1/\mu_{exp} - 1/\mu_{pho}$)を算出した。ここで、フォノン散乱 μ_{pho} は N 濃度が小さいため GaAs 同じ値を仮定した[5]。見積もったイオン化不純物の総量(∝ $1/\mu_{im}$)は、Si と C の濃度の和に対応して変化した(図 1)。以上の結果は、原料供給シーケンスに関わらず Si 原子がドナーサイトに吸着し C アクセプタを補償していること、さらに、ドナーとしての活性化率も on-As、on-Ga で変化しない事を示している。

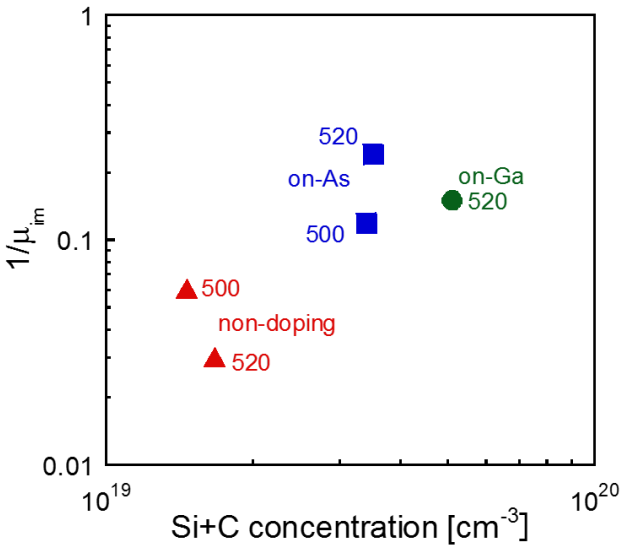

図 1 Si と C 濃度に対するイオン化不純物散乱に関する正孔移動度

参考文献

[1] H. Suzuki et al., Thin Solid Films. 540, 79-83 (2013).
[2] H. Suzuki et al., Jpn. J. Appl. Phys. 49, 04DP08 (2010).
[3] Y. Yokoyama et al., 2015 年応用物理学会秋季学術講演会
[4] M. Horikiri et al., 2015 年応用物理学会九州支部学術講演会
[5] E. Conwell et al., Phy. Rev., vo1.77, pp.388, (1950).

© 2016年 応用物理学会