

Si ドープ GaAsN における電子濃度のアニール温度依存性

Electron concentration in Si doped GaAsN as a function of annealing temperature

○塚崎 貴司¹, 持田 直輝¹, 藤田 実樹², 牧本 俊樹¹ (1. 早大理工, 2. 一関高専)○T. Tsukasaki¹, N. Mochida¹, M. Fujita² and T. Makimoto¹ (1. Waseda Univ. 2. NIT, Ichinoseki College)

E-mail: tydb3@ruri.waseda.jp

はじめに : GaAs_(1-x)N_x ($0 \leq x \leq 0.03$)は窒素組成([N])の増加にともなってバンドギャップエネルギーが大きく減少する特性をもつため, GaAs 基板上での多接合型太陽電池の 1.0 eV 帯材料への応用が期待される。このようなデバイスの実現に向けては, pn 接合を構成する Si ドープ n 型 GaAsN(Si-GaAsN)の基礎物性の解明が不可欠である。現在までに, Si-GaAsN における Si 原子の活性化機構が Si 不純物濃度([Si])と[N]の両者に依存することを我々は明らかにした^[1]。今回は, Si-GaAsN をアニールすることにより, Si 原子の活性化機構についてさらなる考察を行ったので報告する。

実験 : 高周波プラズマを援用した固体ソース分子線エピタキシー(RF-MBE)法により, 半絶縁性 GaAs(001)基板上に 500 nm の Si-GaAsN を成長した。成長温度は 380 °Cとし, [Si]は $6 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ とした。この成長後に, 300, 350, 420 °Cでは 1 分間, また, 580 °Cでは 15 分間のアニールを行なった。

結果と考察 : 高い[Si] ($= 6 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)を含む Si-GaAsN および Si ドープ GaAs(Si-GaAs)における室温での n のアニール温度依存性を Fig. 1 に示す。580 °Cでアニールした Si-GaAs では室温での n が大きく減少した。ここで, [Si]が非常に高い Si-GaAs を高温で成長した場合には, As 位置 Si(Si_{As})アクセプターや Si と Ga 空孔とのクラスター(Si_{Ga}-V_{Ga})が増加するとの報告例がある^[2]。580 °Cでアニールした Si-GaAs においても, Si_{As} や Si_{Ga}-V_{Ga}が増加したことにより, Si ドナーが減少したために, 室温での n が大きく減少したものと考えられる。また, 580 °Cでアニールした Si-GaAsN においても室温での n は非常に大きく減少した。ここで, Si-GaAsN において Si ドナーが不活性する機構として As 位置における Si と N のクラスター((Si-N)_{As})が挙げられる^[1]。さらに, 高温で成長した Si-GaAsN において(Si-N)_{As}が増加することが報告されている^[3]。580 °Cでアニールした Si-GaAsN においては, Si_{As} や Si_{Ga}-V_{Ga}が増加したことに加え, (Si-N)_{As}が増加したことにより, 室温での n が非常に大きく減少したものと考えられる。また, この 580 °Cでアニールした Si-GaAsN における n の温度特性を Fig. 2 に示す。測定温度に対して n が指数関数的に減少したため, GaAsN 中に存在する N-N クラスターによる深い準位^[4]に全ての電子が落ち込んだことが示唆される。

謝辞 : 本研究は JSPS 科研費 19K05295 の助成を受けたものです。

[1] T. Tsukasaki *et al.*, JCG 514 (2019) 45. [2] M. Uematsu *et al.*, JJAP 29 (1990) 527.

[3] Y. J. Kuang *et al.*, APA 120 (2015) 635. [4] M. C. Hsieh *et al.*, JAP 110 (2011) 103709.

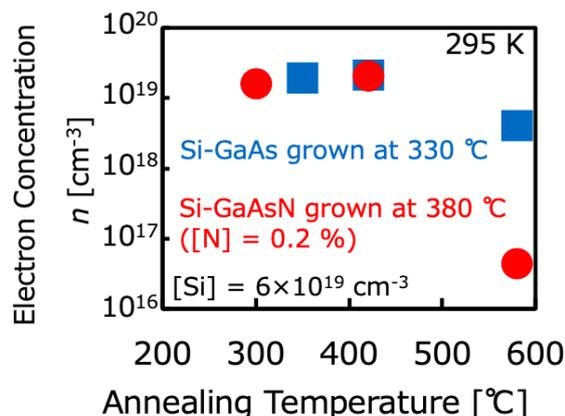


Fig. 1 : Annealing temperature dependence of n at RT in Si-GaAs and Si-GaAsN.

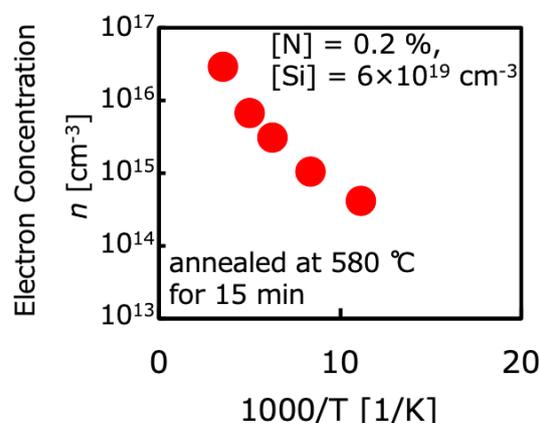


Fig. 2 : Temperature dependence of n in annealed Si-GaAsN.