

26pA01

GaN エピタキシャル基板の現状と問題点

Present States and Problems of the GaN Epitaxial Substrate

三重大学工学部 平松 和政

Faculty of Engineering, Mie University Kazumasa Hiramatsu

GaN epitaxial substrates are utilized to fabricate GaN based optical and electronic devices such as LDs, LEDs, photodetectors, FETs etc. However, the GaN includes a large number of dislocations, so considerable efforts have been made towards reducing the dislocation density. In this report, present states and problems of the crystal growth technique of the GaN epitaxial substrate are reviewed.

Ⅲ族窒化物半導体は、LED、LD、受光素子などの短波長光デバイスに加え、耐環境、高出力、高周波電子デバイス用材料としても非常に注目されている。これらのデバイス作製には、良質で大面積の GaN バルク単結晶がないため、サファイア基板上に MOVPE 法により作製した GaN エピタキシャル基板が通常用いられている。この GaN 基板は、第 1 のブレイクスルー技術もいべき赤崎等の低温バッファ層技術[1]により結晶性は大幅に向上したが、なお 10^8 - 10^{10} cm^{-2} の転位密度が存在するため、デバイス高性能化のために以下のような低転位化の検討がなされている。

選択横方向成長(Epitaxial Lateral Overgrowth, ELO)技術

ELO を用いた低転位化の有効性は、西永等によって GaAs の LPE 成長で最初に示された[2]。この技術がブレイクスルー技術となり、GaN のヘテロエピタキシーでは、碓井等[3]が HVPE 法で、Davis 等[4]が MOVPE 法で、 10^7 cm^{-2} 台の低転位化を実現した。さらに酒井等は ELO の窓部に形成されるファセットにより転位が曲げられる機構を報告している[5]。この低転位化を目指した ELO は、FIELO (Facet Initiated ELO)と呼ばれている。ELO の発展技術として Davis 等[6]によって Pendeo 法が提案された。一方、ELO 形態はマスク、成長温度等により異なることが報告されており、我々は ELO 形態を成長圧力と成長温度によって制御できることを報告している[7]。また、この ELO 形態制御を用いた 2 段階成長については、我々[8]と Beaumont 等[9]が 1999 年 ICNS3 で報告している。この手法を FACELO (Facet Controlled ELO)と呼んでいる。また、W マスクを用いた ELO により

マスク上の c 軸揺らぎのない高品質 GaN 層が得られている[10]。これらの低転位 GaN エピタキシャル基板は、LD、LED、受光素子等の高性能化に寄与している。

多段低温中間層技術

赤崎等は、低温バッファ層技術を発展させ、多段の低温窒化物中間層を用いることにより、マスク作製プロセスを経ることなく GaN の低転位化に成功している[11]。この手法は、高品質 AlGaIn エピタキシャル膜の作製、及びそれを用いた高性能紫外域受光素子の実現にもつながっている。

他にも、不純物で転位を停止する機構を利用した低転位化技術が検討されている。しかしながら、これまでに述べてきた技術では、転位密度は 10^6 - 10^7 cm^{-2} 台とまだ高く、一層の低転位化実現が不可欠であり、このためには更なるブレイクスルー技術の開拓が望まれる。

参考文献

- [1] H. Amano et al.: APL 48 (1986) 353.
- [2] Y. Ujiie et al.: JJAP. 28 (1989) 337.
- [3] A. Usui et al.: JJAP. 36 (1997) L899.
- [4] O. H. Nam et al.: APL. 71 (1997) 2638.
- [5] A. Sakai et al.: APL. 71 (1997) 2259.
- [6] T. S. Zheleva et al.: Mater. Res. Soc. Symp. Proc. 537 (1999) G3.38.
- [7] H. Miyake et al.: JJAP. 38 (1999) L1000.
- [8] K. Hiramatsu et al.: Phys. Stat. Sol. (a) 176 (1999) 535.
- [9] B. Beaumont et al.: Phys. Stat. Sol. (a) 176 (1999) 567.
- [10] K. Hiramatsu et al: IEIEC Transactions on Electronics E83-C (2000) 620.
- [11] M. Iwaya et al.: JJAP. 37 (1998) L316.