

ラマン散乱による表面活性化接合前後の GaN 薄膜中の歪変化の評価

Raman Scattering Investigation of Strain Evolution during Surface-Activated Bonding of GaN

阪大院工¹, (株)東芝², 三重大院工³, 三重大院地域イノベ⁴, 名大院工⁵, 名大未来研⁶

○田辺 凌¹, 小野寺 卓也¹, 上向井 正裕¹, 彦坂 年輝², 布上 真也², 正直 花奈子³,

三宅 秀人^{3,4}, 久志本 真希⁵, 鄭 惠貞⁶, 本田 善央⁶, 天野 浩⁶, 片山 竜二¹

Grad. School of Eng., Osaka Univ.¹, Toshiba Corporation², Grad. School of Eng., Mie Univ.³,

Grad. School of RIS, Mie Univ.⁴, Grad. School of Eng., Nagoya Univ.⁵ and Nagoya Univ. IMASS⁶

○R. Tanabe¹, T. Onodera¹, M. Uemukai¹, T. Hikosaka², S. Nunoue², K. Shojiki³,

H. Miyake^{3,4}, M. Kushimoto⁵, H.J. Cheong⁶, Y. Honda⁶, H. Amano⁶ and R. Katayama¹

E-mail: tanabe.r@qoe.eei.eng.osaka-u.ac.jp

ウエハ接合技術を用いると、格子定数や結晶方位の異なる層同士の新規な積層構造の実現が可能である。窒化物半導体はc軸方向に大きな分極電界を有するため、GaN同士のウエハ接合により極性を反転させ積層することで、高効率な波長変換デバイスの作製が可能となる[1]。本研究室では高機能なチャネル導波路型光集積デバイスの作製を目指し、GaN/SiとGaN/sapphireの表面活性化接合およびSi基板除去を試み、これに成功した[2]。しかし、接合プロセス中の歪変化によるクラック発生、さらには応力を介した屈折率変化による波長変換デバイスの効率低下が懸念されるため、本研究では表面活性化接合前後でのGaN薄膜中の歪変化を評価することを目的とした。

レーザラマン顕微鏡を用いて非共鳴・無偏光・後方散乱配置の条件にてGaNのE₂フォノンモードのラマンスペクトルを測定し、無歪とみなせるGaN基板のラマンシフト(567.5 cm⁻¹)と比較することでGaN膜中の歪を求めた[3]。E₂フォノンモードは圧縮歪では高波数側に、引張歪では低波数側にシフトすることから、GaN/sapphire(曲率: +55.9/km, 凸型)では圧縮歪、GaN/Si(-15.8/km, 凹型)では引張歪が生じており、湾曲の大きい前者の方がGaN基板からより大きくシフトしていることがわかる(Fig. 1(a-c))。次に、GaN/sapphire同士を表面活性化接合すると圧縮歪が増加した(Fig. 1(d))。これは、接合時に凸型形状から平坦形状へと変化する、かつ上下対称であることから接合後も平坦形状を保ち、GaN膜中の圧縮歪が増加したと考えられる(Fig. 2(a))。最後にGaN/sapphireとGaN/Siを表面活性化接合し測定した(Fig. 1(e))。サファイア基板上的GaN膜は圧縮歪をほぼ保ち、Si基板上的GaN膜の引張歪が低減した。この原因の一つは、Si基板はサファイア基板より弾性定数が小さいことから、接合後は接合前のGaN/sapphireの曲率をほぼ反映した湾曲形状となることによる。つまり接合後のGaN/sapphireの湾曲変化は少なく応力変化が小さい一方、GaN/Siは接合前より凹型方向に強く湾曲することで引張応力が低減したと考えられる(Fig. 2(b))。当日は、プロセス前後での応力変化とクラック密度の関係についても併せて報告する。

謝辞: 本研究の一部は、科研費17H01063、17H05335、名古屋大未来研共同利用・共同研究の助成、大阪大学フォトニクスセンター西山啓三氏のご協力のもと実施したものです。

[1]山口他, 応物春 17a-E202-1 (2018). [2]小野寺他, 応物春 17a-E202-2 (2018). [3]片山他, APL **89**(23), 231910 (2006).

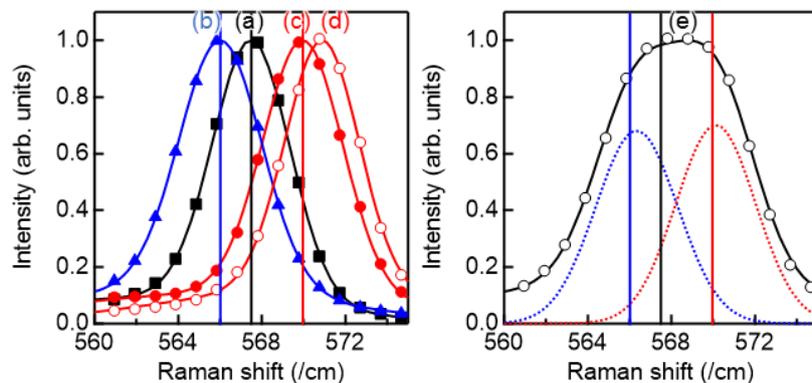


Fig. 1 Raman spectra of (a) GaN substrate, (b) GaN/Si, (c) GaN/sapphire before surface activated wafer bonding, and (d) sapphire/GaN/GaN/sapphire, (e) Si/GaN/GaN/sapphire after bonding. Black, blue and red vertical lines are Raman shifts for (a), (b) and (c) obtained by peak fitting, respectively. Deconvoluted peaks are shown as dotted curves.

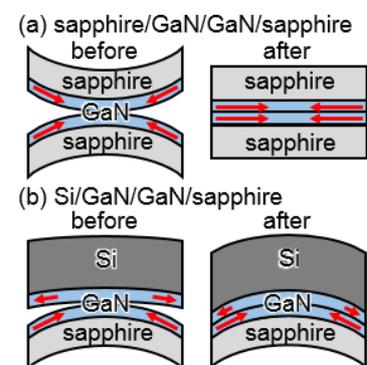


Fig. 2 Schematic of curvature and strain (arrows) before and after bonding: (a) sapphire/GaN/GaN/sapphire and (b) Si/GaN/GaN/sapphire.