GaN/ダイヤモンド接合界面の特性評価

Characterization of GaN/Diamond Bonding Interface

大阪市大院工 [1]，東北大金研 [2]

○梁　剣波 [1]，清水　康雄 [2]，大野　裕 [2]、永井　康介 [2]、重川直輝 [1]

Osaka City Univ. [1], IMR Tohoku Univ. [2]

°Jianbo Liang[1], Yasuo Shimizu[2], Yutaka Ohno[2], Yasuyoshi Nagai[2], and Naoteru Shigekawa[2]

E-mail: liang@osaka-cu.ac.jp

【はじめに】GaN 系半導体を利用する次世代高出力・高周波素子の実用化を目指した研究開発が進んでいる。一方、高出力動作時の自己発熱によって局所的に高温化することで、出力と信頼性が大きく低下する課題がある。素子の放熱性を向上するために、最高熱伝導率を有するダイヤモンドによる「GaN-on-diamond」構造の研究開発が行われている[1]。我々はこれまでに、表面活性化接合(SAB)法を用いて常温で GaN とダイヤモンドの直接接合を実現し、高機能性接合界面を得ている[2-4]。今回、接合界面のナノ構造と熱特性を評価した結果について報告する。

【実験方法】Si(111)基板上に結晶成長した GaN エピ層(1μm)とダイヤモンド基板を常温で SAB 法を用いて接合した。機械研磨と選択エッチングにより Si 基板を除去し、GaN／ダイヤモンド接合を作製した。集束イオンビーム（FIB）により透過型電子顕微鏡（TEM）試料を作製し、接合界面のナノ構造を評価した。ピコ秒サーモリフレクタンス法を用いて GaN／ダイヤモンド接合界面の熱特性を評価した。

【実験結果】熱処理前と１０００℃熱処理後 GaN／ダイヤモンド接合界面の断面 TEM 像をそれぞれ図 1 (a)と(b)に示す。熱処理前の界面に厚さ約 5.3nm の中間層が形成され、熱処理後の接合界面には中間層の厚さは 1.5nm まで低減した。これは、熱処理プロセスによる中間層の再結晶化を示唆する。熱処理前 GaN／ダイヤモンド接合界面のサーモリフレクタンス信号とそのフィッティング結果を図 1 (c)に示す。実測のサーモリフレクタンス信号へのフィッティングを行うことにより抽出した接合界面の熱抵抗値は 2.4×10^{-8} $m^2\cdot K/W$ である。この値は結晶成長により形成した GaN-on-diamond 構造と同程度ですが、熱処理後もっと低い熱抵抗値が期待できる。

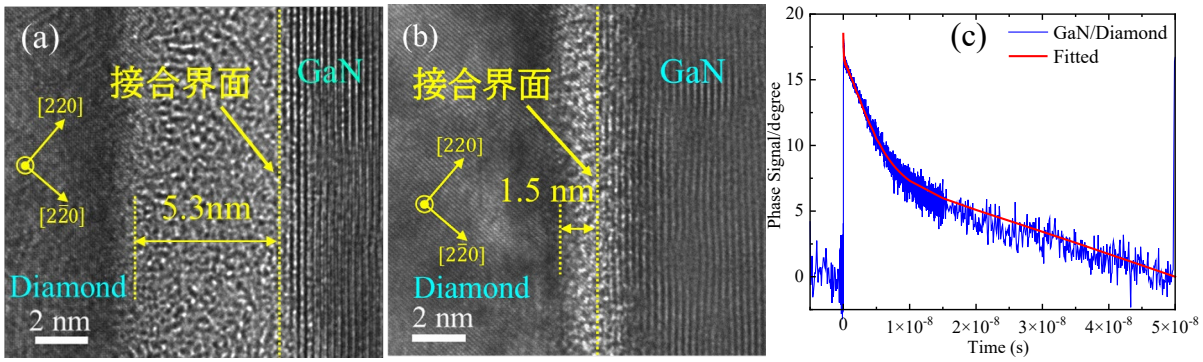

Fig. 1 Cross-sectional TEM images of the as-bonded (a) and 1000 °C-annealed (b) GaN/diamond interfaces and thermoreflectance signals and fitted results for the as-bonded GaN/diamond interface (c).

【謝辞】本研究は NEDO 先導研究プログラム「ダイヤモンド直接接合による高耐熱性界面の研究開発」の委託と JSPS 科研費 20K04581 の助成により実施された。TEM 試料作製と観察は、東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センター共同利用研究 (20M0030)の支援を受けて実施された。

【参考文献】[1] T. Liu et al., IEEE Elect. Dev. Lett. 38, 1417 (2017). [2] 梁　剣波　等　第８０回応用物理学会秋季学術講演会、21p-E301-5、2019. [3]小林　礼佳　等　第６８回応用物理学会春季学術講演会、19p-Z25-12、2021. [4] Jianbo Liang et al., Adv. Mater. 33, 2104564 (2021). [5] Huarui Sun et al., Appl. Phys. Lett. 106, 111906 (2015).