

III族窒化物ナノラミネート特異構造を用いたダイヤモンド電子デバイスの開発

Development of Diamond Electron Devices using III-Nitride Nanolaminate Singularity Structure

物材機構¹, ○小出康夫¹, 劉江偉¹, 井村将隆¹, 廖梅勇¹

NIMS¹ °Y. Koide¹, J.W. Liu¹, M. Imura¹, M.Y. Liao¹

E-mail: koide.yasuo@nims.go.jp

広いバンドギャップを持つダイヤモンドは優れた究極の物性値から、SiC や GaN 工業化後の次々世代のパワーデバイス材料としての応用が期待されている。近年、高耐圧 p 型ショットキークダイオードおよび pn 接合ダイオードの開発、p 型表面伝導層を利用した横型および縦型 MOSFET 開発や高耐圧および高周波動作の実証、ボロンドープ p 型 MESFET、更には n 型ダイヤモンドの反転型 MOSFET の試作などデバイスの開発進展が著しい。また単結晶ダイヤモンド基板は、高温高圧法で 13x13mm、および気相成長法で 10x10mm、更には単結晶を面内接合させたモザイク基板として 25x25mm サイズが販売されており、様々な手法で高品質化と広面積化が進んでいる。

我々は、これまで AlN ヘテロ接合ゲート型ダイヤモンド FET [1]、high-k 酸化物スタックゲート型ダイヤモンド MOSFET [2]、E/D モード MOSFET の制御プロセス[3]、更には MES/MOS 型のダイヤモンド MIMS-FET [4]等、p 型表面伝導層をチャンネルとするダイヤモンドトランジスタの可能性を探索してきた。p 型ダイヤモンド表面伝導層のシート正孔濃度は最大で $1E14\text{cm}^{-2}$ に達しており、他の Si および SiC-MOS 界面および AlGaN/GaN ヘテロ接合界面のシートキャリア濃度と比較すると約 1~2 桁高く、有効にキャリア濃度を制御するためには、より比誘電率の大きな高誘電率ゲート絶縁膜 MOS 構造を開発することが望ましい。近年、原子層堆積(ALD)法により形成された $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ ナノラミネート薄膜構造(極薄膜 2 次元多層膜特異構造)において常誘電性であっても誘電率 $k=1000$ 以上の巨大値が報告されている[5]。本研究では、酸化物および III 族窒化物ナノラミネート薄膜をゲート絶縁膜として応用し、高正孔濃度チャンネルを活かしたダイヤモンド FET の可能性を探索することを目的としている。本講演では ALD 法によって作製した $[\text{TiO}_x(0.5\sim 0.7\text{nm})/\text{Al}_2\text{O}_3(0.3\sim 0.5\text{nm})]$ ナノラミネート膜(膜厚 40~160nm)の誘電特性やダイヤモンド MOSFET に応用した結果を述べる。同時に GaN/AlN ナノラミネート膜を作製する試みやその誘電特性について報告し、ナノラミネート特異構造を利用したダイヤモンド FET の可能性について言及する。

謝辞 本研究は、科研費新学術領域「特異構造の結晶科学」(JP16H06419)の支援を受けており、当該事業による若手研究者の国際交流プログラムによる米国テキサス大ダラス校 O. Auciello 教授および E. Obaldia 教授との共同研究である。

文献 [1] Imura *et al.* Phys. Status Solidi. **5**, 125 (2011). [2] Liu *et al.*, Sci. Reports, **4**, 6395 (2014). [3] Liu *et al.* J. Appl. Phys. **118**, 115704 (2015). [4] Liao *et al.*, Adv. Electron. Mater. **5**, 1800832, 28 March (2019). [5] Lee *et al.* Appl. Phys. Lett. **102**, 142901 (2013).