水素終端ダイヤモンド表面上へ形成した SiO_2 薄膜が 2 次元正孔ガス層に及ぼす影響

Influence of SiO_2 thin films formed on the hydrogen-terminated diamond surface on a two-dimensional-hole-gas layer

°矢部 太一 [1]、工藤 拓也 [1]、河合 空 [1]、梶家 美貴 [1]、大井 信敬 [1]、大久保 智 [1]、堀川 清貴 [1]、蔭浦 泰資 [1]、河野 省三 [1]、平岩 篤 [1]、川原田 洋 [1, 2] (1.早稲田大学, 2.早大材研)

°Taichi Yabe[1], Takuya Kudo[1], Sora Kawai[1], Miki Kajiya[1], Nobutaka Oi[1], Satoshi Okubo[1], Kiyotaka Horikawa[1], Taisuke Kageura[1], Shozo Kono[1], Atsushi Hiraiwa[1], Hiroshi Kawarada[1, 2] (1.Waseda University, 2.Kagami Memorial Research Institute for Materials Science and Technology)

E-mail: taichi0229@akane.waseda.jp

我々は水素終端(C-H)ダイヤモンド表面上に、高温 ALD-Al_2O_3 法[1]によってゲート絶縁膜及びパッシベーション膜として形成し堆積させ、Al_2O_3 によって誘起される 2 次元正孔ガス(2DHG)をチャネルとした 2DHG ダイヤモンド MOSFET の作製を行い、10～673 K での安定動作[2]及び優れた耐圧特性(～2000 V)[2, 3]を報告してきた。ただし、C-H 表面のため Al_2O_3 の密着性が良くないこと、Al_2O_3 中の電荷が界面に近すぎ、クーロン散乱のため 2DHG の移動度が 30～110 $cm^2\ V^{-1}\ s^{-1}$ [4, 5]と低いこと等が問題である特に、ダイヤモンドのバルク移動度(～1500 $cm^2\ V^{-1}\ s^{-1}$)や AlGaN/GaN 界の 2 次元電子ガス(2DEG)(～1500 $cm^2\ V^{-1}\ s^{-1}$)と比較して 2DHG の移動度は低く、向上が求められる。今回、C-H ダイヤモンド表面上に Al_2O_3 より帯電しにくい SiO_2 膜を形成し、キャリア密度や移動度への影響を調査した。

Ib(001)単結晶(窒素ドープ 10^{19} cm^{-3})ダイヤモンド基板上にアンドープ層(～200 nm)を成膜し、次に、水素終端化を施した。その後、高真空下で Si 通電加熱蒸発により C-H ダイヤモンド基板表面に Si を約 1 nm 堆積させ、大気暴露にて自然酸化 SiO_2 膜を形成した。Si 蒸着前と SiO_2 膜形成後で van der Pauw 法ホール効果測定によりシート抵抗およびキャリア密度、移動度を評価した。水素終端表面(Si 薄膜形成前)のシート抵抗は約 $1.6\times10^4\ \Omega\ sq^{-1}$、ホール電圧 1.1×10^{-4} V、その逆数に比例するキャリア面密度は 9.9×10^{12} cm^{-2} となり、シート抵抗の逆数をキャリア面密度で割り、ホール移動度は 41 $cm^2\ V^{-1}\ s^{-1}$ と算出された。SiO_2 膜形成後ではシート抵抗が約 $1.4\times10^4\ \Omega\ sq^{-1}$ であり、ホール電圧は 2.9×10^{-4} V、キャリア面密度は 5.5×10^{12} cm^{-2}、ホール移動度は 79 $cm^2\ V^{-1}\ s^{-1}$ であった。この結果より Si 堆積及びその後の SiO_2 形成後もシート抵抗が変化せず、キャリア密度がおよそ半分に、ホール移動度がおよそ 2 倍に増加した。同様の傾向が Si を 2 nm 堆積した試料でも得られている。ダイヤモンドの表面処理および Si の形成温度と 2DHG の相関については当日報告する。

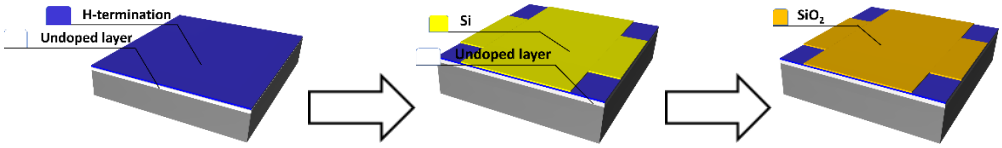

Fig.1 Formation of SiO_2 thin films on the hydrogen-terminated diamond surface

[謝辞]　本研究は、科研費基盤研究(S)(No.26220903)の助成により実施された。

[1] A. Hiraiwa, H. Kawarada, et al., J. Appl. Phys. 112 124504 (2012).
[2] H. Kawarada et al. Sci. Rep. **7.** 42368 (2017).
[3] Y. Kitabayashi, H. Kawarada et al., IEEE Elec Dev Lett, 2261340. (2017).
[4] J. Liu, et al., Appl Phys Lett, 103. 092905(2013).
[5] K. Hirama,et al. Jpn. J. Appl. Phys. 51. 090112(2012).

© 2017年 応用物理学会