低シート抵抗と高可視光透過率を併せ持つ 3 層積層グラフェン膜の透明アンテナ電極材料としての特性

Three-layer stacked graphene film with a low sheet resistance and a high optical transmittance as an electrode material for optically transparent antennas

青学大理工 [1], 日本学術振興会特別研究員 DC[2] °(D)小菅 祥平 [1,2], 永田 駿一郎 [1], 黒松 将 [1], 須賀 良介 [1], 渡辺 剛志 [1], 橋本 修 [1], 黄 晋二 [1]

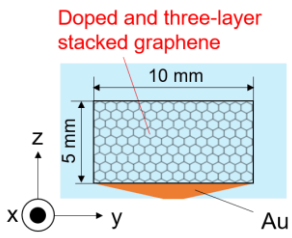
S. Kosuga[1,2], S. Nagata[1], S. Kuromatsu[1], R. Suga[1], T. Watanabe[1], O. Hashimoto[1], and S. Koh[1]

E-mail: kosuga@ee.aoyama.ac.jp

多様化及び高速化していく 5G をはじめとした今後の無線通信において、通信エリアのカバレッジ確保が課題である中、周囲の外観を損ねることなく様々な場所に多数設置できる透明アンテナが近年注目されている。我々はこれまでに、シート抵抗 750 Ω/sq を有する単層 CVD (chemical vapor deposition) グラフェンを電極材料とする透明アンテナを作製し、その動作を実証してきた[1]。実用的な透明アンテナの電極材料としてグラフェンを用いるためには高可視光透過率を維持しながら電気抵抗を下げることが求められる。本研究では、単層 CVD グラフェンの 3 層積層とキャリアドーピングによって低シート抵抗と高可視光透過率を併せ持つグラフェン膜を作製し、同膜の透明アンテナ電極材料としての特性を評価することを目的とした。

単層 CVD グラフェンの 3 層積層とキャリアドーピングによって、シート抵抗 80 Ω/sq の低抵抗グラフェン膜を作製した。作製した低抵抗グラフェン膜の可視光透過率は波長 550 nm において 90.1%であった。次に図 1 に示す低抵抗グラフェン膜を電極材料とする透明なモノポールアンテナを作製し Al 接地円板上に設置した後、そのアンテナ特性を評価した。また電極材料を Au とする同形状のアンテナも比較用アンテナとして作製した。6 GHz における放射パターンを図 2 に示す。実線は E 面 (y-z 平面) パターンであり、破線は H 面 (x-y 平面) パターンを示している。赤線で示すグラフェンアンテナの放射パターンは同形状で作製した Au アンテナ (青線) と同様の形状を描いていた。故に本研究で作製した低抵抗グラフェン膜はアンテナの電極材料として金属に近い振る舞いをすることがわかった。また Wheeler cap 法によって測定したグラフェンアンテナと Au アンテナの放射効率はそれぞれ 9.8 GHz において 52.5%と、6.3 GHz において 95.8%であった。

以上、本研究では低シート抵抗と高可視光透過率を併せ持つグラフェン膜を電極材料に用いたモノポールアンテナの作製と評価を行い、その放射効率を初めて測定したところ、金属アンテナの約 1/2 にまで到達していることがわかった。



(a) Schematic structure

(b) Optical image

Fig. 1 Graphene-based optically transparent monopole antenna

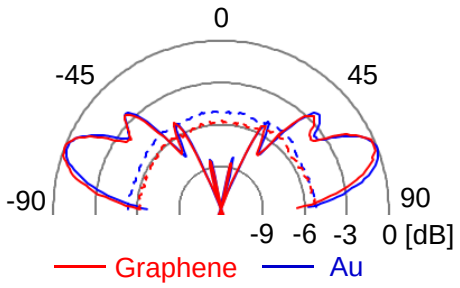


Fig. 2 Radiation patterns

[1] Shohei Kosuga, Ryosuke Suga, Osamu Hashimoto, and Shinji Koh, Appl. Phys. Lett. **110,** 233102 (2017)

© 2021年 応用物理学会