

L-57

集束イオンビームによるナノスケールアンテナの形成

Production of the nano scale antenna by Focused Ion Beam

○高田愛梨¹ 田村拓² 胡桃聡³ 鈴木薫³*Eri Takada¹, Taku Tamura², Satoshi Kurumi³ and Kaoru Suzuki³

The terahertz wave has a boundary line of an electric wave and light which expects to use imaging technology such as security checking and medical diagnosis. However it is difficult to find terahertz waves because an antenna which detect terahertz waves is micron-size and need microfabrication techniques. In order to fabricate the micron-size antenna, we deposit carbon materials by FIB-CVD. In this study, we report to the fabrication technique of the dipole antennas for detecting the terahertz wave by FIB-CVD. As a result we could fabricate dipole antennas which size are vertical direction: 1 μm , horizontal direction: 2 μm , and diameter: 120 nm.

1. はじめに

テラヘルツ波^[1]は電磁波と光の境界線にあたり、電磁波の物質を透過する性質と光の高い空間分解能の両方を合わせ持っている。そのため分子の動きを直接見ることが可能となりレントゲンのようなイメージング技術として利用できる。X線と比較すると被曝が少なく低エネルギーなので人体に与える影響が少ない。テラヘルツ波の範囲では紙やプラスチックなどの無極性分子を透過し水分や金属を透過しないという特徴がある。さらに多くの物質が指紋スペクトルと呼ばれる固有のスペクトルを持っているため材料判断が可能となる。今後これらの特徴を生かしてセキュリティー検査や医療診断への応用が期待されている。しかし、テラヘルツ波は発振と検出が困難であるため、産業での利用が少ない。我々はこのテラヘルツ波に注目し、テラヘルツ波の検出が可能なアンテナの製作を試みている。中でもダイポールアンテナは線状アンテナの基本であり、構造が簡単という特徴がある。垂直方向の長さが 1/4 波長のとき電波を検出できる。そのためテラヘルツ波を検出するには水平方向の長さが約 75 μm となる。集束イオンビーム (Focused Ion Beam : FIB)^[2]はナノスケールまで Ga^+ イオンビームを絞ることができる。ビームを照射させて試料を削るエッチングや原料ガスを吸着させて堆積物を生成させるデポジションといった加工ができる。さらに試料にビームを照射させた際に発生する 2 次電子を検出させることで観察ができる。よって微細で立体的なダイポールアンテナ^[3]の製作が可能となる。現段階ではテラヘルツ波の発生が困難なため、 CO_2 レーザーを検出させるアンテナの形成を試みた。本研究では FIB-CVD を用いたアンテナの形成とアンテナを形成させる基板となるフォトリソグラフィを用いた電極の製作について報告する。

2. 実験方法

ダイポールアンテナは Al 電極上に FIB-CVD により製作した。まず、電極の製作についてはガラス基板上にフォトリソグラフィでマスクを製作し、Al 電極を成膜する。陰極と陽極の幅間が 1 μm 程度に切断するために FIB のエッチングを用いて電極の中間を削り電極対を製作する。絶縁性を確かめるために二端子法を用いて電極間の V-I 特性を測定する。また、ガラス基板上に絶縁物であるダイヤモンド状炭素 (Diamond Like Carbon : DLC)^[4]を成膜したものに同様に電極を成膜し、加工・測定を行う。次に FIB のデポジションを用いて立体的なアンテナの基本であるダイポールアンテナの形成を行う。FIB-CVD の原料ガスはフェナントレン ($\text{C}_{14}\text{H}_{10}$)、トリメチルメチルシクロペンタジエニルプラチニウム ($(\text{CH}_3)_3(\text{CH}_3\text{C}_5\text{H}_4)\text{Pt}$) を使用した。垂直方向にカーボン生成物を 1 μm 生成させピラーを形成し、次に水平方向にビームを走査させカーボン生成物を生成させダイポールアンテナの形成を行う。 CO_2 レーザーの波長は約 10 μm なのでアンテナの水平方向の長さは約 2 μm とした。この時にビームの走査時間を変化させ観察する。

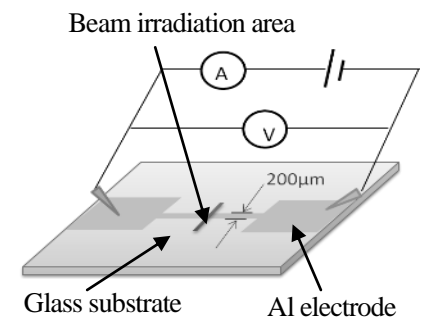


Fig. 1 electrode fabrication

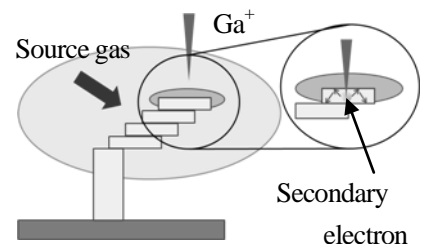


Fig. 2 FIB-CVD

3. 結果

3. 1. 電極の製作

Fig.3(a) はガラス基板上に直接 Al 電極を成膜しエッチングした場合の V-I 特性である. Fig.3(a) より電圧を変化させても電流が流れていないので, 陽極と陰極に切断されたことが確認され, 電極を成膜した基板として使用可能である. しかしこの場合は Al 電極が剝離しやすい. Fig.3(b) は Al 電極が剝離するのを防ぐためにガラス基板上に DLC 薄膜を成膜し同様に加工した場合の V-I 特性である. Fig.3(b) より電圧を変化させると電流が流れているので, 電極を成膜した基板として使用できない. 電流が流れた原因としてイオン注入効果が考えられる.

3. 2. アンテナの形成

Fig.4 は原料ガスに $C_{14}H_{10}$ を使用し, FIB-CVD を用いてダイポールアンテナを形成した場合の走査イオン顕微鏡像である. Fig.4(a)~(c) は垂直方向: $1\ \mu m$, 水平方向: $2\ \mu m$ とし, ビームの走査時間を変化させたものである. Fig.4(a) はビームの走査速度が速く, 水平方向のカーボン生成物が基板上に落下した. Fig.4(c) はビームの走査速度が遅く, ピラーと水平方向のカーボン生成物の角度が直角にならなかった. Fig.4(b) はピラーと水平方向のカーボン生成物の角度もほぼ垂直で, 長さもほぼ等しいダイポールアンテナを形成できた. 次に原料ガスに $(CH_3)_3(CH_3C_5H_4)Pt$ を用いた場合はダイポールアンテナの形成ができなかった. これは $C_{14}H_{10}$ に比べて $(CH_3)_3(CH_3C_5H_4)Pt$ の成長速度が遅いためと考えられる.

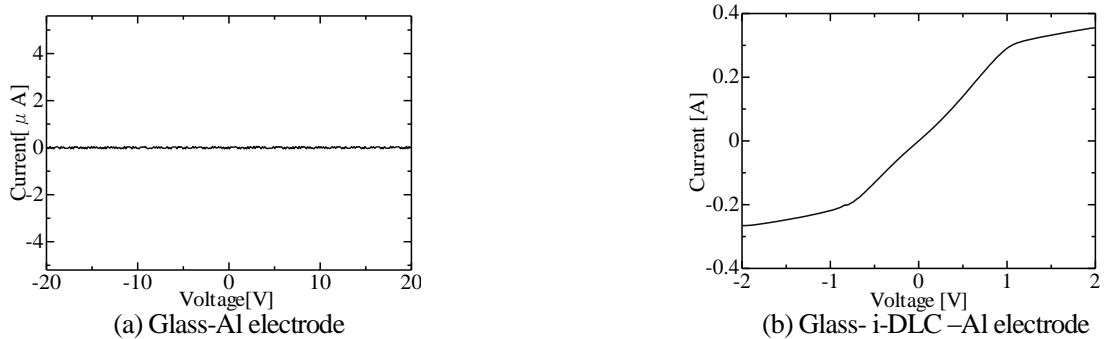


Fig. 3 V-I characteristic

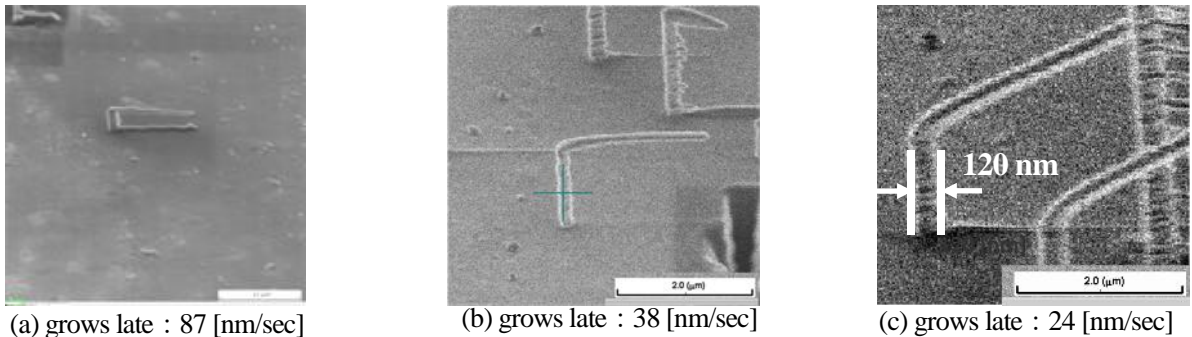


Fig. 4 Carbon deposition

4. まとめ

FIB のエッチングにより幅間の狭い電極の製作が可能であることがわかった. DLC 薄膜上に Al 電極を成膜した場合はイオン注入効果により電流が流れた. アンテナの形成は原料ガスに $C_{14}H_{10}$ を用いるとダイポールアンテナが形成できた. また, ビームの走査時間を変化させるとピラーと水平方向のカーボン生成物の角度が変化した. しかし, 原料ガスに $(CH_3)_3(CH_3C_5H_4)Pt$ を用いた場合は $C_{14}H_{10}$ に比べて成長速度が遅く, アンテナを形成することができなかった. 今後は形成したアンテナによる CO_2 レーザーの検出を目指したい.

5. 参考文献

- [1] 阪井清美, 萩行正憲: 「テラヘルツ時間領域分光法とイメージング」, レーザー研究, Vol.30, pp.376(2002)
- [2] 足立達哉: 「FIB 装置とその応用」, 電子顕微鏡, Vol.30, No.3, pp112(1996)
- [3] 谷口慶治: 「アンテナと電波伝搬」, 共立出版株式会社(2006)
- [4] 大竹尚登: 「DLC の応用技術」, シーエムシー出版(2007)