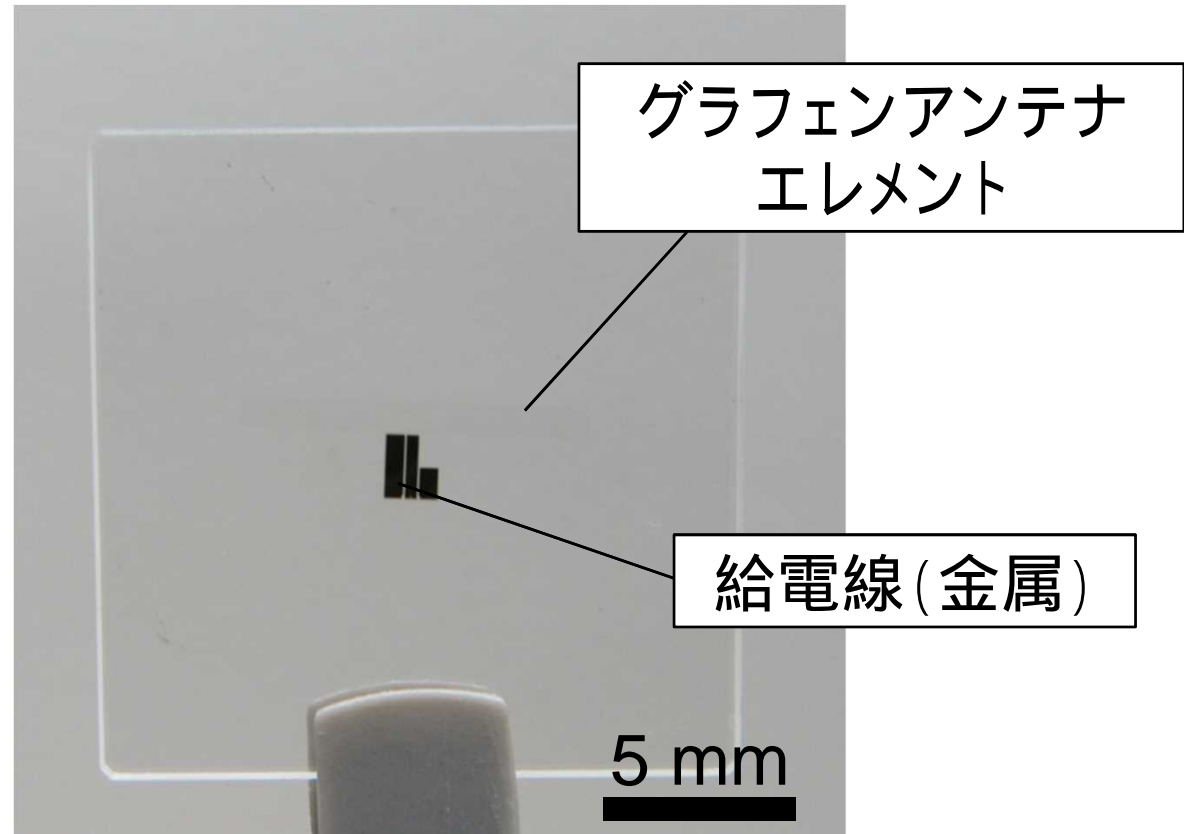
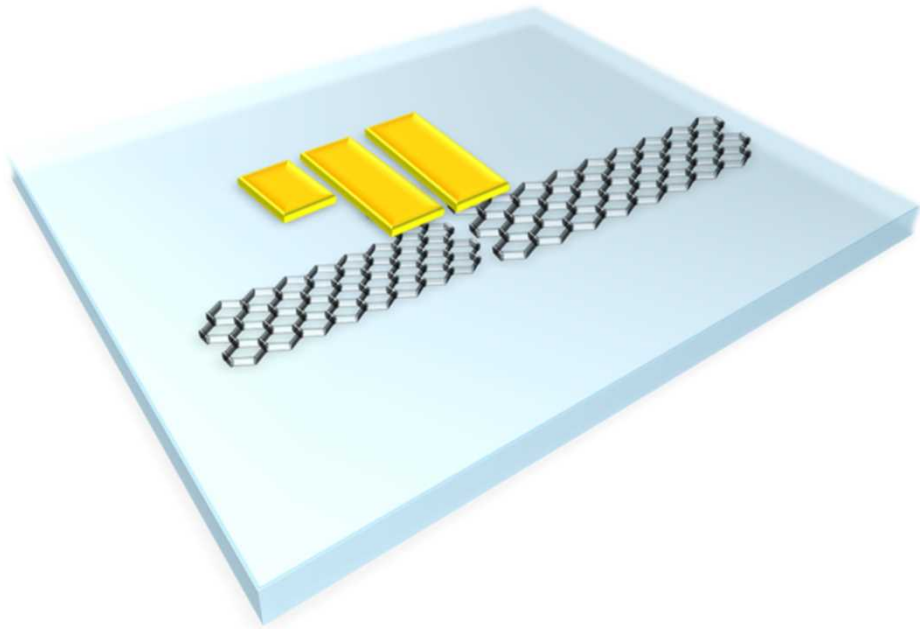


炭素原子1層のグラフェンで作製した 透明なアンテナ

青山学院大学 理工学部
電気電子工学科
教授 黄晋二

グラフェンを用いた透明アンテナ



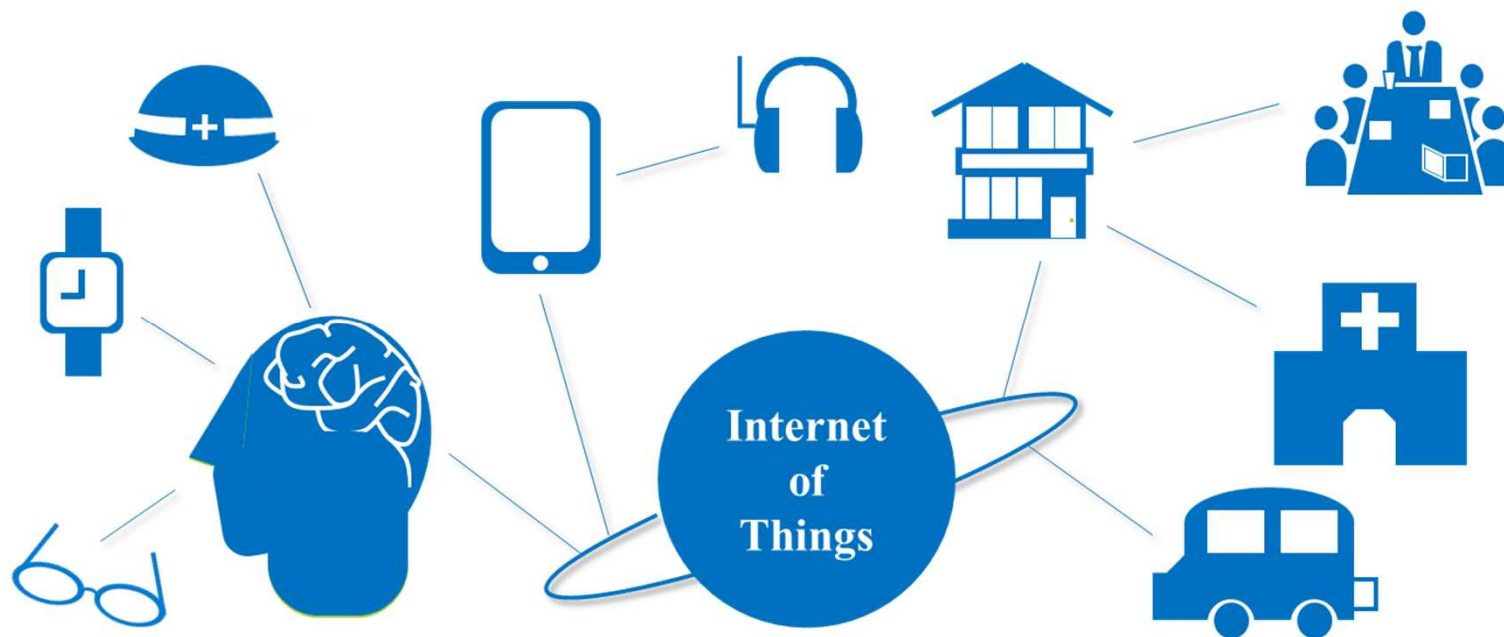
Invisible antenna

研究の背景 1

Internet of Things (IoT): モノのインターネット

様々なモノが無線通信でつながる

様々なモノにアンテナが設置される



研究の背景 2

5Gネットワークシステム

高周波数帯（27 GHz帯）の利用

◆ 損失の増加

伝搬損失

障害物による損失

より多くのアンテナを必要とする

モノの外側（表面）にアンテナを設置する

研究の背景 3

Internet of Things (IoT): モノのインターネット

様々なモノにアンテナが設置される

5Gネットワークシステム

より多くのアンテナを必要とする
モノの外側（表面）にアンテナを設置する

世の中はアンテナだらけ！

透明アンテナの利点

透明なモノ

透明性を維持したままアンテナを設置可能
自動車の窓ガラス、ビルの窓ガラス、メガネなど

様々なモノ

外観を変えることなくアンテナを設置可能
壁、天井、ディスプレイ、車のボディなど

次世代の無線通信における新しい可能性を提供

従来技術とその問題点

既存の透明導電膜

- ITO（酸化インジウムスズ）

厚い膜厚 100 nm

低い光透過率 約80%

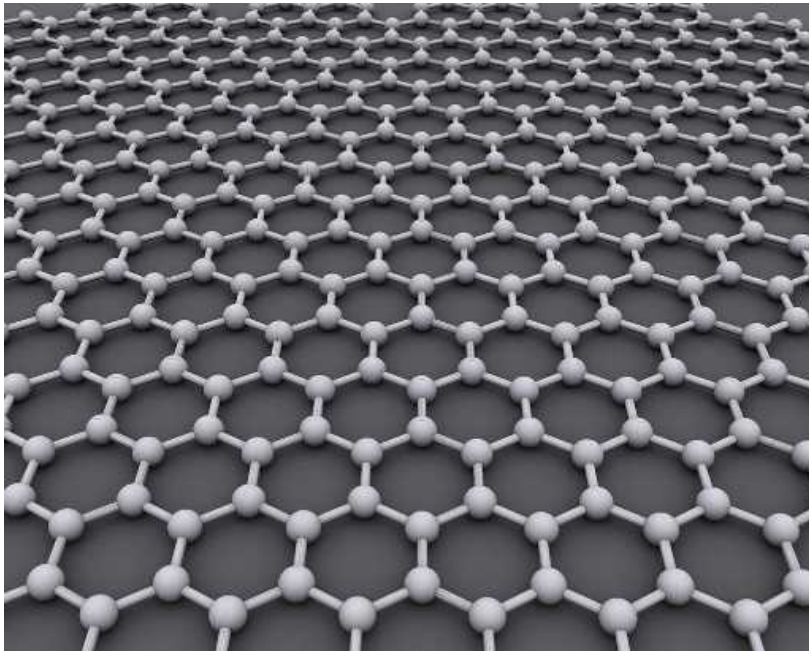
非フレキシブル性 曲面は不可

- 金属メッシュ膜

低い光透過率 約80%

フレキシブル性が不十分

グラフェン



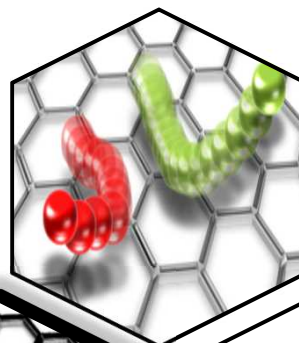
炭素原子が蜂の巣状の六角形格子構造をとった厚さが原子1層分のシート状物質

優れた電気伝導特性を持つ

積層するとグラファイト（黒鉛）
2010年ノーベル物理学賞の対象

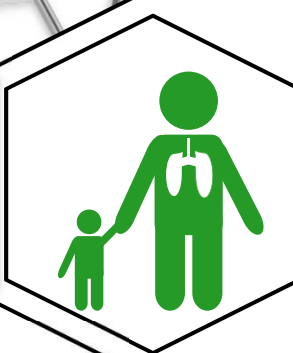
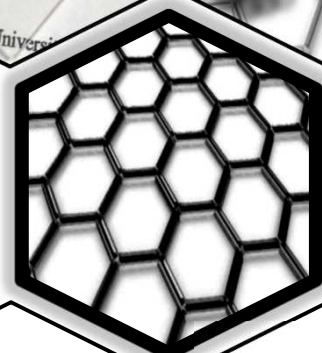
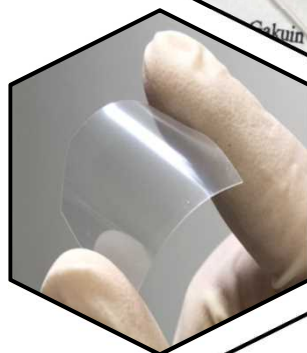
透明アンテナ材料としてのグラフェン

高い可視光透過度
単層で約97.7 %



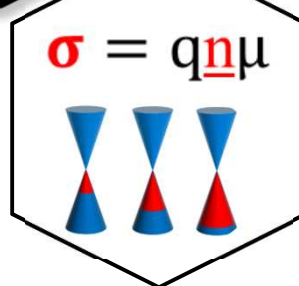
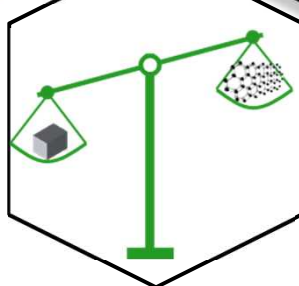
優れた電気伝導特性

優れた機械的性質
フレキシブル性



炭素原子のみ
高い生体親和性

厚み原子1層
軽量性



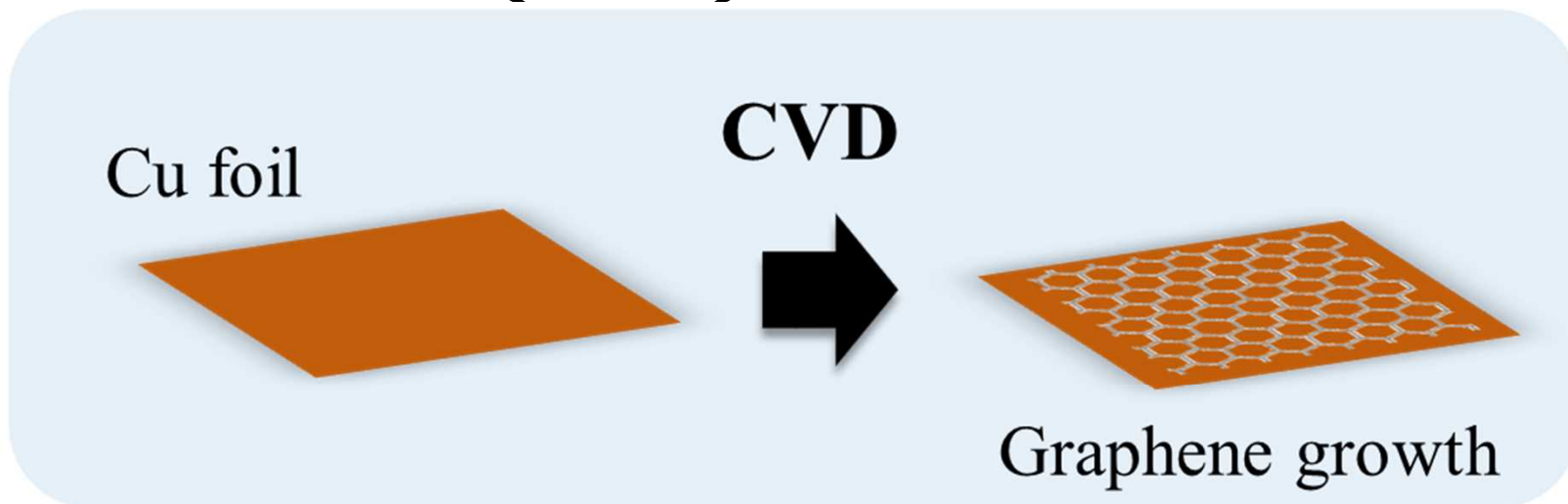
導電率が変調可能

新技術の特徴・従来技術との比較

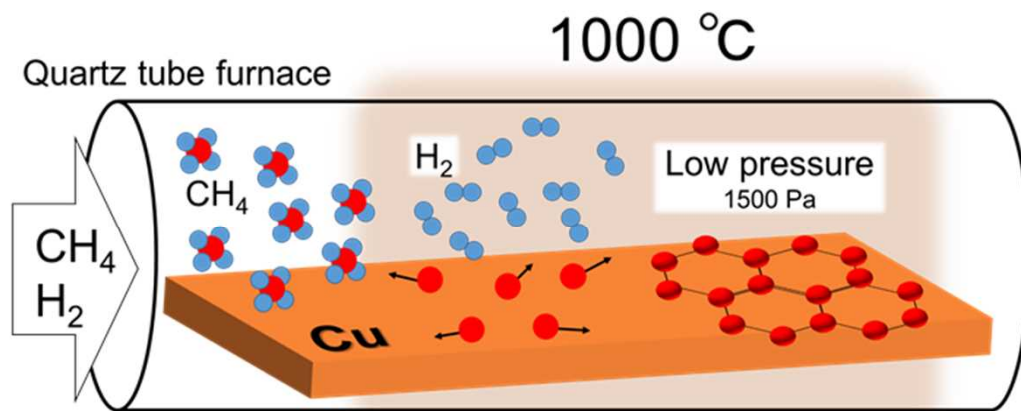
- グラフェンを用いた透明アンテナを作製し、その動作実証に成功した。
- 既存の透明導電膜では実現不可能であった
高い光透過率（90%以上）
フレキシブル性
極めて薄い、メタルフリー、超軽量
の透明アンテナを実現できる可能性がある。

グラフェン膜の作製

化学気相成長法（CVD）：大面積化が容易



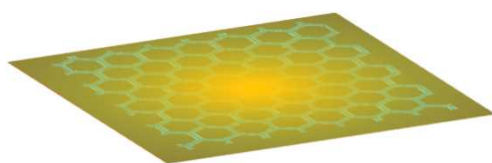
熱 CVD 装置



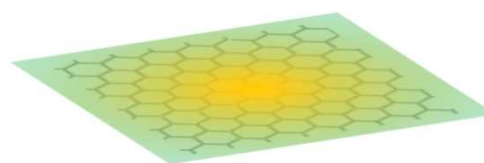
Cu上におけるグラフェン成長

グラフェン膜の転写

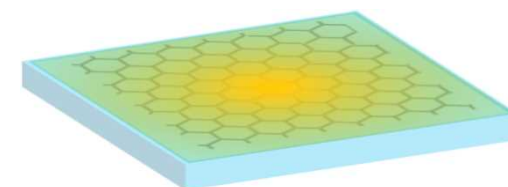
単層CVDグラフェンを石英ガラス基板上へ転写



PMMA塗布
(サポート材)



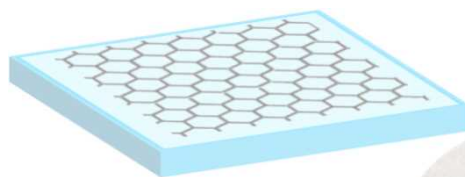
Cu エッチング



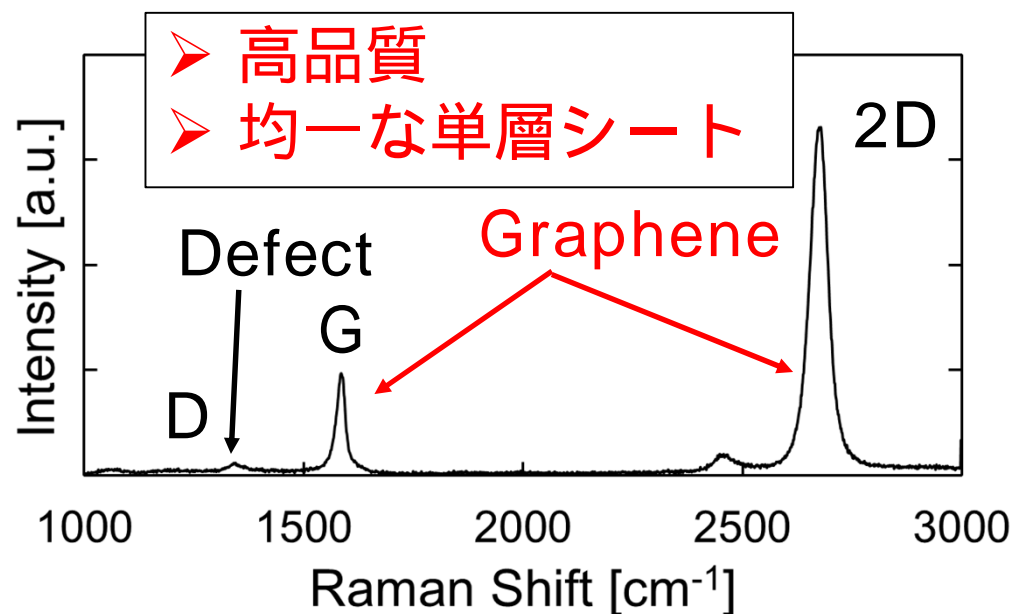
石英ガラス基板へ
転写



PMMA除去

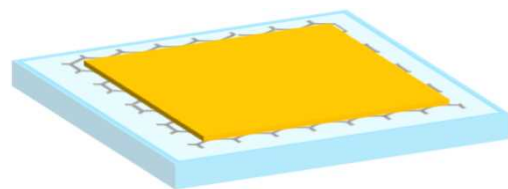


マクロ像

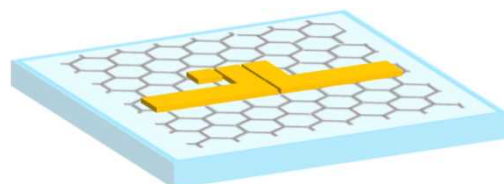


透明アンテナの作製

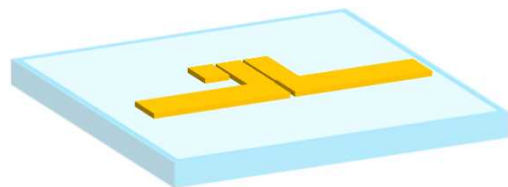
グラフェンダイポールアンテナの作製
既存のフォトリソグラフィー技術を活用



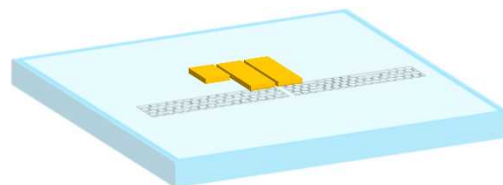
Au 膜の真空蒸着
(700 nm)



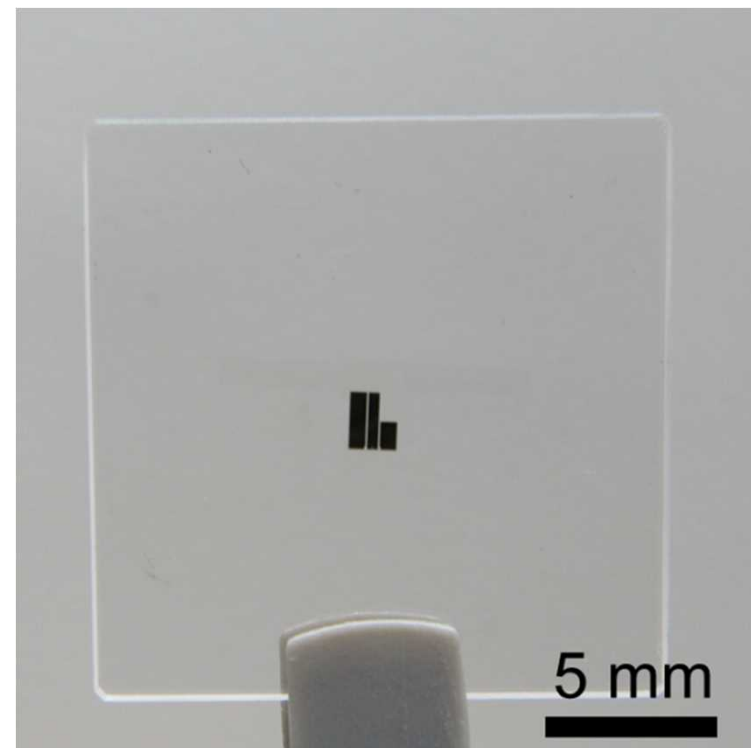
フォトリソグラフィーを
用いたパターン作製



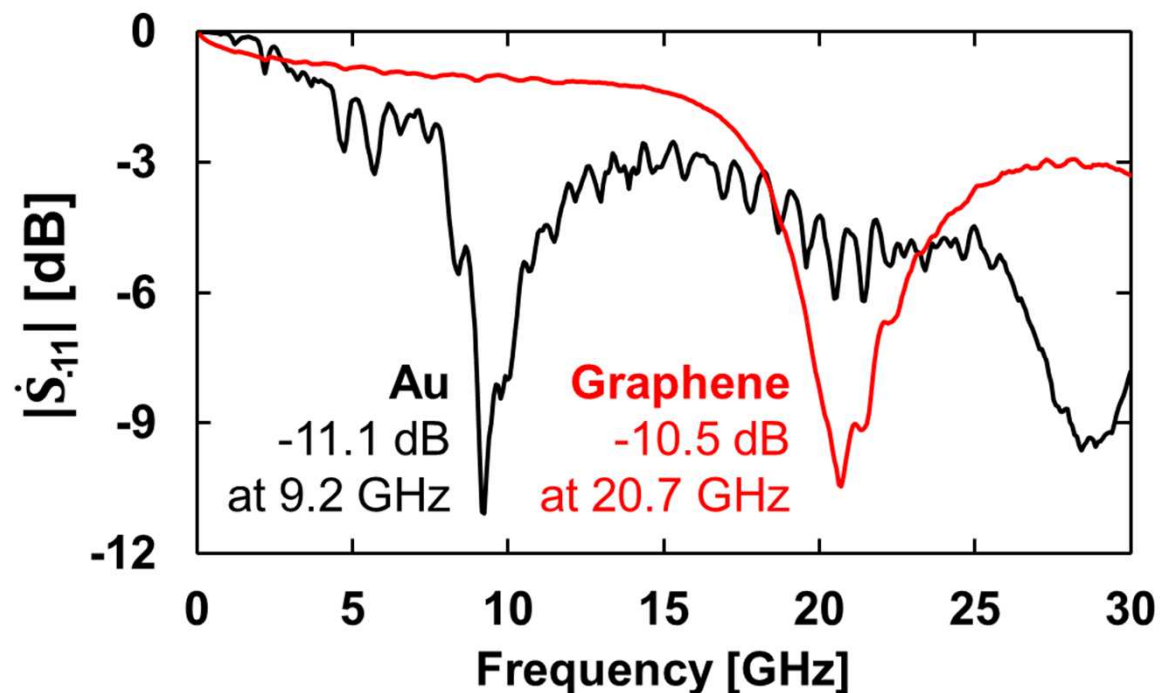
酸素プラズマ処理を用いた
グラフェン成型



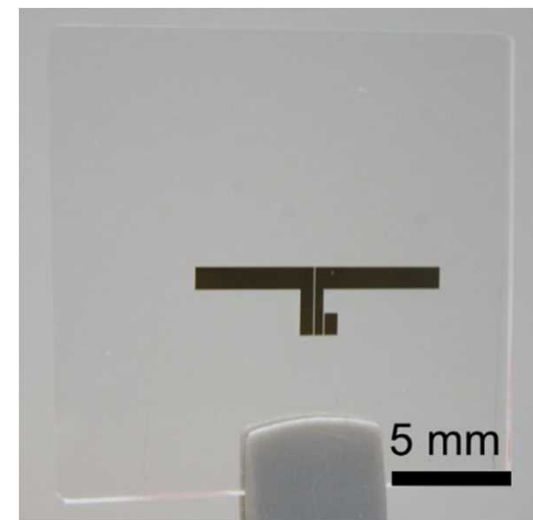
グラフェンダイポール
アンテナの作製



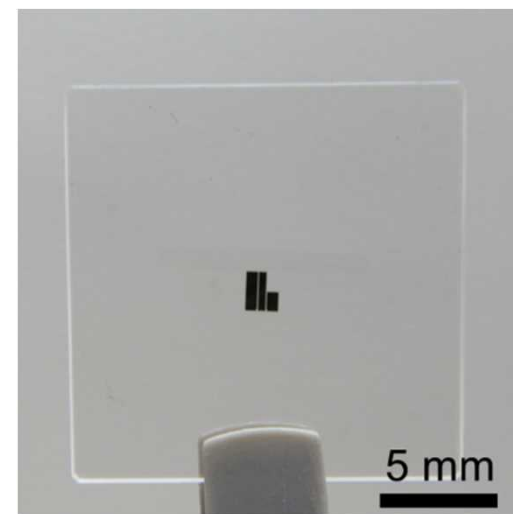
透明アンテナの特性評価 1



Auアンテナ



グラフェンアンテナ



電力反射特性

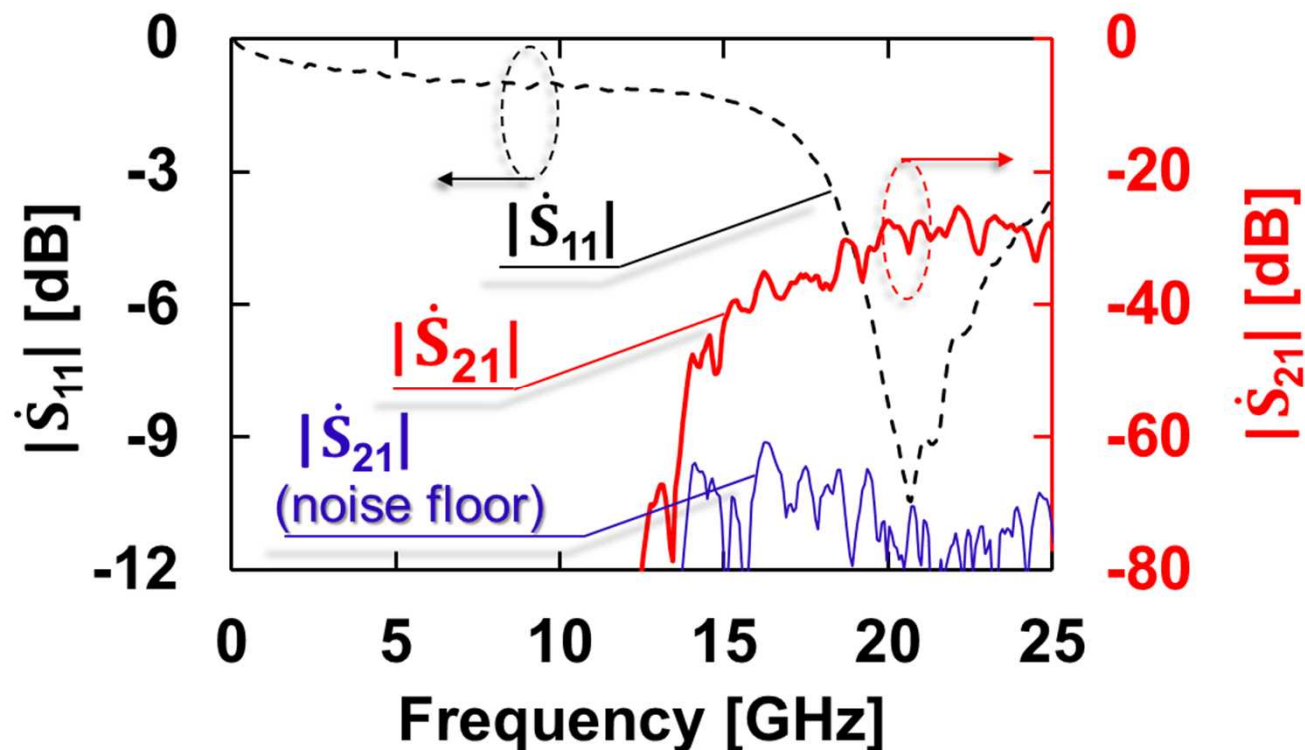
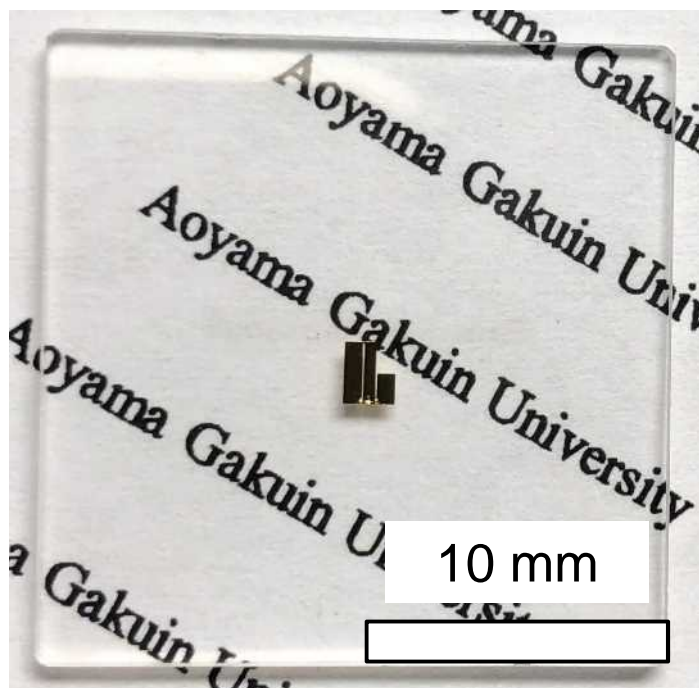
同形状のAuアンテナとの比較

動作周波数がAuアンテナ（約9 GHz）

よりも高い周波数（約20 GHz）となった。

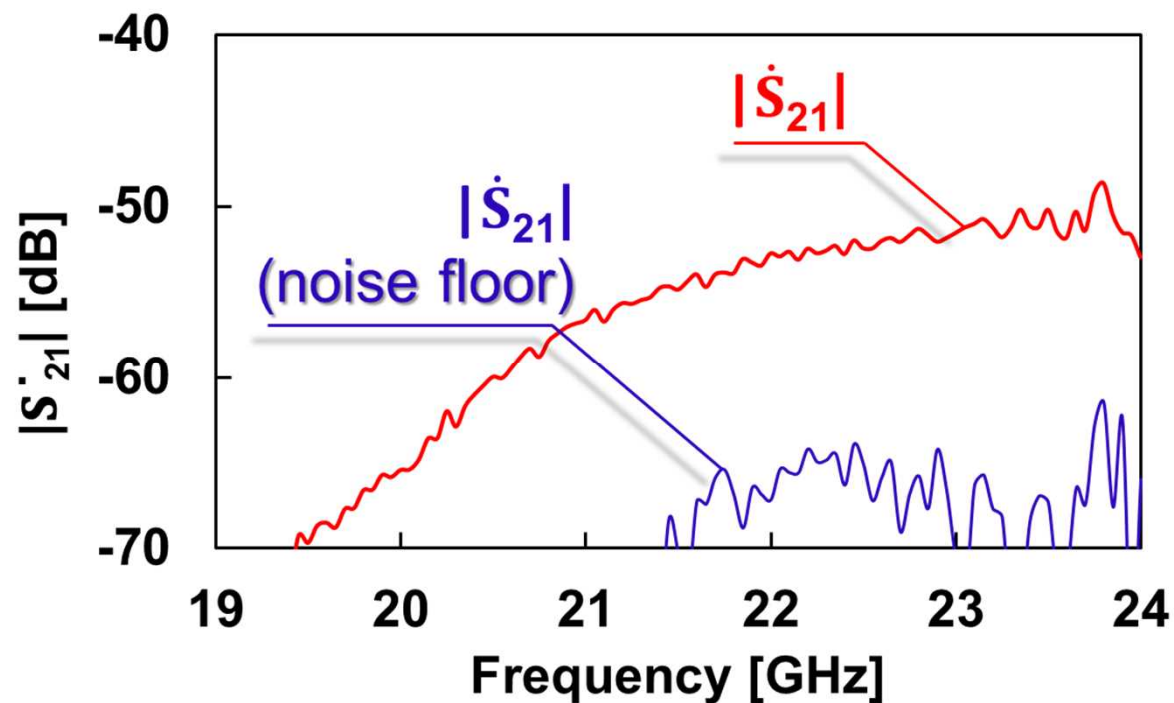
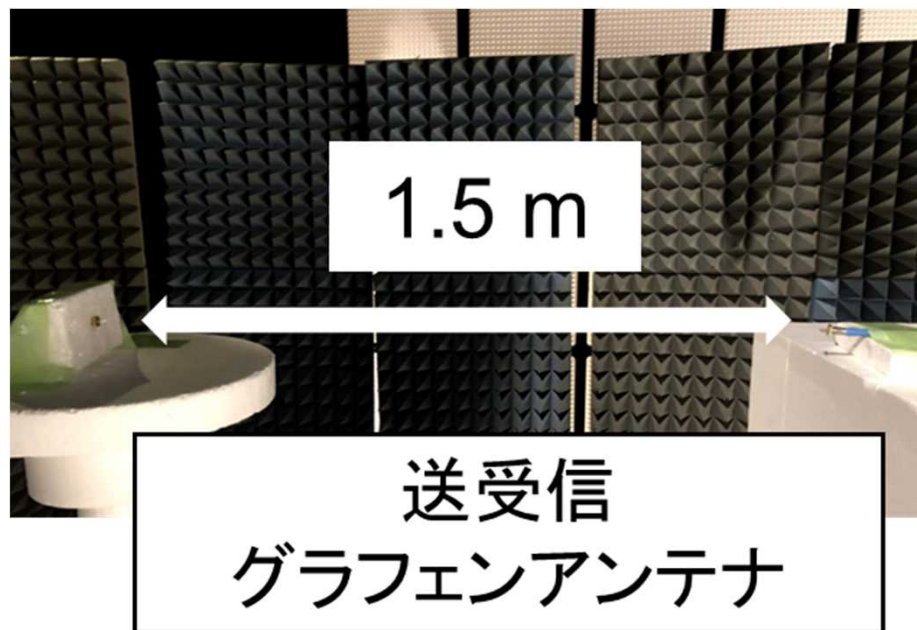
透明アンテナの特性評価 2

グラフェンダイポールアンテナによるマイクロ波電力放射



わずか原子一層分の厚さである
透明なグラフェンアンテナによる電波の放射を実証

グラフェン透明アンテナ間の送受信特性



グラフェンアンテナを用いた電波の送受信に成功
実用的応用の可能性を示した

これまでの技術開発経緯のまとめ

グラフェンを用いた透明ダイポールアンテナを作製し

- 透明アンテナの動作実証に成功した（20 GHz帯）
- 放射パターンの評価からダイポールアンテナとして動作していることを確認
- アンテナ利得の評価から実用に供することのできる利得を持つことが分かった
- 二つの透明アンテナ間での送受信を実証した

これまでの技術発表

学術雑誌

1. Shohei Kosuga, Ryosuke Suga, Osamu Hashimoto, and Shinji Koh,
“Graphene-Based Optically Transparent Dipole Antenna,”
Appl. Phys. Lett. **110**, 233102 (2017).
2. Shohei Kosuga, Keisuke Suga, Ryosuke Suga, Takeshi Watanabe, Osamu Hashimoto, and Shinji Koh
“Radiation properties of graphene-based optically transparent dipole antenna,”
Microwave and Optical Technology Letters (2018). in press

国際学会 AMPC2018、PIERS2017など 3件

国内学会 応用物理学会 4件

本技術に関する知的財産権

発明の名称	「マイクロ波帯アンテナ」
発明者	黄晋二、小菅祥平、須賀良介、橋本修
出願人	黄晋二、小菅祥平、須賀良介、橋本修
出願番号	特願 2017 - 198917

想定される用途

本技術は

- 透明な窓ガラス表面に設置するアンテナ
 - 表示器、ディスプレイなどの画面に設置するアンテナ
 - 外壁、天井などに設置するアンテナ
 - ウェアラブルデバイスに設置するアンテナ
- などへの応用が期待される。

実用化に向けた課題

- グラフェンアンテナの動作周波数が同形状の金属アンテナよりも高い
原因：グラフェンの導電率が1桁低いいため
グラフェンの導電率の向上が必要
積層化、キャリアドーピング技術など
- 実用的な応用に向けた
耐久性、対候性の評価
保護膜の選定
製造手法の検討（量産化）

企業への期待

- 具体的な応用を目指した
共同研究開発
試作依頼
- 基礎的な研究項目も含めた
包括的な共同研究
グラフェン透明アンテナの可能性の追求

お問い合わせ先

青山学院大学

相模原事務部 研究推進課 URA 馬場 裕二

TEL 042 - 759 - 6056

FAX 042 - 759 - 6042

e-mail r02397@aoyamagakuin.jp