

# 近赤外動作の低電圧グラフェン電気光学変調器

多くの通信基盤光システムで不可欠な要素は、電気光学変調器である。これにより連続波 (CW) 光を光源として使いデータストリームを生成することができる。最先端のシリコン (Si) フォトニック回路の開発者は、これをコンパクトで効率的なレーザ、フォトディテクタ、パッシブコンポーネントとともに、コスト効果よく Si に集積したいと考えている。

相補型金属酸化膜半導体 (CMOS) 製造プロセスは、量産 Si エレクトロニクス産業で標準となっており、少なくともそれらが CMOS プロセスに適合すれば、これによって Si 基板上に安価なフォトンクスの量産が可能になる。そのため、「CMOS 適合」といえる新しいフォトニックデバイスの開発者はだれでも、すぐに他の開発者の関心を得

ることができる。

グラフェンはフォトンクスにとって比較的新しい材料である。グラフェンは、その固有の光学的、電気的、熱的、機械的特性のため、さまざまなコンポーネントにとって有効な材料として研究されている。理想的には、コストのために、当然、グラフェン・フォトンクコンポーネントは、CMOS プロセスを利用して製造できなければならない。

英マンチェスター大 (Manchester University) のグループは、今回、非常に小さなグラフェンベースの電界吸収型変調器 (EAM) を開発した。動作電圧は、1 ~ 3V と低く、消費電力も低い、しかも CMOS 適合的である<sup>(1)</sup>。

## 超小型変調体積

1つの高品質グラフェン単分子層を

含むデバイスは、電気的に平行板コンデンサとして働き、変化する印加電気バイアスがグラフェンの光透過を変える。グラフェン自体の下に、屈折率約 2 の 1/4 波長誘電体二酸化ハフニウム (HfO<sub>2</sub>) 層がある。その下にあるのが反射銅薄膜ミラーと水晶基板。電気コンタクトは、レーザ描画フォトリソグラフィと電子線蒸着、リフトオフを使ってグラフェンに作製されており、2nm 厚クロム層と 30nm 厚金層で構成されるコンタクトができています。

デバイス全体は、5μm<sup>3</sup> オーダーの変調体積であるが、これは潜在的に λ/30 まで小さくできる、と研究者は主張している (図 1)。その消費電力はわずか 1nW、デバイスの挿入損失は <10%。広帯域変調が、波長 900nm まで観察された。

研究者の指摘によると、動作電圧が小さなコンデンサベースの変調器はこれまでに開発されているが、その変調効果はイオン性液体電解質を用いて達成された。固体誘電体がより安定であることは明らかであるが、そのような固体誘電体は、従来法では、近赤外波長での変調に、50 ~ 150V 程度の高電圧を必要とする。新しいデバイスで 1 ~ 3V の低変調電圧につながったのは、HfO<sub>2</sub> 誘電体に観察された電気化学スーパーキャパシタ効果であり、これによりその物理的な厚さよりも 10 倍小さな実効容量性厚が得られる。

(John Wallace)

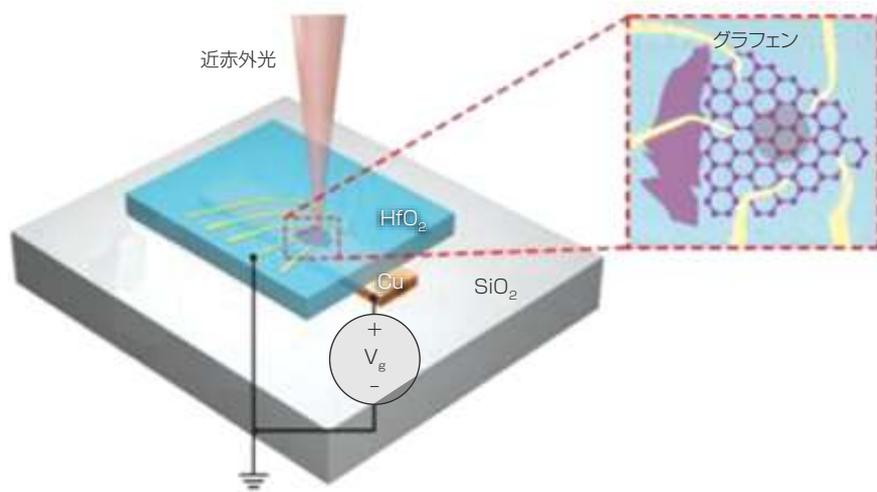


図 1 変調体積約 5μm<sup>3</sup> の自由空間グラフェンベース近赤外電気光学型変調器 (EAM) は水晶 (SiO<sub>2</sub>) 基板、銅底面電極、二酸化ハフニウム (HfO<sub>2</sub>) 1/4 波長誘電体層、上方に金の電極を持つスモールグラフェン片で構成。ゲート電圧 (V<sub>g</sub>) を印加して光変調を達成。

## 参考文献

- (1) D. E. Aznakayeva et al., Opt. Express (2017); <https://doi.org/10.1364/oe.25.010255>