

重要な情報だけを検出・記憶する脳型光記憶素子を発見 ～脳の様に動く新型光コンピュータやカメラの開発に期待～

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学大学院工学研究科の植田 研二 准教授らの研究グループは、グラフェン/ダイヤモンド積層界面が、重要な光情報のみを選択的に記憶し、不要な情報を忘却する脳型（脳の様に動く）光記憶素子となることを新たに見出しました。

人間の脳では、神経細胞のつなぎ目であるシナプス^{注1)}が、外部刺激により結合強度変化することで情報の記憶・忘却が切り替わります。本研究で開発したグラフェン/ダイヤモンド素子は、シナプスと同様に、光刺激の強弱に応じて、記憶保持時間が切り替わる特性を有しており、1つの素子で人間の眼と脳の機能を併せ持つ事が明らかとなりました。シナプスでは電気的な刺激で結合強度変化が起こりますが、本素子では光刺激により結合強度変化が起こるため、画像等の光情報が直接検出され、重要度（光刺激の頻度）に応じて自律的に記憶・忘却されることが大きな特徴となります。

本成果により、光刺激の頻度、即ち情報の重要度に応じて画像等の光情報が選択的に記憶・忘却される脳型イメージセンサ^{注2)}などの開発ができ、将来的に重要情報を自律的に選択し、記憶する新型カメラの開発に繋がることが期待されます。

本研究成果は、2021年6月22日付オランダ Elsevier 社の科学雑誌『Carbon』にオンライン掲載されました。

【ポイント】

- ・ グラフェン／ダイヤモンド接合界面が、重要な光情報のみを記憶し、不要な情報を忘却する脳型光記憶素子となることを新たに見出した。
- ・ グラフェン／ダイヤモンド6素子を画素として用い、配列した構造で、実際に画像（文字パターン）が検出でき、光刺激の頻度に応じて選択的に記憶・忘却されることが分かった。
- ・ 光刺激の強弱、即ち情報の重要度に応じて画像等の光情報が選択的に記憶・忘却されるイメージセンサや新型光コンピュータなどの開発が期待される。

【研究背景と内容】

人間の脳では記憶すべき情報の取捨選択が状況に応じて瞬時に行われており、強い印象すなわち、刺激の大きな情報は長期記憶されますが、刺激の少ない情報については短時間記憶された後忘れられます（短期記憶）。この長期－短期記憶の存在が脳における情報選別の根幹となります。

本研究で我々は、代表的な無機炭素材料であるグラフェンとダイヤモンドを積層複合化し作製した、グラフェン／ダイヤモンド積層界面が、重要な光情報のみを選択的に記憶し、不要な情報を忘却する脳型（脳の様に動作する）光記憶素子となることを新たに見出しました。

このグラフェン／ダイヤモンド素子は、光刺激を検出し電気抵抗値に変換すると共に、光刺激の強弱に応じて抵抗値の記憶保持時間が切り替わる、シナプス類似の記憶特性を有しており、1つの素子のみで人間の眼と脳の機能を併せ持つ事が明らかとなりました。なお、脳内シナプスでは電気的な刺激で結合強度変化が起こりますが、本素子では光刺激で結合強度変化が起こるため、画像等の光情報が素子で直接検出され、その後、情報の重要度（光刺激の頻度）に応じて自律的に記憶・忘却されることが大きな特徴となります。また、このデバイスでは素子全てに同時に光が照射され、光検出・記憶動作が全素子で同時並行的に行われるので高速動作が期待できます。

我々は、グラフェン／ダイヤモンド6素子を画素として用い、2×3型で配列した構造で、画像（文字パターン、I及びL）の検出を試みました。文字パターン“ I ”の場合は、I字のパルス光^{注3)}を多数照射し、強い光刺激を与える形（重要な情報に対応）とし、“ L ”の場合は、L字のパルス光を少数照射し、弱い光刺激を与える形（不要な情報に対

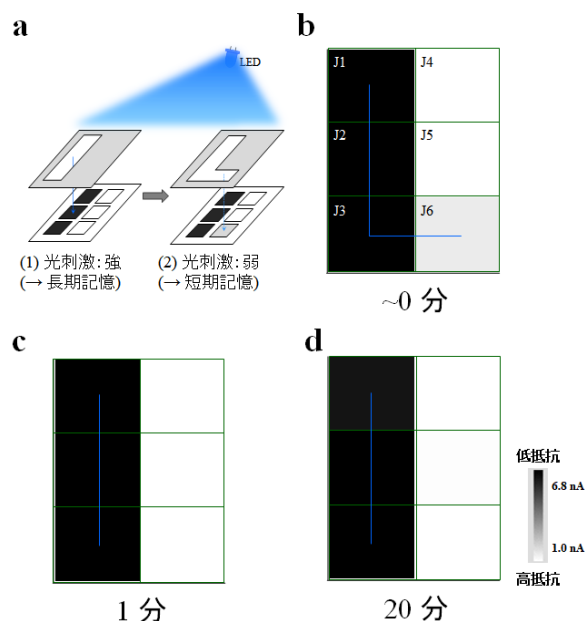
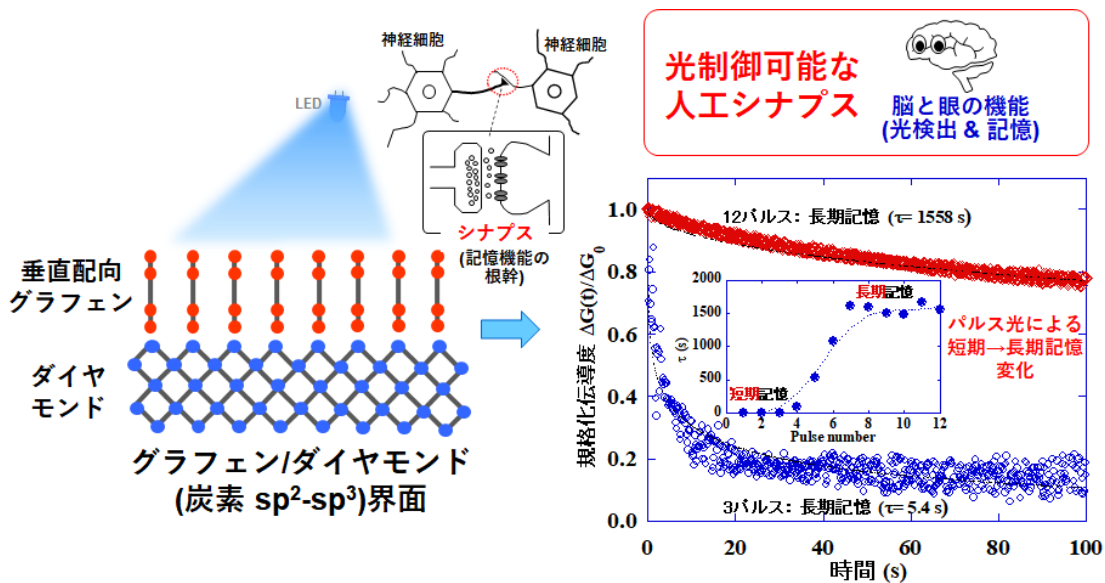


図1：グラフェン／ダイヤモンド配列構造による光情報の検出・記憶実験、I字（光刺激：強）は長期記憶されたのに対し、L字（光刺激：弱）は短期記憶された後すぐ忘却された。

応)としました。結果として、Lパターンは記憶後すぐに忘却(短期記憶)されたのに対して、Iパターンは長時間記憶(長期記憶)されることが分かりました。この結果は、グラフェン/ダイヤモンド配列構造がイメージセンサとして機能しており、更に光刺激の頻度に応じて光情報が選択的に記憶・忘却されることを意味しています。

本成果を発展させていくことで、センサ側で光情報を取捨選択して瞬時に記憶する新型イメージセンサなどの作製が可能となり、現代情報社会において溢れかえる膨大な情報を自動で取捨選択し重要な情報のみを検出・記憶、即時処理する新型光コンピュータや高性能カメラの創出に繋がっていくと思われれます。



【成果の意義】

グラフェン/ダイヤモンド接合界面が、重要な光情報のみを記憶し、不要な情報を忘却する脳型光記憶素子となることを新たに見出しました。

グラフェン/ダイヤモンド素子は記憶機能に加えて光検出機能を持つ事から人間の「眼+脳」が一体化されているとみなす事ができます。本素子の機能を発展させていく事で、眼と脳機能を一体化させた新たな情報処理デバイス、具体的には画像等の光情報を自動で取捨選択し、重要な情報のみを検出・記憶・処理する新型光デバイス(脳型光コンピュータや高性能カメラなど)の創出が期待されます。

【用語説明】

注1) シナプス :

脳の神経細胞(ニューロン)同士のつなぎ目の部分であり、外部刺激に応じて信号の伝達効率である結合強度が変化し、情報の記憶・忘却が切り替わる。

注2) イメージセンサ :

デジタルカメラなどの心臓部となる部品であり、レンズなどから入射された光を電

気信号に変換する半導体素子。人間の眼の網膜に相当する機能を有している。

注3) パルス光：

短い時間だけ照射される光のことで、本研究ではパルス光の照射数や照射周波数を切り替える事で光刺激頻度を制御している。

【論文情報】

雑誌名：Carbon

論文タイトル: Optoelectronic synapses using vertically aligned graphene/diamond heterojunctions

著者： Y. Mizuno, Y. Ito, K. Ueda

(Y. Mizuno, Y. Ito は研究室の学生)

DOI: 10.1016/j.carbon.2021.06.060

URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008622321006473>