18p-A18-15

グラフェンフォトディテクタの高性能化に向けた金属/グラフェン界面におけるフェルミ準位変化の評価

Evaluation of the Fermi level shift at metal/graphene interfaces for improving the performance of graphene photodetector

東大院工 [1]，JST-CREST [2]，○佐々木和哉 [1,2]，竹中充 [1,2]，高木信一 [1,2]
The University of Tokyo [1], JST-CREST [2], K. Sasaki [1,2], M. Takenaka[1,2], S. Takagi[1,2]
E-mail: sasaki@mosfet.t.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】六角格子状に炭素原子が並んだ二次元材料であるグラフェンは，室温で最大 200,000 $cm^2/V/s$ という非常に高い移動度を示し、バンドギャップが 0 である特徴を持つことから、超高速かつ広波長帯域を有するフォトディテクタ(PD)への応用が期待され、世界中で研究が進められている。図 1 に示す櫛形電極をグラフェン受光部上に形成した Metal-Graphene-Metal（MGM）型素子においては、金属からドーピングを受けグラフェンのフェルミレベルが変化することが知られている[1]。フェルミレベルの変化量は金属によって異なることから、異種金属で櫛形電極を形成し、金属グラフェン接合近傍でフェルミレベルの差による非対称な電界を生成することで、フォトカレントを効率よく取り出せることが報告されている[2]。これまでに Ti-Pd 電極[2]の組み合わせが報告されているものの、最適な電極材料の組み合わせは十分には理解されていない。

本論文では、櫛形電極によるグラフェンのフェルミレベルの変化量を評価することで、グラフェン PD の高性能化に向けた最適な電極組み合わせの指針を得るための検討を行ったので報告する。

【実験結果】図 1 に本研究で作製したサンプルの概略図を示す。Si 上に Al_2O_3 酸化膜を ALD で堆積後、CVD 成長したグラフェンを転写し、その上に二種類の金属を用いた櫛形電極を形成した。金属電極には Pd, Ni, Ti の三種類を用いた。グラフェンはフェルミレベルがディラック点に位置するときに最大の抵抗値を示すことが知られている[3]。作製した素子において、バックゲート電圧を印加してグラフェンのフェルミレベルを変化させ、抵抗が最大となるディラック電圧 V_{dirac} を測定することで、金属によるグラフェンのフェルミレベル変化量を推定した。図 2 は、金属の仕事関数と同種金属櫛形電極素子のディラック電圧をプロットしたものである。V_{dirac} はグラフェンのフェルミレベルとディラック点のずれを示唆しており、金属の仕事関数値が大きいほど大きくなると考えられる。一方、図 2 は金属の仕事関数値と V_{dirac} に必ずしも相関がないことを示しており、金属/グラフェン界面に関しては実効的仕事関数 Φ_{eff} が存在することが示唆された。また図 3 に電極間ギャップと V_{dirac} の関係を示す。電極間ギャップが狭くなるほど金属電極による影響が大きくなり、図 2 で示唆された Φ_{eff} に対応したフェルミレベルのシフト量が得られた。図 4 に異種メタル櫛形電極素子も含めた V_{dirac} の測定結果を示す。異種メタル電極の V_{dirac} は同種メタル電極の V_{dirac} の間に位置していることから、推定された各種金属の Φ_{eff} が妥当であることが示唆された。これらの結果により、金属/グラフェン界面における金属の実効的仕事関数 Φ_{eff} は文献値とは異なり、Ni<Ti<Pd であることが示唆された。このことから、先行研究で示された Pd-Ti 電極ではなく、Pd-Ni 電極を用いることでグラフェン PD の性能向上が期待される。

【参考文献】

[1]T. Mueller et al., Phys. Rev. B 79, 245430 (2009)
[2]T. Mueller et al., Nature Photonics 4, 297-301 (2010)
[3]G. Joseph et al., Phys. Rev. B 79, 115434 (2009)

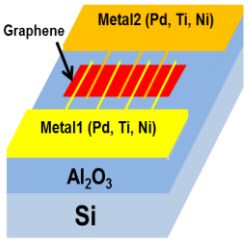

図 1:MGM 型 PD の概略図

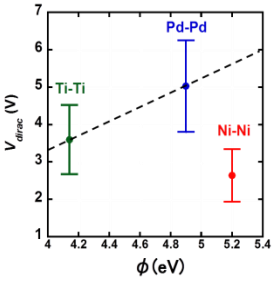

図 2:同種金属素子の V_{dirac} の仕事関数依存性

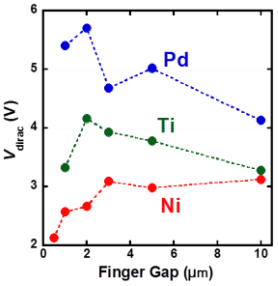

図 3:V_{dirac} の金属間ギャップ依存性

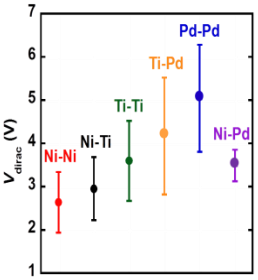

図 4:同種・異種金属素子の V_{dirac} 特性

© 2014 年　応用物理学会