

カーボンナノチューブ/有機強誘電体界面での 自発的なダイポール配列による n 型ドーピングの可能性

N-type doping of carbon nanotube induced by self-assembling of electric
dipoles of ferroelectric polymer at their interface

神戸大院工 (Kobe Univ.)¹, 産総研(AIST)²

○(DC)堀家 匠平¹, 小柴 康子¹, 森本 勝大¹, 斎藤 毅², 石田 謙司¹

○(DC)Shohei Horike¹, Yasuko Koshiba¹, Masahiro Morimoto¹, Takeshi Saito², Kenji Ishida¹

E-mail: kishida@crystal.kobe-u.ac.jp, horike@stu.kobe-u.ac.jp



1. はじめに

地球温暖化やエネルギー問題が深刻化する中、クリーンな発電技術として熱電変換が注目されている。熱は人間活動のあらゆる場面で必ず発生するため、エナジーハーベスティングとの相性も良く当該技術開発の意義は大きい。筆者らは当該用途に適した材料として、柔軟かつ軽量の単層カーボンナノチューブ (SWCNT) に注目し、その熱電特性について報告してきた。熱電デバイスでは発電量を高めるため、本質的に p 型 (ゼーベック係数が正) と n 型 (ゼーベック係数が負) の素材を組み合わせた「 π 型モジュール」とする必要があるが、一般に SWCNT は大気中で p 型を示すため、安定な n 型制御が切望されている。筆者らは最近、有機強誘電体 P(VDF/TrFE) 薄膜を SWCNT 薄膜上に積層した FeRAM 型の熱電デバイス (Fig. 1) を構築し、ポーリング処理を施すことで、SWCNT の p, n 制御が可能であることを見出すとともに、 π 型素子の開発まで行った¹⁾。今回、同様のデバイスにおいて、P(VDF/TrFE) を SWCNT に“積層するだけ”で、SWCNT が n 型化することを新たに発見したので報告する。

2. 実験方法

直径 1 nm の SWCNT を水分散し、インクジェット法で石英基板上に成膜 (Fig. 2) 後、P(VDF/TrFE) 層をスピコート法で、上部 Al ゲート電極層を真空蒸着法で積層した。ついで基板面内方向に温度差を付与し、大気下、300 K におけるゼーベック係数を決定した。

3. 結果と考察

P(VDF/TrFE) を積層していない SWCNT 単体では $+50 \mu\text{VK}^{-1}$ の p 型ゼーベック係数を示したのに対し、P(VDF/TrFE) を積層しポーリング

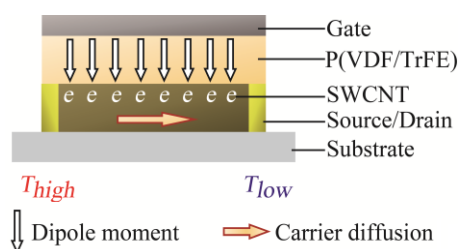


Fig. 1 FeRAM 型熱電デバイスの概念図.



Fig. 2 電極間に印刷した SWCNT 薄膜.

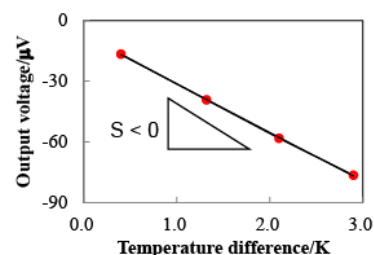


Fig. 3 ポーリング無しでのゼーベック係数測定結果.

を施したデバイスは分極の向きによって $\pm 25 \mu\text{VK}^{-1}$ と、p, n 型双方に制御可能であった。一方、P(VDF/TrFE) を積層しながらもポーリングを施していないデバイスでは $-25 \mu\text{VK}^{-1}$ と、意図的に分極の向きを揃えていないにもかかわらず n 型の特性を示した (Fig. 3)。

Yu らは、CNT の炭素と PVDF の水素が特異に相互作用することを報告しており、今回の挙動は、CNT/P(VDF/TrFE) 界面において、分極の δ^+ が CNT 側を向く自発的な分極配列 (Fig. 1) が生じ、これに伴い電子が CNT に蓄積されたために得られたものと考えられる。講演では、このメカニズムの詳細な検討を行った結果についても併せて報告する。

1) Horike et al., *Appl. Phys. Expr.* (in press).

2) Yu et al., *Macromolecules*, **42**, 8870 (2009).