

パーコレーション理論に基づく Poole-Frenkel 型伝導特性の解析

Analysis of the Poole-Frenkel type conduction in relation to the percolation theory

NTT 物性研¹, 筑波大学², ○林 稔晶¹, 都倉 康弘², 藤原 聡¹

NTT BRL¹, Tsukuba Univ.², °Toshiaki Hayashi¹, Yasuhiro Tokura², Akira Fujiwara¹

E-mail: hayashi.toshiaki@lab.ntt.co.jp

有機半導体のバルクの伝導は、Poole-Frenkel 型の伝導特性[$J \propto \exp(\gamma\sqrt{E})$]を示すことが知られている[1]。そのメカニズムについて今までに多くの提案がなされてきたが、未だに統一的な見解は得られていない[2]。我々はランダム抵抗ネットワークの伝導特性を、Miller-Abraham のホッピング伝導[3]を用いて数値計算し、その伝導特性をパーコレーション理論に基づいて解析した。

図 1 は数値計算によって求めた 2 次元ランダム抵抗ネットワークの伝導特性を示している。サイトの密度は 10^{14} cm^{-2} 、局在状態のボア半径は 2/3 nm、局在状態の状態密度は -0.2 eV から 0.2 eV まで一様に分布しているとした。この図から J/E が $\exp(\gamma\sqrt{E})$ に比例する電界領域があることがわかる。このような特性が得られる理由として、1) サイト間の電流が電圧によって非線形的に大きく変化すること、2) 電界によってパーコレーションパスが変化することが重要であることが指摘されている[4]。我々は系全体の電流に対して支配的なサイト間の電流に注目し、その電流が電圧によって非線形的に大きく変化することを確認した (図 2)。また、閾値電流を定めてパーコレーションパスを可視化することによって、電界によるパーコレーションパスの変化についても確認した。

[1] W. D. Gill, J. Appl. Phys. **43**, 5033 (1972).

[2] Y. Nagata and C. Lennartz, J. Chem. Phys. **129**, 034709 (2008).

[3] V. Ambegaokar, B. I. Halperin, and J. S. Langer, Phys. Rev. B **4**, 2612 (1971).

[4] B. I. Shklovskii, Sov. Phys. Semicond. **10**, 855 (1976).

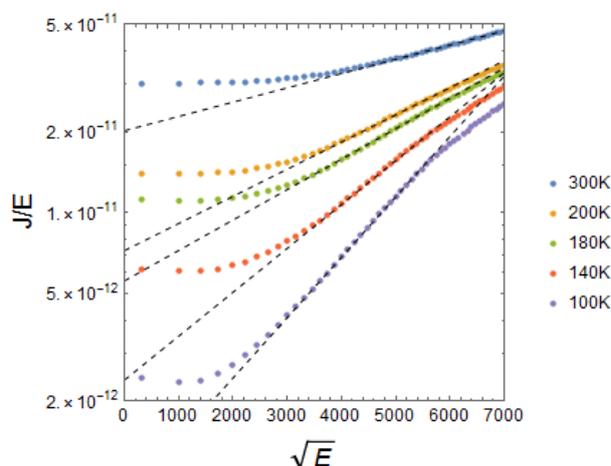


図 1 数値計算によって得られた 2 次元ランダム抵抗ネットワークの伝導特性。

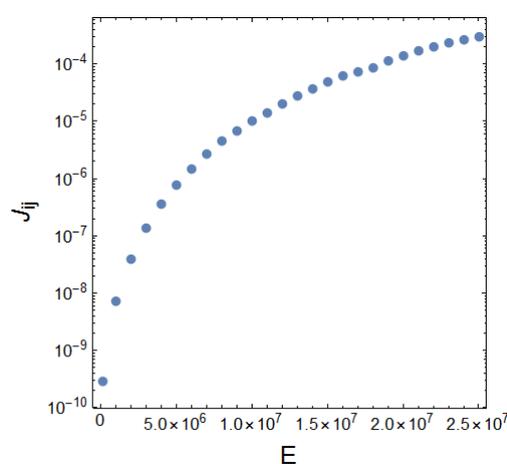


図 2 系全体の電流に対して支配的なサイト間電流の電界依存性。