



Title	Hopping Conduction in Au Adsorbed PCBM for Neuromorphic Physical Computing
Author(s)	Dong, Han
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/101466
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (DONG HAN)		
Title	Hopping Conduction in Au Adsorbed PCBM for Neuromorphic Physical Computing (神経型物理演算を指向した金吸着PCBMのホッピング伝導)	
<p>Abstract of Thesis</p> <p>Recently, neuromorphic physical computing has been performed using doped semiconductor. However, it can be operated only at low temperature because of low excitation energy in path-dependent hopping conduction. For overcoming this limitation, Au adsorbed PCBM molecules arising in-gap molecular orbital in wide HOMO-LUMO gap was proposed. The nonlinear I-V characteristics for Au-PCBM at room temperature were successfully observed. This is significant requirement for information processing.</p> <p>In this research, the structure transformation was happened in PCBM (CB) from Amorphous to Crystal by changing the annealing temperature. There is a higher inhomogeneous system in the surface of the Crystal PCBM (CB), which is the crystal structure with clearly empty region both inside and outside of the crystal structure. After Au deposited in Crystal PCBM, the PCBM crystals were still maintain. The Au NPs are on the surface PCBM crystals. PCBM with deposited Au newly formed a molecular In-gap state can achieve electron hopping conduction at room temperature due to a large energy difference between hopping site and HOMO.</p> <p>Au deposited into PCBM indicates electrical conductivity and the conductivity originated from PCBM / Au itself. The Crystal PCBM (CB) has empty region, and generate higher density as hopping site at initial stage than the Amorphous PCBM (CB). The conductivity with Au amount increasing in different conditions of PCBM (CB) followed percolation model. The conductivity mechanism in different structure and surface morphology of PCBM / Au can be controlled for Reservoir Computing (RC) system in further application. The electron hopping in both the Amorphous PCBM (CB) with 6 ML Au system and the Crystal PCBM (CB) with 6 ML Au system follows Variable-Range Hopping (VRH) model. Both of their activation energies are larger than the thermal energy, which indicates that the hopping conduction can achieve at room temperature.</p> <p>The various nonlinear I-V characteristics at room temperature by using nanogap size electrodes were achieved at both the Amorphous PCBM (CB) with 6 ML Au system and the Crystal PCBM (CB) with 6 ML Au system.</p> <p>Both Amorphous and Crystal condition device at 100 Hz owned the highest accuracies in different waveform generation tasks in their own condition, respectively. Moreover, Crystal condition has the advantage in Sine function series tasks; while the Amorphous condition demonstrates stronger capabilities in Cosine function series tasks and Triangle task, also with limited advantage in the tasks of Square2 and Halfwave.</p> <p>The Side-gate effect is existed in both the Amorphous PCBM (CB) with 6 ML Au system and Crystal PCBM (CB) with 6 ML Au system. Furthermore, the Side-gate effect in Crystal condition device is much stronger than Amorphous condition device, which could be expected to perform Boolean logic test and further apply in some classification tasks due to high dimensionality in this condition of device.</p> <p>In summary, the Amorphous PCBM (CB) with 6 ML Au molecular device system and the Crystal PCBM (CB) with 6 ML Au molecular device system can be applied for neuromorphic physical computing.</p>		

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏名 (Dong Han)		
論文審査担当者	(職)	氏名
	主査 教授	松本卓也
	副査 教授	中澤康浩
	副査 教授	赤井 恵

論文審査の結果の要旨

Dong Han 氏は神経型物理演算を指向した金吸着 PCBM のホッピング伝導 (Hooping Conduction in Au Adsorbed PCBM for Neuromorphic Physical Computing) について、学位研究を行った。

博士学位論文では、まずニューラルネットワークの特徴を概観した後、その機能をネットワーク状の物質で実現しようとする研究の現状について報告した。次に、Dong Han 氏はフーラレン誘導体である PCBM, [6,6]-phenyl-C61-butyric acid methyl ester と金微粒子の相互作用に着目し、PCBM の HOMO-LUMO ギャップ間に形成される局所準位間のホッピング伝導が、神経型物理演算に有効な特性を示す見通しについて考察した。

第二章では、実験的な手法について報告した。金蒸着を行いながらコンダクタンス測定を実施する実験手法、電極の構造、アモルファスおよび結晶状態の PCBM 分子膜の作製条件について報告した。

第三章では、PCBM 薄膜の構造、結晶状態を明らかにするとともに金微粒子と PCBM が化学結合を形成することをラマンスペクトルから明らかにした。

第四章では、金原子のドーズ量とコンダクタンスの関係を調べ、PCBM がアモルファス状態であるときには薄膜内部への拡散と微粒子形成、結晶状態であるときには結晶表面での拡散が重要であることを明らかにした。

第 5 章では、ナノスケールの間隔を持つ電極を用いて、PCBM/Au 系で非線形電気特性を得ることに成功した。リサージュプロットによる解析から、結晶性 PCBM では電荷蓄積が起き、アモルファス PCBM では、サイドゲート効果が得られることを示した。

以上のように、Dong Han 氏は、PCBM/Au 系に着目し、構造制御と定量的 Au ドーピングによりホッピング伝導を制御し、神経型物理計算に有効な非線形応答、電荷蓄積、サイドゲート効果を引き出すことに成功した。物質開発から出発して物性を制御し、神経型物理計算に資する基礎的な電気特性を得ることに成功し、物性化学の新しい局面を開いたと言える。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。