

氏 名	何 学侠
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	理 学
学位授与番号	博甲第4851号
学位授与の日付	平成25年 9月30日
学位授与の要件	自然科学研究科 機能分子化学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	Study on field-effect transistors and superconductors with phenacene molecules (フェナセン分子を用いた電界効果トランジスタと超伝導に関する研究)
論文審査委員	教授 久保園芳博 教授 川口建太郎 教授 黒田泰重 准教授 神戸高志

学位論文内容の要旨

This Doctor thesis consists of two parts. Part 1 consists of eleven chapters. In part 1, a study on phenacene single crystal field-effect transistors (FETs) is reported. Part 2 consists of two chapters. In part 2, a study on metal doped hydrocarbon superconductors is reported.

In part 1, various types of phenacene single crystal FET devices have been fabricated and their characteristics have been systematically and quantitatively studied. In chapters 1 - 4, the author describes on the background of this study, the growth of single crystals, the electronic structures of phenacene molecules and solids, and the theoretical background. In chapter 5, the fundamental FET properties of phenacene single crystal FETs are reported. The FETs shows p-channel FET properties, and a large concave behaviour caused by large contact resistance between single crystal and source / drain electrodes is raised as a serious problem in the FETs. In chapter 6, an interface modification with insertion materials is tested to solve the problem raised in chapter 5. The interface modification lowers the concave behaviour found in output curves at low absolute drain voltage, $|V_D|$, range. The interface modification decreases the concave behaviour in the output curves, from which a decrease in hole-injection barrier height, ϕ_h^{eff} , is quantitatively evaluated in chapter 7. The effect of electron acceptor / donor on barrier height is well scaled by the redox potential, E_{redox} , of insertion material. In chapter 8, the utilization of high- k gate dielectrics is investigated for low-voltage operation, and the $|V_{\text{TH}}|$ is reduced to 2.6 V in [7]phenacene FET with HfO_2 gate dielectric. In chapter 9, the bias stress and O_2 gas-sensing properties are investigated in [7]phenacene single crystal FET. In chapter 10, the author describes on the characteristics of [7]phenacene single crystal FET with EDL capacitor, which enables very low-voltage operation ($|V_{\text{TH}}| = 2.3$ V). Finally, in chapter 11, the author describes temperature dependence of FET parameters in [7]phenacene single crystal FET. The channel transport in [7]phenacene single crystal FET can be explained by band-transport model.

The author reports study on picene superconductor in part 2 consisting of chapters S-1 and S-2. In chapter S-1, the introduction to hydrocarbon superconductors is provided. As seen from chapter S-2, Raman scatterings indicate that K_xpicene shows superconductivity only for $x = 3$. The different pressure dependence of T_c in two superconducting phases in K_3picene is studied. One superconducting phase with $T_c = 7$ K shows a negative pressure dependence of T_c . In contrast, the other phase with $T_c = 18$ K exhibits a positive pressure-dependence which cannot be understood with the simple BCS mechanism. Finally, a new synthesis method for superconducting K_3picene by a solution process with monomethylamine, CH_3NH_2 , is developed. The method enables selective preparation of K_3picene with $T_c = 18$ K. The structure for 18 K phase is also suggested. The new superconductor, $\text{K}_x\text{coronene}$, with $T_c = 7$ K is also developed in this study.

論文審査結果の要旨

何学侠氏は、フェナセン単結晶を用いた電界効果トランジスタデバイスを作製し、そのトランジスタ特性を詳細に研究することによって、フェナセン分子の固有の性質と、トランジスタに現れる様々な物性を明らかにした。また、トランジスタ特性を制御するために、デバイスの構成要素を変化させるとともに、デバイスを構成する要素間の界面を修飾することの有用性を示した。何学侠氏の学位論文の研究成果としてあげられるものは以下の通りである。

- (1) ピセン、[6]フェナセンおよび[7]フェナセンの三つのフェナセン分子の良質な単結晶を作製し、単結晶を活性層とするトランジスタを成功裏に作成したこと。
- (2) [7]フェナセン単結晶トランジスタを対象に、ソース・ドレイン電極と単結晶間に作られるホール注入障壁を、二重障壁モデルを使って正確に求めたこと。
- (3) 電子供与性物質と電子受容性物質を電極－単結晶間に挿入し、ホール注入障壁を低下させることができることを明らかにしたこと。
- (4) ホール注入障壁が、挿入物質のレッドックスポテンシャルの増加とともに低下すること、すなわち電子受容性の増加による障壁の減少を明らかにしたこと。
- (5) 低電圧駆動を実現するために高誘電ゲート絶縁膜を使う有効性と、イオン液体を使う電気二重層キャパシタの有効性を示したこと。
- (6) 単結晶電界効果トランジスタの動作機構をバンド伝導型であることを明らかにしたこと。

このように、何学侠氏は単結晶電界効果トランジスタ研究において、様々な制御されたデバイスを作製し、系統的かつ定量的な評価を行い、フェナセン単結晶電界効果トランジスタの性質を明らかにするとともに、有機デバイスの特性制御の手法を確立することに成功した。また、この他にもフェナセン系物質の超伝導研究についても報告している。学位論文ならびに論文発表の内容は、岡山大学の博士の学位を授与するのにふさわしいものと判断することができる。