

氏	名	陈	丽
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	6 4 9 1	号
学位授与の日付	2 0 2 1 年	9 月	2 4 日
学位授与の要件	自然科学研究科	学際基礎科学専攻	
	(学位規則第 4 条第 1 項該当)		
学位論文の題目	Study on superconductivity in layered transition metal dichalcogenides and related materials (層状遷移金属ダイカルコゲナイド物質とその関連物質における超伝導に関する研究)		
論文審査委員	教授	横谷 尚睦	教授 市岡 優典 教授 池田 直
学位論文内容の要旨			
Superconducting layered transition metal dichalcogenides (TMD) have been studied for more than half a century for its unique low dimensionality and the accessible via numerous engineering methods. Substitution and intercalation are the established methods and known to be powerful on increasing the superconducting transition temperatures T_cs. The author used the techniques to tackle the superconductivity in TMD and obtained the unheeded parameters. This doctoral thesis comprises six chapters. In chapter 1, the author describes the general background of superconductivity and the methods known to engineer the superconductivity in layered materials. In chapter 2, the motivation of this study was described. The interest of the thesis is to understand the superconductivity in TMD. To explore the very vast field, the author picked two material candidates, PdTe_2 and SnSe_2, and in addition, the related material PdTe. Because of the common unit PdTe_6, the superconductivity in PdTe and PdTe_2 are expected to share the features such as strong electron-phonon coupling as described below. In chapter 3, the superconductivity of PdTe is studied via chemical substitution and introduction of deficiency. $\text{PdTe}_{1-x}\text{M}_x$ ($\text{M} = \text{Sb}$ and Bi) and Pd_{1-y}Te samples were prepared. All the samples show the decrease of T_c. The lattice constants of $\text{PdTe}_{1-x}\text{Sb}_x$ and Pd_{1-y}Te show decreasing behavior, indicating that the Sb substitution and Pd deficiency work as chemical pressure, which may be the reason to decrease T_c. In Sb substitution, Sb gives one hole upon substitution, thus the Sb substitution works as a positive charge doping, <i>i.e.</i>, hole doping which is the first attempt in this material. Bi substitution works as hole doping while the lattice constants increase upon doping. Thus, by comparing those doping, the author obtained that the hole doping is the primary factor to decrease T_c. This is confirmed by the DFT calculations of $\text{PdTe}_{1-x}\text{Sb}_x$ and $\text{PdTe}_{1-x}\text{Bi}_x$ that show both doping brings T_c down. In addition to the hole doping, the author compared T_c against various structural parameters, such as the lattice constant change ($\Delta a/a$), the distance between Pd and Te in PdTe_6 octahedron ($d_{\text{Pd-Te}}$), and the angle between Te-Pd-Te in PdTe_6 octahedron ($\theta_{\text{Te-Pd-Te}}$). T_c shows a unique dependence on $\theta_{\text{Te-Pd-Te}}$ that peaks at 96.4 degrees. This indicates that the superconductivity strongly depends on a certain phonon mode. This supports the previous specific heat report that discusses the material as a strong electron-phonon coupling superconductor. Moreover, the strong electron-phonon coupling in PdTe_2 that is discussed as a result of PdTe_2 may have common origin in PdTe_6 octahedron. In chapter 4, the author investigated the superconductivity of PdTe_2 by adding different metal by small amount as M_xPdTe_2 for $\text{M} = \text{Rh}$, Ir, Pt and Au. In chapter 5, superconductivity of metal intercalated SnSe_2 using liquid NH_3 is studied. The research achievements obtained in this thesis contribute to the understanding of superconductivity in TMD and related PdTe.			

論文審査結果の要旨

本学位論文は、近年活発に研究が行われている層状遷移金属カルコゲナイド超伝導体の超伝導性を制御する要因についての理解を深めることを目的として、PdTe、遷移金属ドーパ PdTe₂、およびアルカリ金属インターカレート SnSe₂ の三つの物質系を研究対象とし、それらの試料合成と超伝導特性に関する物性研究を報告している。

層状遷移金属カルコゲナイド超伝導体の超伝導転移温度 (T_c) は、キャリアドーピング量により制御できることが知られているが、それ以外の要因の役割についてはよく分かっていない。本学位論文では、フォノンを媒介とする強結合超伝導体と考えられている PdTe において、Pd サイトへの欠損の導入および Te サイトの他原子による置換に対する超伝導特性の変化を系統的に研究し、 T_c とバンド計算によるフェルミ準位上の状態密度との関連や、さらには PdTe₆ 八面体の結合角との関連も調べることで、PdTe においては、 T_c 決定の要因として、キャリアドーピング量とともに局所構造が重要なパラメータであると結論した。

PdTe₂ では、Rh, Ir, Pt, Au など価数の異なる金属元素をインターカレートし、 T_c の金属元素依存性を研究した。その結果、どれも母物質に比べて T_c が上昇することを見出した。一方、 T_c はインターカレートした金属元素の種類にほとんど依存しないことも見出し、 T_c がキャリアドーピング量とは無関係であると結論した。

SnSe₂ の研究では、液体アンモニアを利用してアルカリ金属原子のインターカレーションを行った。複数のアルカリ金属インターカレート SnSe₂ の作製に成功し、 T_c がインターカレントのイオン半径に依存することを見出した。この結果は、 T_c が層間距離に依存するというこれまでの報告とは異なり、インターカレーションによる SnSe₂ の T_c 制御に新たな方向性を示したといえる。

これらの研究は、従来考えられていたキャリアドーピングによる T_c 制御に加えて、 T_c 制御に新たな方向性を複数示しており、層状遷移金属カルコゲナイド超伝導体の研究に貢献するものである。最終試験において、学位論文の内容に対する発表と質疑応答から、申請者の研究への貢献が確認できた。博士の学位に値すると認められる。