

(様式7)

## 学位論文審査結果の要旨

氏名	Wang Zhilei
審査委員	委員長 陳 中春 印 委員 小出 隆夫 印 委員 音田 哲彦 印 委員 _____ 印 委員 _____ 印
論文題目	Processing, Microstructure, and Thermoelectric Properties of Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> -based Bulk Materials (Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> 系バルク材料のプロセッシング, 組織および熱電性質に関する研究)
審査結果の要旨	<p>本論文は、冷却や精密温度制御の電子機器に利用されている Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>系素子材料の熱電性質と機械的性質の向上を目指し、新しい加工プロセスの開発およびプロセッシング条件と微視組織・集合組織、熱電性質・機械的性質との関係の解明に関する研究成果をまとめたものである。</p> <p>本研究では、Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>系化合物の結晶粒微細化と結晶配向化に着目し、メカニカルアロイング(MA)と熱間押し出し加工を融合するプロセスを提案した。「MA-熱間押し出し」プロセスを用いることにより緻密・健全な <i>p</i> 型(Bi<sub>0.2</sub>Sb<sub>0.8</sub>)<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> と <i>n</i> 型 Bi<sub>2</sub>(Se<sub>0.05</sub>Te<sub>0.95</sub>)<sub>3</sub> のバルク材料の作製に成功した。熱間押し出し段階でせん断ひずみの導入および動的再結晶の同時作用によって、400°C以下の押し出し条件ではサブマイクロンレベルの微細組織を形成するとともに、Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>系化合物の基底面が押し出し方向に平行に配向するような集合組織が発達していることが分かった。結果として熱電性質と機械的性質の向上に寄与し、例えば、400°Cで押し出し成形した <i>p</i> 型(Bi<sub>0.2</sub>Sb<sub>0.8</sub>)<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> バルク材の無次元熱電性能指数(<i>ZT</i>)が従来の一方向凝固材より 20%上昇し <i>ZT</i>=1.2 となり、硬さも約 2 倍向上した。</p> <p>押し出し成形した Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>系バルク材に Te-rich 相が存在することが観察され、そのサイズや分布が押し出し温度に依存することが分かった。Te-rich 相形成のメカニズムは、(i) Te の高い蒸気圧による昇華および (ii) 共晶反応であることを明らかにした。熱電性質をさらに改善するため、ドーピングや熱処理の効果も検討した。<i>n</i> 型化合物において微量の Cu をドーピングした結果、熱電性能指数が大幅に向上した。また、熱処理を施すことによって、押し出し試料に存在する格子欠陥が減少し、熱電性質の向上をもたらすことが分かった。一方、MA の代わりに液体急冷により粉末を作製し、さらに熱間押し出し加工により成形・緻密化する手法も試みた。一連の実験結果から、「液体急冷-熱間押し出し」プロセスを用いて結晶粒微細化と配向化の同時制御も可能であることが確認され、得られた試料は室温で <i>ZT</i>=1.5 に達し、極めて優れた熱電性質を有しながら、良好な機械的性質をも示した。</p> <p>以上、本論文は緻密・健全かつ優れた熱電性質・良好な機械的性質を有する Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>系バルク材料の作製に関する新たなプロセスを提案し、その有効性を検証するとともに、プロセッシング条件と微視組織・集合組織、熱電性質・機械的性質との関係を明らかにした。これらの研究成果は、実践的な生産現場においても適用することが期待でき、当該分野における学術的な価値は非常に高い。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。</p>