

氏名(本籍)	フン ソン ブァン (ベトナム)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第5302号
学位授与年月日	平成22年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	数理工学物質科学研究科
学位論文題目	<b>Search for new functional materials by adding carbon into lead-free solder alloys and copper metal</b> (炭素添加した鉛フリーはんだ合金および銅の新機能物質の探索)

主査	筑波大学教授	理学博士	大嶋 建一
副査	筑波大学教授	理学博士	黒田 眞司
副査	筑波大学准教授	工学博士	谷本 久典
副査	筑波大学准教授	工学博士	金 熙 榮

### 論文の内容の要旨

従来、エレクトロニクス機器の基板実装に使用されていたはんだは主として錫Snと鉛Pbの合金であった。このため、廃棄された電子機器に酸性雨が降ると、はんだの表面に形成された酸化鉛が酸性雨の硝酸成分によって溶け出し、地下水に溶け出していた。そのために、地下水を飲料すると人体に蓄積され、様々な障害を引き起こした。そのため、世界中で、有鉛はんだ合金の使用に制限が加えられ、日本では2001年以降、その使用が禁止されるに至った。はんだ業界では錫鉛はんだ合金の代わりに、環境にやさしい無鉛はんだ合金の開発が急速に進み、Sn-Cu、Sn-Ag、Sn-Ag-Cu等のはんだ合金が開発され、実用化されている。しかし、新しく開発された無鉛はんだ合金は有鉛はんだ合金に比べて機械的な強度、伸び、濡れ性、融点、電気伝導率等で劣っていることが問題になっている。

本研究では上記の欠点を改善するために、廉価な炭素を無鉛はんだ合金 (Sn-3.5wt.%Ag、Sn-3wt.%Ag-0.5wt.%Cu) に添加することに注目した。従来から、軽元素を質量の重い元素に均一に混合させることは難しいといわれてきたが、合金の融点より高い温度で加炭することにより、無鉛はんだ合金に炭素を加えることに成功した。以下に結果を示す。

Sn-3.5wt.%Ag-0.03wt.%c合金のビッカーク硬度、引っ張りの強さは加炭前に比べてそれぞれ30%、100%の増加が見られた。この理由として以下のことが考えられる。合金中に出現する金属間化合物  $Ag_3Sn$  は母相  $\beta-Sn$  に比べて15倍ほど硬く、はんだ合金の補強相となっている。炭素添加後、炭素は主として、 $Ag_3Sn$  相に集まり、しかもその相を微細化させ、しかも均一的に分散化させられると思われる。実際、エネルギー分析機能付走査型プローブ顕微鏡にてこれらの組織が観測できた。そして、微細化された  $Ag_3Sn$  相は母相の転位の運動を防ぎ、合金をより強化させたと理解できる。濡れ性に対しては加炭後、10%程度の改善、融点に関してはわずかの低下が、電気伝導率に関してはほとんど変化しないことが判明した。Sn-3wt.%Ag-0.5wt.%Cu合金に関してもSn-3.5wt.%Ag-0.03wt.%C合金と同様な結果が得られた。

これらの実験結果は従来のこの種の研究例および提案されている理論と比較検討され、妥当な考察を加えている。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

現在使用されている無鉛はんだ合金は、融点が高い、濡れ性が悪い、強度、耐久性が劣る、コストが高い、の欠点が上げられていて、十分に実用化になっていなかった。しかし、本研究での、炭素を合金中に均一に添加するという新しい考え方により作製した合金はそれらの欠点を改良することに成功し、より広い分野での実用化の可能性が見えてきたことは高く評価出来る。今後は、ここで開発された加炭入り無鉛はんだ合金の実装化試験が十分に行われ、その有用さが証明された後に、産業界で広く使用され、良好な地球環境の保持に貢献できることを期待する。

論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。