

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	Sn基合金と導電性金属の固相反応拡散における組織形成挙動
Title(English)	
著者(和文)	中山美紗子
Author(English)	Misako Nakayama
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10517号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:梶原 正憲,木村 好里,寺田 芳弘,曾根 正人,中田 伸生
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10517号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THE S I S S U M M A R Y

専攻： 材料物理学専攻

Department of

学生氏名： 中山 美紗子

Student's Name

申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)

Academic Degree Requested

Doctor of

指導教員 (主)： 梶原 正憲

Academic Advisor(main)

指導教員 (副)： 木村 好里

Academic Advisor(sub)

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「Sn 基合金と導電性金属の固相反応拡散における組織形成挙動」と題し、信頼性の高い電子機器の実装技術の確立を目的とし、Sn 基無鉛はんだ合金と導電性金属の固相反応拡散における速度論的な特徴を明らかにするために、種々の Sn-X (X = Ni, Cu, Ag, Zn) 系合金と導電性金属 M (M = Cu, Ni) の固相反応拡散による金属間化合物の組織形成挙動を実験的に検討した結果について述べたものであり、全 7 章より構成されている。

第 1 章「緒論」では、上記の固相反応拡散に関する従来の研究を概観し、本研究の目的と意義を明らかにし、本論文の構成について述べている。

第 2 章「(Sn-Ni)/Cu 系の固相反応拡散」では、Ni のモル分率 y_{Ni} が 0.01~0.03 の Sn-Ni 合金と Cu を組合わせたサンドイッチ状の (Sn-Ni)/Cu/(Sn-Ni) 拡散対を 433~473 K の温度域で最長 1152 h 等温保持した際の組織形成挙動を実験的に観察している。その結果、上記の等温保持拡散対には Cu_3Sn 、 Cu_6Sn_5 および $(Cu,Ni)_6Sn_5$ から成る化合物領域が生成し、化合物領域の総層厚が等温保持時間の冪乗に比例して増加することを見出している。このような冪乗則は、第 3 章~第 6 章の観察実験においても認められる。また、 y_{Ni} の値が大きくなると化合物領域の成長は速くなる。

第 3 章「(Sn-Cu)/Ni 系の固相反応拡散」では、Cu のモル分率 y_{Cu} が 0.01~0.03 の Sn-Cu 合金と Ni から成る (Sn-Cu)/Ni/(Sn-Cu) 拡散対を 453~473 K の温度域で最長 1972 h 等温保持した際の組織形成挙動を実験的に観察している。その結果、上記の等温保持拡散対には Ni_3Sn_4 と $(Cu,Ni)_6Sn_5$ から成る化合物領域が生成し、体積拡散、粒界拡散および界面反応の寄与が混在した混合律速型で成長することを明らかにしている。また、 y_{Cu} の値が大きくなると化合物領域の成長は速くなる。

第 4 章「(Sn-Ag)/Cu 系の固相反応拡散」では、Ag のモル分率 y_{Ag} が 0.011~0.033 の Sn-Ag 合金と Cu を組合わせた (Sn-Ag)/Cu/(Sn-Ag) 拡散対を 433~473 K の温度域で最長 2016 h 等温保持した際の組織形成挙動を実験的に観察している。その結果、上記の等温保持拡散対には Cu_3Sn と Cu_6Sn_5 が層状に生成することを見出している。ここで、 Cu_3Sn と Cu_6Sn_5 には Ag は殆ど固溶せず、各化合物の成長速度は y_{Ag} の値には依存しない。

第 5 章「(Sn-Ag)/Ni 系の固相反応拡散」では、第 4 章の Sn-Ag 合金と Ni から成る (Sn-Ag)/Ni/(Sn-Ag) 拡散対を 453~473 K の温度域で最長 3169 h 等温保持した際の組織形成挙動を実験的に観察している。その結果、上記の等温保持拡散対には Ni_3Sn_4 が層状に生成し、体積拡散、粒界拡散および界面反応の寄与が混在した混合律速型で成長することを明らかにしている。また、 y_{Ag} の値が大きくなると Ni_3Sn_4 の成長は速くなる。

第 6 章「(Sn-Zn)/Ni 系の固相反応拡散」では、Zn のモル分率が 0.152 (9 mass%) の Sn-Zn 共晶合金と Ni を組合わせた (Sn-Zn)/Ni/(Sn-Zn) 拡散対を 443~463 K の温度域で最長 2088 h 等温保持した際の組織形成挙動を実験的に観察している。その結果、上記の等温保持拡散対には層状の Ni-Zn 系化合物 γ 相が生成し、界面反応と体積拡散に支配されて成長することを見出している。また、同一温度における γ 相の成長は Ni_3Sn_4 よりも速い。

第 7 章「結論」では、第 1 章~第 6 章のまとめを行い、本論文を総括している。

以上のように、本論文は、材料組織学的手法を用いて、種々の Sn 基合金と導電性金属の固相反応拡散における組織形成挙動を実験的に検討することにより、信頼性の高い電子機器の実装技術の確立に必要な基礎的知見を提供している。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (Eng 1 ish) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THE S I S S U M M A R Y

専攻 : Department of	材料物理学専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学生氏名 : Student's Name	中山 美紗子	指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	梶原 正憲
		指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	木村 好里

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Various Sn-base alloys are used as Pb-free solders in the electronics industry. They are Sn-Ni alloys, Sn-Cu alloys, Sn-Ag alloys, Sn-Zn alloys, etc. On the other hand, owing to high electrical conductivity, Cu-base alloys are widely utilized as conductor materials. When the Cu-base conductor is interconnected with the Sn-base solder, Cu_6Sn_5 and Cu_3Sn are formed at the interconnection due to reactive diffusion between the conductor and the solder during soldering and then gradually grow during energization heating at solid-state temperatures. Since the Cu-Sn compounds are brittle and possess high electrical resistivities, their growth deteriorates the mechanical and electrical properties of the interconnection. To inhibit the formation of the compounds, the Cu-base conductor is usually plated with a Ni layer. However, Ni is not sufficiently corrosion resistant. Hence, the Ni layer is plated with a Au or Pd layer to improve corrosion resistance. For the multilayer Au/Ni/Cu conductor with a thin Au layer, the Au layer quickly dissolves into a molten Sn-base solder during soldering, and then the Ni layer is contacted with the solder. As a consequence, the Ni layer is directly reacted with the solder during solid-state energization heating. In order to examine the growth behavior of compounds by the solid-state energization heating, kinetics of the solid-state reactive diffusion between various Sn- X alloys ($X = \text{Ni}, \text{Cu}, \text{Ag}, \text{Zn}$) and conductor metal M ($M = \text{Cu}, \text{Ni}$) was experimentally observed using sandwich (Sn- X)/ M /(Sn- X) diffusion couples. The diffusion couples were prepared by a diffusion bonding technique, and then isothermally annealed in an oil bath at temperatures of 433–473 K for various times. The microstructure of the annealed diffusion couple was observed by differential interference contrast optical microscopy, and the chemical composition of each phase was measured by electron probe microanalysis. The observation indicates that the addition of Cu, Ag or Zn into Sn accelerates the compound growth for the reactive diffusion between the Sn- X alloy and Ni. Such an acceleration effect of the alloying element was recognized also for the reactive diffusion between the Sn-Ni alloy and Cu. In contrast, the addition of Ag into Sn hardly affects the compound growth for the reactive diffusion between the Sn-Ag alloy and Cu. These experimental results provide essentially important information on evaluation of reliability for electronic equipments.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (Eng 1 ish) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).