



Title	Influences of Interface Intermetallic Compound Growth and Oxidation on Growth of Sn and Zn Whiskers
Author(s)	Alongcheng
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/58361
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	アロン・ハーハン
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学 位 記 番 号	第 24556 号
学 位 授 与 年 月 日	平成23年3月25日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当
	工学研究科知能・機能創成工学専攻
学 位 論 文 名	Influences of Interface Intermetallic Compound Growth and Oxidation on Growth of Sn and Zn Whiskers (SnおよびZnウイスカ発生に及ぼす界面金属間化合物成長と酸化の影響)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教授 菅沼 克昭 (副査) 教授 掛下 知行 教授 南埜 宜俊 教授 安田 秀幸 教授 浅田 稔 教授 中谷 彰宏 教授 平田 勝弘

論文内容の要旨

With the removal of Pb and with the trend of downsizing electronic devices, the distance of fine pitch electrodes becomes narrower. There is an urgent need to solve the formation of whisker problem. This dissertation focused on whisker growth mechanisms for the electronic materials, i.e., Sn-Ag-Cu solder, electroplated Zn coating, and pure Sn and Sn-rich alloy coatings. It was intended to elucidate the mechanism of whisker growth, to clarify how the stress in the coating resulting in whisker formation, to establish some effective mitigation strategy, and to examine a new method of stress measurement for the coatings.

Firstly, focusing on the whisker growth behavior for Sn-Ag-Cu solder in humid atmosphere, the effects of reflow atmosphere and the flux on Sn whisker growth were investigated at 85 °C/85 % relative humidity (RH). Sn oxides formation enhanced the formation of Sn whiskers from the solder while whisker growth rate increased at the same time of Sn oxidation as increasing the halogen content of flux. An inert N₂ reflow atmosphere completely prevented the Sn whisker formation on Sn-Ag-Cu solder as well as improving the wettability of the solder regardless of flux.

The Zn whisker growth mechanism for an electroplated Zn coating above a carbon steel substrate was examined. Fe-Zn intermetallic compounds and Zn oxide formation were the source of a compressive residual stress enhancing Zn diffusion to the surface of the coating resulting in the formation of Zn whiskers.

In the last part, alloying effects was focused. Sn whisker growth behavior, over periods of time up to 14,520 h at room temperature, was examined for Sn, Sn-Cu, Sn-Ag, Sn-Bi and Sn-Pb coatings electroplated on copper. The effects of the alloying elements on whisker formation were clarified. Sn-Ag and Sn-Bi coatings were found to suppress Sn whisker formation as compared with the pure Sn coating, and were even more effective than Sn-Pb coating, whereas whisker growth was enhanced by the addition of Cu. It was found that whisker growth was correlated both with crystal texture of coatings and with the formation

of intermetallic compounds at the junctions between Sn grain boundaries and substrate face. The mitigation effect of Ni underlayer was investigated. The relationship between intermetallic compound growth and the stress in Sn coating was clarified by a quantitative analysis. It was found that intermetallics growth rate and shape are two of the key factors on Sn whisker growth in room temperature storage. Ni underlayer effectively mitigated the formation of Sn whisker. In addition, flexure beam method, a simple but accurate method of real-time stress measurement, was also examined.

論文審査の結果の要旨

実装の鉛フリー化ではSn-Ag-Cu系合金が主要はんだとして定着し、今日、新たな技術の方向としてより一層の高信頼性が要求されている。高信頼性化における重要課題がめっき部品に生じるウイスカであり、この問題は鉛フリー以前からの長年の実装における懸念事項でもあった。ウイスカは多くの金属Sn、Zn、Cdなどで形成されるが、未だにメカニズムは系統的には理解されていない状況で、本研究では代表的なウイスカ発生現象に着目し、発生メカニズムの解明、及び、その抑制策開発を目的としている。その結果として、以下の成果が得られている。

(1) Sn-3wt%Ag-0.5wt%Cuの腐食によるウイスカの発生メカニズムを調べ、はんだの腐食とウイスカ発生に及ぼす実装雰囲気及びハロゲン成分の活性剤濃度を変化させたフラックスの影響を評価し、ハロゲンフリー フラックスと窒素雰囲気が腐食を抑制し、Snウイスカの発生を抑制することを明らかにしている。

(2) Znめっき鋼板から発生するZnウイスカに着目し、室温におけるZnウイスカの発生及びそのメカニズムを調べ、Znめっき膜にはFe-Zn系金属間化合物と亜鉛の酸化物が形成し、この生成物がめっき膜内の圧縮応力の要因となりZnの拡散を促進し、ウイスカの発生を促すことをはじめて解明している。

(3) 室温におけるSnウイスカの成長に対して合金化の影響を調べ、Ag、Bi元素を添加した合金めっきは、Snウイスカ抑制効果が顕著なことを明らかにしている。合金元素の添加によってめっき結晶構造や基板との界面組織は大きく変化する。Sn-Cu合金めっきは、膜組織が細い柱状結晶粒構造となり、粒界に多くの金属間化合物が形成されるが、ウイスカ発生は抑制できない。一方、Sn-Ag合金めっきは、微細な等軸晶組織となり、ウイスカを顕著に抑制する。Sn-Bi合金めっきは、界面化合物が微細化し、一様に分布する。

(4) レーザー顕微鏡を用いた新手法を開発し、界面に形成する金属間化合物の成長を定量化している。これを利用して、ウイスカ発生に及ぼすSnめっき/Cu界面に形成する金属間化合物形成の影響を定量評価している。

(5) Ni下地めっきの効果を調べ、界面に形成する金属間化合物の成長形態がNi下地無し野場合と大きく変化することを明らかにし、Ni下地したSnめっきのウイスカ抑制効果が著しいことを検証している。

(6) 曲げ試験片(Flexure beam)法で応力測定を確立し、X線による応力測定と比較し、良い合致を見いだしている。さらに、めっき膜応力に及ぼす化合物の影響を検証し、開発したFlexure beam法が簡易で優れた精度の応力測定システムであることを証明した。

以上のように、本論文は鉛フリー化におけるウイスカ発生に関する基礎メカニズム解明に取り組み、腐食の影響、合金化によるウイスカ抑制効果、さらに、界面化合物の成長の定量化とウイスカ成長への影響評価をおこなっている。また、開発したFlexure beam法が簡易で優れた応力測定を実現し精度が高く、めっき製造におけるウイスカ発生評価に優れたツールとなることが期待される。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。