

Title	Tin whisker growth mechanism and mitigation for lead-free electronics
Author(s)	Jo, Jung-Lae
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/26202
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

[題 名] Tin whisker growth mechanism and mitigation for lead-free electronics
(鉛フリー電子実装技術における錫ウィスカ成長メカニズムの解明とその抑制)

学位申請者 趙 亭來

Snウィスカは、純SnあるいはSn合金の表面からひげ状に発生し、成長するSnの結晶である。長く成長したSnウィスカは、電子・電気機器の回路を短絡させることで信頼性を低下させる原因となっている。Snウィスカは、内部や外部から発生する圧縮応力により成長することが知られている。SnはんだやめっきにPbを添加することにより、Snウィスカをある程度抑制できているが、その発生と成長メカニズムに関しては未だ解明されていない。さらに、2006年7月1日に施行されたEU(欧州連合)のRoHS指令において、電子・電気機器にPbを使用することが禁止された。それに従って、PbフリーSn系のはんだやめっきが活発に研究されているが、再びSnウィスカの問題が台頭している。これらの背景から、現在、Snウィスカの成長メカニズムや抑制方法が改めて注目されている。

本研究では、Pb微量添加による室温Snウィスカ発生の抑制と組織的特徴を調査することで未だに解明されていないウィスカの発生メカニズムや抑制方法に対し検証した。

初めに、Cu基板上の純SnめっきとSn-Pbめっき試料を準備し、それぞれの界面で金属間化合物(IMC)の成長を比較した。純Snでは、粒界に沿ってIMC成長が見られるが、わずか1%のPb添加されたSn-Pbでは、Pbが粒界に存在していることにより、界面に均一なIMC成長を確認した。これにより、純Snの表面にはウィスカが発生したが、Sn-Pbの表面には一年間の常温放置では、ウィスカが発生しなかった。この結果から、微量のPb添加でもウィスカの抑制に与える影響を解明するとともに、Pbの役割に代わる代替金属を提案した。

次に、めっきの厚さにより異なるウィスカ成長について確認するために熱サイクル実験を実施した。また、近年の宇宙開発ミッションの重要性から、真空中と大気中で熱サイクルによるウィスカの発生を分析した。ウィスカ成長の速度と形には、表面の酸化状態が深く関係し、真空中では細く長く、大気中では太く短く成長する。

最後に、上記の研究を基にBiを微量添加したSn-Biめっきを用いてウィスカ抑制を様々な環境下で検討した。電子機器が置かれている厳しい環境を考慮し、①室温放置②高温高湿③熱サイクル④外部応力付加、の四つの環境下でウィスカ抑制効果を実現した。さらに、ウィスカ抑制に必要なBiの最小添加量を明らかにした。

上記の3点を検討することにより、ウィスカの発生メカニズムや抑制方法を検証した。本研究の成果は、PbフリーSn系のはんだやめっきからウィスカを抑制することが可能になった。さらに、Bi以外の代替材料の研究促進にも期待できる。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (趙 亭 來)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	菅沼 克昭
	副 査	教授	南埜 宜俊
	副 査	教授	平田 勝弘
	副 査	教授	中谷 彰宏
	副 査	教授	浅田 稔
	副 査	准教授	能木 雅也
	副 査	特任准教授	長尾 至成

論文審査の結果の要旨

Sn ウィスカは、純 Sn あるいは Sn 合金の表面から針状に発生し成長する Sn の結晶である。長く成長した Sn ウィスカは、電子・電気機器の回路を短絡させ、機器の信頼性を大きく低下させる原因となっている。Sn ウィスカは、めっき内部で生じる組織変化や外部加圧などで発生する圧縮応力により成長することが知られているが、はんだやめっきに Pb を添加することにより、Sn ウィスカ形成をある程度抑制されてきた。一方で、その発生と成長メカニズムに関しては未だ解明されておらず、電子・電気機器の Pb フリー化により再び、Sn ウィスカの問題が浮かび上がった。そこで本研究では、Pb 微量添加による室温 Sn ウィスカ発生組織的特徴を調べ抑制メカニズムを理解することで、Pb フリー実装技術における Sn ウィスカ抑制策を提案し、以下の成果を得た。

純 Sn めっきと Sn-Pb めっきの Cu 基板との界面における金属間化合物 (IMC) の成長を比較した。純 Sn では、Cu 基板に接する Sn 粒界に沿って IMC 成長が見られるが、わずか 1% の Pb 添加された Sn-Pb めっきでは Pb が粒界に存在し、Cu 基板との界面に均一な IMC が成長する。純 Sn の表面にはウィスカが発生するが、Sn-Pb めっきの表面には一年間常温放置されてもウィスカが発生しない。1% 程度の微量の Pb 添加でも Pb が粒界偏析し、ウィスカ抑制に寄与する。

42 アロイ上の Sn めっきからの温度サイクル条件下のウィスカ成長では、めっきの厚さによりウィスカ発生・成長の様子が大きく異なる。めっき厚さが 5 ミクロン程度の厚いめっきでは、太く湾曲した短いウィスカが成長するが、2 ミクロン程度の薄い Sn めっきでは、細く長く直線的に成長する。

温度サイクル条件でのウィスカ成長に及ぼす雰囲気の影響は大きく、大気中では湾曲した短いウィスカが成長するが、真空中では直線的なウィスカが長く成長する。ウィスカ成長に及ぼす雰囲気の影響は、Sn めっき表面の酸化状態と粒界割れが大きく影響する。

Bi を微量添加した Sn-Bi めっきでは、室温放置、高温高湿、温度サイクル、外部応力付加のいずれの環境下でもウィスカ抑制効果が見られる。その抑制メカニズムは、Pb 添加の場合と同様である。

以上のように本論文では、電子機器のはんだ付け実装において信頼性へ大きな影響を及ぼすウィスカの発生メカニズムや抑制方法を検証し、そのメカニズムが Sn 粒界の変化や酸化であることを明らかにし、さらに、Bi を微量添加することでウィスカ発生を抑制することが可能であることも解明した。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。