The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

| | |
|---|---|
| Title | 機械的応力により発生・成長するSnウィスカにおける発生・成長要因と結晶方位の関係性 |
| Author(s) | 水口, 由紀子 |
| Citation | 大阪大学, 2013, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/27523 |
| rights | |
| Note | |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

【114】

| | |
|---|---|
| 氏　　名 | 水　口　由紀子（みずぐち　ゆきこ） |
| 博士の専攻分野の名称 | 博　士（工学） |
| 学　位　記　番　号 | 第　２６１８０　号 |
| 学位授与年月日 | 平成25年３月25日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第４条第１項該当<br>工学研究科知能・機能創成工学専攻 |
| 学　位　論　文　名 | **機械的応力により発生・成長するSnウィスカにおける発生・成長要因と結晶方位の関係性** |
| 論文審査委員 | （主査）<br>教　授　菅沼　克昭<br>（副査）<br>教　授　掛下　知行　　教　授　平田　勝弘　　教　授　中谷　彰宏<br>教　授　南埜　宣俊　　教　授　浅田　　稔　　教　授　安田　秀幸 |

## 論文内容の要旨

機械的応力により発生・成長するSnウィスカについて、周囲の結晶粒との結晶方位関係を調べることにより、Snウィスカの発生・成長メカニズムと抑制策に対する知見を得ることを目的とし、本研究を行なった。博士論文は、第1章 緒論、第2章～第4章は研究結果、第5章 総括、参考文献、研究業績、謝辞とした。以下に、本研究（第2章～第4章）で得られた知見をまとめる。

第2章では、機械的応力によるSnウィスカの発生と結晶方位の関係性を見出すため、Snウィスカが多発するSn–Cuめっきを試料として用い、SEM（走査型電子顕微鏡）による形態観察、および EBSD（後方散乱電子線回折図形）による結晶方位解析を行なった。その結果、Sn–Cuめっきに機械的応力を付与すると、再結晶化や結晶粒成長により粗大な結晶粒が形成され、またSnの双晶も形成されることが明らかとなった。機械的応力により発生・成長するSnウィスカは、多くの場合、この新たに形成された双晶粒から、応力によるひずみを緩和するために、発生・成長すると結論された。

第3章では、Snウィスカの成長過程における屈曲・湾曲部の形成と結晶方位の関係性を見出すため、Sn–Cuめっきを試料として用い、SEM、EBSD、TEM（透過型電子顕微鏡）の手法を用いて、結晶方位の観点から屈曲や湾曲部の解析を行なった。その結果、Snウィスカは、30°未満、約60°、約90°など、特定の角度で屈曲や湾曲する場合が多いことがわかった。また、Snウィスカの屈曲部や湾曲部は、双晶や多結晶となっていることもはじめて実験的に示された。屈曲部や湾曲部の角度と双晶や多結晶部分の結晶方位との関係から考察すると、Snウィスカの屈曲部や湾曲部が形成される要因は、双晶変形やすべり変形などの塑性変形によるものであると結論された。

第4章では、Snウィスカが抑制されたSn–Ag–CuめっきとSnウィスカが多発するSn–Cuめっきについて、SEM、EBSDによる解析により微細構造を比較し、Snウィスカの発生・成長を抑制するための微細構造について考察した。リフロー処理を行なったSn–Ag–Cuめっきは、機械的応力を38日間付与後もSnウィスカが未発生であった。解析の結果、このSn–Ag–CuめっきのSn結晶粒は、μm 径の柱状晶を有しておらず、Snウィスカが多発するSn–Cuめっきに比べて粗大であった。また、機械的応力を38日間付与した後も、微細構造の変化は認められなかった。本研究の結果から、Snウィスカを抑制するためには、柱状ではないSnの結晶構造を構築することが必要であり、その1つの解決策は、粗大な結晶粒を有し、機械的応力による微細構造変化（双晶変形を含む）が起きにくいめっき構造を構築することである。リフロー処理を行なったSn–Ag–Cuめっきは、Snウィスカが抑制されためっきも最も

良い例の1つと結論された。

## 論文審査の結果の要旨

鉛フリーSn系めっきを施したコネクタとフレキシブルプリント基板などの電子部品の嵌合部において、機械的応力によりSnウィスカが発生・成長し、電子・電気機器の回路を短絡させることが問題となっている。機械的応力により発生・成長するSnウィスカは、常温で自然発生するSnウィスカに比べて成長速度が2桁以上速いことから、特異なメカニズムで発生・成長すると推察される。しかし、そのメカニズムは十分には理解されておらず、Snウィスカの成長を抑制するための抜本的な対策が必要とされた。そこで本研究では、Snウィスカが多発するSn-Cuめっきを試料として用い、Snの結晶方位が機械的応力型ウィスカの発生・成長におよぼす影響を詳細に観察し、以下の成果を得た。

1） 機械的応力を掛けたSn-Cuめっき試料のSEM観察及びEBSD結晶方位解析により、再結晶化や結晶粒成長により粗大な結晶粒が形成され、またSnの双晶が形成される。双晶は主として〔301〕双晶であり、その数は応力付与前の約20倍に増加する。Snウィスカは、新たに形成された双晶粒からひずみを緩和するために、発生・成長する。

2） Snウィスカの成長過程における屈曲・湾曲部の結晶方位の解析から、30°未満、約60°、約90°など、特定の角度で屈曲や湾曲する場合が多い。Snウィスカの屈曲部や湾曲部は、双晶や多結晶を形成する。Snウィスカの屈曲部や湾曲部が形成される要因は、双晶変形やすべり変形などの塑性変形によるものである。

3） Sn-Ag-Cu めっきは Sn ウィスカが抑制されることを見出した。その原因を理解するため Sn ウィスカが多発する Sn-Cu めっきとの比較を行った結果、両者の結晶粒微細構造に差があることが明らかになった。Sn-Ag-Cu めっきの Sn 結晶粒は柱状晶を有せず、Sn ウィスカが多発する Sn-Cu めっきに比べて粗大である。

4） リフロー処理により、Sn-Ag-Cu めっきは、機械的応力を 38 日間付与した後も結晶粒など微細構造の変化は認められず、ウィスカの発生がほとんど認められない。ウィスカを抑制するためには、粗大な結晶粒を有し機械的応力による微細構造変化が生じにくいめっき構造を構築することが望ましい。リフロー処理を行なった Sn-Ag-Cu めっきは、ウィスカが抑制されるめっきの最も良い例である。

以上のように、本論文は、これまでほとんど理解されてこなかった機械的応力が付加された場合に発生する Sn ウィスカについて、発生・成長メカニズムに関する金属学上の基礎的知見を与えている。特に、機械的応力付加に伴う Sn 結晶粒の微細構造変化が双晶変形を伴い、この双晶発生がウィスカ発生・成長に伴うことが明らかにされている。さらに、機械的応力付加によるウィスカ発生を避けるためには、粗大な結晶粒形成が効果的であることも示され、電子・電機産業におけるウィスカ問題解決への貢献も大きいと期待される。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。