

鉛フリーはんだの腐食によるウイスカの発生について

株式会社日本スペリア社
国内営業部 東京営業所
山崎 順司

1. はじめに

2006年7月1日から欧州・特定物質不使用関連法として施行されたRoHS指令に伴い、実装業界では急速に鉛フリーはんだへの移行が進んだ。しかし、Sn-Pb共晶はんだと比べて、鉛フリーはんだの各種使用性能は各はんだ組成によって大きく異なることから、引け巢や作業性、はんだ槽のステンレスや基板の銅箔食われ、衝撃や振動に対する脆弱性、鉛を加えることである程度抑制されていたSnウイスカなど、様々な課題が発生してきた。

2009年7月の『JEITA鉛フリー化活動成果報告会2009』の『ウイスカ防止技術開発』プロジェクトにおいて、『各種環境下で電子部品のSnめっき、はんだ付け部位から発生するウイスカの発生メカニズムを解明し、抑制策、シミュレーション技術、信頼性の評価技術と評価基準を確立する』とされた。その中で、はんだについては『基板実装はんだの高温高湿環境試験で、ウイスカの発生条件を導き開発対策技術を検証としている。その具体的な目標値は『85°C/85%RH保持で、1000hまで50μm以下にSnウイスカ発生を抑制』となっている。

本研究では、このJEITAの技術目標を基にして、Sn-0.7Cu-0.05Ni+Ge(以下SCNG)とSn-3.0Ag-0.5Cu(以下SAC305)はんだについて、こて付、ディップ、リフローの3工法によりはんだ付を行った試料を高温高湿試験にかけ、環境・工法・はんだ表面積・フラックス等によるウイスカの発生開始時間に及ぼす影響について調べた。また、はんだ断面腐食率とウイスカ発生との関係について調査を行い、85°C/85%RHにてウイスカ発生開始1000h以上に対応できる対策案について考察した。

2. 試験条件

2.1. はんだ合金とフラックス

それぞれのフラックスとはんだ合金、工法との組み合わせをTable 1に示す。なお、Eはやに入りはんだ用ハロゲンフリーフラックスで、Eを除くフラックスは全てハロゲン入りフラックスである。

Table 1 はんだ合金・フラックス材料

| 合金 \ 工法 | こて付 | ディップ | リフロー |
|---------|---------------|------|------|
| SCNG | A, B, C, D, E | F, G | H |
| SAC305 | A, B, C, I, J | F, G | H, K |

2.2. 試験基板とはんだ付工法

試験基板はFig.1に示すくし型電極基板を用いた。

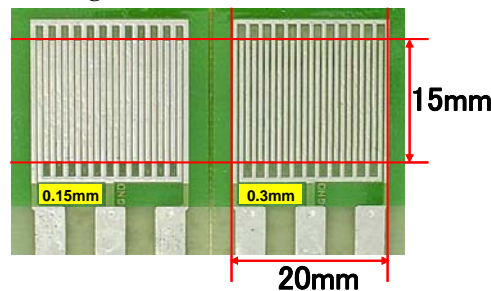


Fig.1 くし形電極基板

- ・導体材質: Cu
- ・導体厚さ: 35μm
- ・導体本数: 25本
- ・くし形サイズ: 15mm×20mm

試験基板のはんだ付は、こて付、ディップ、リフローの3通りの工法で以下の条件で行った。

- ・こて付 こて先温度300°Cで流しはんだ付
- ・ディップ 250°Cの静止はんだ槽に5秒間浸漬
- ・リフロー (リニアプロファイル)
昇温温度: 1.5°C/sec、ピーク温度: 240°C
保持時間: 227°C 50秒

2.3. 環境条件・確認項目・測定条件

40°C/95%RH、60°C/90%RH、85°C/85%RHの3通りの高温高湿試験にかけ、一定時間毎に金属顕微鏡(×200倍)で腐食によるウイスカの発生時間と最大長を測定した。また、SEMによる断面観察で、はんだ断面腐食率の測定を行った。

ウイスカは主にはんだ表面積の小さい銅箔側面と、はんだ表面積の大きい銅箔上面の端部から発生する。よって、この両面の腐食やウイスカの状況を調べた。また、ウイスカの測長方法は、長さは平面投影長とし、屈曲している場合はそれぞれの屈曲部位の長さを測定し合算した。

はんだ断面腐食率の計算方法は、Fig.2のように、はんだの全体面積(A)から金属間化合物の総面積(B)を引いたC(C=A-B)で、腐食部の総面積(D)を割ることによって求めた。

$$\text{腐食率(\%)} = \frac{\text{腐食部 総面積(D)}}{\text{全体面積(A)} - \text{金属間化合物 総面積(B)}} \times 100$$

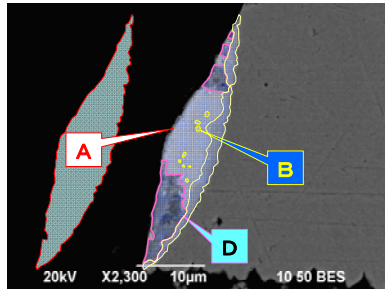


Fig.2 はんだ断面腐食率

3. 試験結果

3.1. 環境条件によるウスカの発生

ハロゲン入りフラックスを用いたディップにおける、3つの環境条件によるウスカ発生開始時間をまとめると Fig.3 になった。

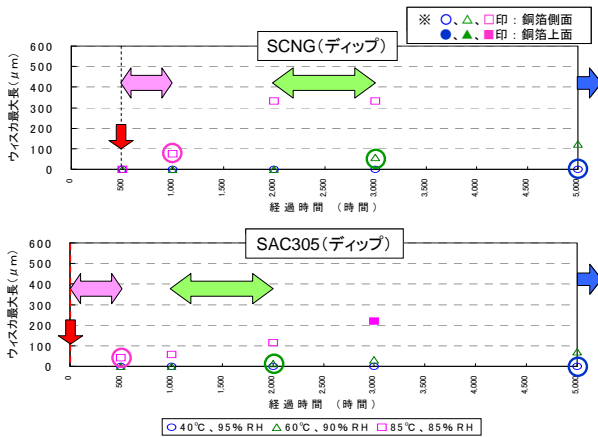


Fig.3 環境条件によるウスカの発生

各はんだ合金のウスカ発生開始時間が早い方を見ると、ウスカ発生開始時間は、85°C/85%RH (~500h) に対して、60°C/90%RH(1000~2000h)で約3倍、40°C/95%RHで約10倍以上となった。また、ディップにおけるはんだ平均腐食率とウスカ最大長の関係については Fig.4 になった。はんだ平均腐食率とウスカ最大長は環境条件が一定の時、相関関係にあると考えらる。

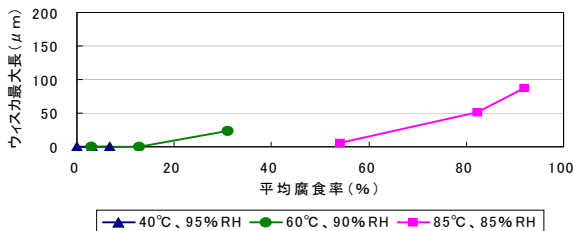


Fig.4 はんだ断面平均腐食率とウスカ最大長
SAC305(F) / ディップ(銅箔側面)

SCNG の 85°C/85%RH では、1000h で端部から部分腐食が始まり、3000h で最大腐食率が 100%なのに対し、60°C/90%RH では3000h で端部から部分腐食していた。40°C/95%RH でも、3000h で端部から部分腐食していた

が、60°C/90%RH の 3000h よりさらに腐食率は低くなっており、各環境で大きな差があることが分かった。そして、各環境条件における 3000h までのはんだ腐食率を比較を Fig.5 に示す。

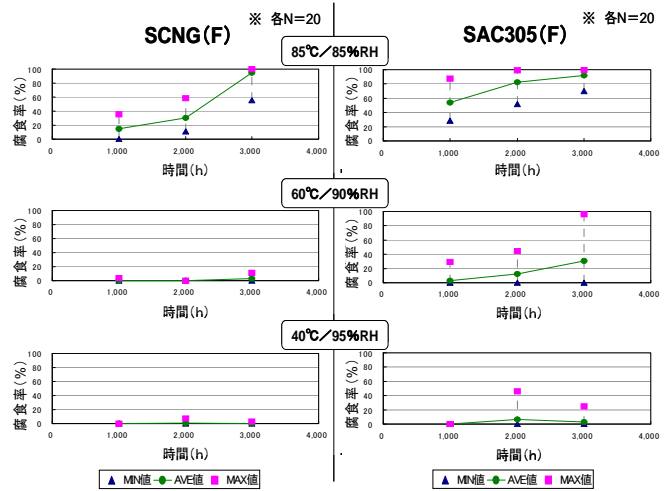


Fig.5 各環境条件におけるはんだ腐食率

ハロゲン入りフラックス/ディップ(銅箔側面)

SCNG では、40°C/95%RH と、60°C/90%RH に比べ 85°C/85%RH は腐食率が高くなっていることが分かる。また、SAC305 でも同様な傾向だが、どの環境条件においても SAC305 は SCNG よりも腐食率が高くなっている。

3.2. はんだ付け工法によるウスカの発生

ハロゲン入りフラックスを用いた各はんだ付け工法によるウスカの発生開始時間をまとめると Fig.7 になった。

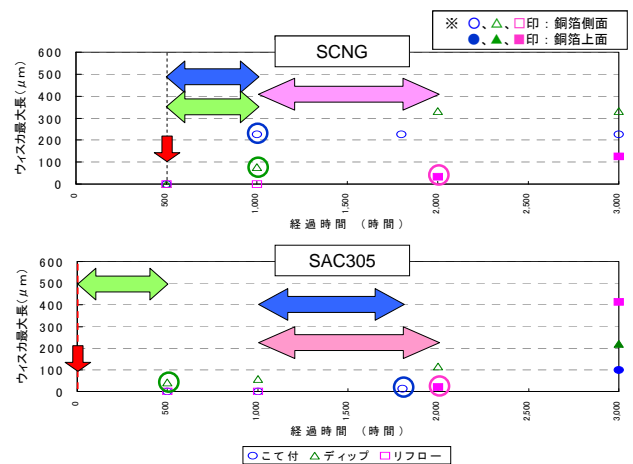


Fig.7 はんだ付け工法によるウスカの発生
ハロゲン入りフラックス

各はんだ合金のウスカ発生開始時間が早いほうを見みるとディップでは 500~1000h までの間、こて付では 500h~1000h または 1000~1800h までの間リフローでは 1000h から 2000h までの間となった。また、85°C/85%RH における各はんだ付け工法のウスカ発生開始時間は、

早い順にディップ（1倍）、こて付(約1.5倍)、リフロー（約3倍）で、ディップのSAC305が500時間でウイスカが一番早く確認され、こて付やリフローでは1000時間から2000時間でウイスカが確認された。

3.3. はんだ表面積によるウイスカの発生

電極電位が異なる金属が接触し、それに電解質溶液が存在すると卑な金属が腐食される現象をガルバニック腐食（異種金属接触腐食）という。貴な金属の表面積（A）に対して卑な金属の表面積（B）が相対的に小さいほど腐食の程度が大きくなる。本研究におけるはんだ付の場合、貴な金属は銅（基板銅箔）、卑な金属は錫（はんだ中）に、電解質溶液はフラックスにあたる。

はんだ表面積とはんだ腐食率の関係を 85°C/85%RH でまとめると Fig.8 になった。

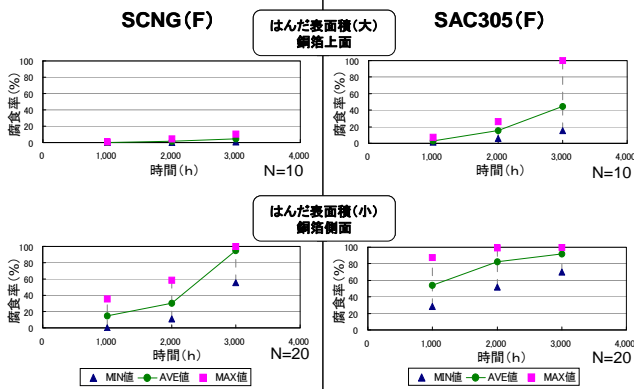


Fig.8 はんだ表面積とはんだ腐食率の関係

ハロゲン入りフラックス/ディップ(85°C/85%RH)

SCNGにおいて、はんだ表面積が大きい銅箔上面は、3000時間でも腐食率が低い傾向にある。一方、はんだ表面積が小さい銅箔側面は、3000時間で腐食率が90%を越えている。SAC305でも同様の傾向が見られる。よって、はんだ表面積が大きい銅箔上面に比べ、はんだ表面積が小さい銅箔側面の方が腐食率が高く、腐食速度も速くなる結果となった。

3.4. フラックス中のハロゲンとウイスカの発生

こて付の85°C/85%RHにおいて、ハロゲン入りSCNG(A)は500~1000hにてウイスカが発生したのに対し、ハロゲンフリーSCNG(E)は3000~4000hにてウイスカが発生した。よって、SCNG(E)は、SCNG(A)よりウイスカ発生開始時間が約5倍遅いことが分かった。また、こて付におけるフラックスによるはんだ腐食率はFig.9で示すとおり、SCNG(E)は1000h、2000hで殆ど腐食がみられず、SCNG(A)と比較して腐食率が低くなっていることが分かった。

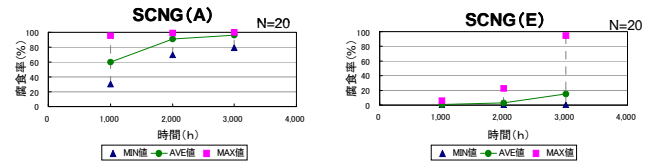


Fig.9 フラックスとはんだ腐食率の関係
こて付(85°C/85%RH)

4. 考察

はんだ表面にフラックス残渣と水分が存在する事によって、はんだ表面が均一腐食される。それとは別に、異種金属であるSnとCuが接触している部分にフラックス残渣と水分が存在することによって、ガルバニック腐食が生じる。これら2つの腐食は、高温環境下で進行が加速されるが、フラックスの違いにより腐食の進行速度に差があり、ハロゲン入りフラックスの場合は腐食が早く、ウイスカ発生開始時間も早くなる。一方、ハロゲンフリーフラックスの場合は腐食が遅く、ウイスカ発生開始時間も遅くなると考えられる。

5. まとめ

腐食によるウイスカ発生条件の結果を図にまとめたものを Fig.10 に示す。

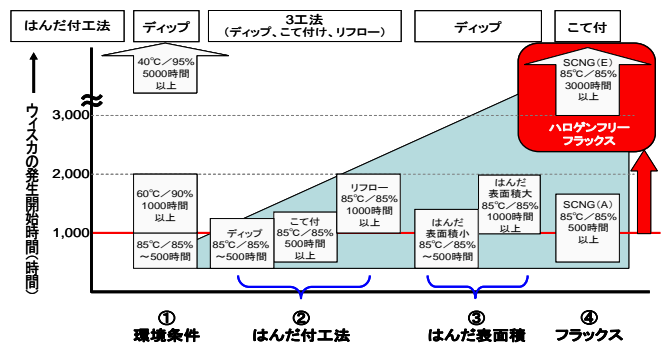


Fig.10 腐食によるウイスカ発生条件

はんだ付工法、はんだ表面積による違いはウイスカの発生開始時間に大きな差がなかったが、フラックスによる違いでは大きな差があることが分かった。腐食速度が遅いハロゲンフリーフラックス SCNG(E)は、85°C/85% RH 1000H のウイスカ対策（案）として、有効であると考えられる。

但し、各種ハロゲンフリーフラックスやプリント基板の箔、及び部品の電極やリード材料との組合せによるウイスカ発生については検討が必要である。

6. 参考文献

増田純也：INJセミナー、鉛フリーはんだの腐食とウイスカ発生防止に関する対策案（2010）