

電着すず薄膜におけるウィスカーの成長におよぼす 内部応力の役割と材料特性との関連

名城大学[院] ○島田大輔

名城大学[院]

上野裕美

名城大学 田中啓介

名城大学

来海博央

Role of Internal Stress of Material Characteristics in Whisker Growth of Electrodeposited Tin Thin Films

Daisuke SHIMADA, Hiromi UENO, Keisuke TANAKA and Hirohisa KIMACHI

1 緒 言

近年, RoHS 指令による鉛フリー化に伴い Sn ウィスカーの問題が多発しており、その防止が課題である。本研究では電着すず薄膜におけるウィスカーの成長におよぼす内部応力の役割について検討した。

2 実験方法

2.1 試験片作成

実験は Table 1 に示した 8 種の試験片を作成した。

基板は $1.2 \times 10 \times 70 \text{ mm}^3$ の無酸素銅 (C1020) 板を使用した。基板表面は耐水研磨紙 #2000 まで研磨した。試験片の片面に絶縁処理を施し、めっきは片面にのみに行った。

Sn-Cu めっきには有機スルホン酸光沢浴を使用した。平均電流密度は 15 A/dm^2 、浴温は 20°C とした。膜厚は $2.52 \mu\text{m}$ 、 $22.7 \mu\text{m}$ とした。NU-2, NU-22 では Sn 膜厚 $2.52 \mu\text{m}$ 、 $22.7 \mu\text{m}$ でめっき後ポストバーク処理を行わず、室温保持した。

U-2, U-22 では銅基板上に Sn-Cu めっきを行う前に下地として Ni めっきを行うことでウィスカーの発生を防ぐ報告がある。そこで Ni 下地めっきを行った。Sn 膜厚は $2.52 \mu\text{m}$ 、 $22.7 \mu\text{m}$ の 2 種類行った。Ni めっきにはスルファミン酸普通浴を使用した。平均電流密度は 2.5 A/dm^2 、浴温は 55°C とし、膜厚は $1.54 \mu\text{m}$ とした。

NU-2-PB, NU-22-PB では高温下に数時間置くことで金属間化合物 Cu_3Sn が形成され、金属間化合物 Cu_6Sn_5 の発生を防ぐ報告^{3) 4)}がある。そこでポストバーク処理を行った。Sn 膜厚は $2.52 \mu\text{m}$ 、 $22.7 \mu\text{m}$ の 2 種類行い、めっき直後に 150°C で 1h 加熱した後、室温保持した。

U-2-BDR, U-2-BDA では先に U-2 の場合、ウィスカーは発生せず、内部応力が引張側に留まる結果を得た。そこで 4 点曲げ試験を行いめっき層内に圧縮応力を導入した。試験片を凸側に曲げて圧縮残留応力を解放し圧縮残留応力を加えたもの (U-2-BDR)、凹側に曲げて圧縮負荷応力を保持したもの (U-2-BDA) の 2 種類を行った。曲げにおいてはめっき面に対して裏側にひずみゲージを貼付け、0.3% のひずみを負荷した。

2.2 X 線応力測定

内部応力の測定には平行ビーム光学系を有する X 線回折装置 (島津製作所製 XD-D1) を使用し、 $\text{CrK}\alpha$ 線による Sn (312) 回折を測定した。回折角は $2\theta = 143.96^\circ$ であり、 $2\theta = 141^\circ \sim 147^\circ$ を測定した。内部応力の測定には $\sin^2\psi$ 法を

Table 1 Specimen preparation conditions.

Specimen No.	Sn film thickness	Ni undercoat thickness	Treatment
NU-2	$2.52 \mu\text{m}$	-	-
NU-22	$22.7 \mu\text{m}$	-	-
U-2	$2.52 \mu\text{m}$	$1.54 \mu\text{m}$	-
U-22	$22.7 \mu\text{m}$	$1.54 \mu\text{m}$	-
NU-2-PB	$2.52 \mu\text{m}$	-	Postbake
NU-22-PB	$22.7 \mu\text{m}$	-	Postbake
U-2-BDR	$2.52 \mu\text{m}$	$1.54 \mu\text{m}$	Bending
U-2-BDA	$2.52 \mu\text{m}$	$1.54 \mu\text{m}$	Bending

用い、 $\sin^2\psi = 0.2 \sim 0.7$ を 0.1 刻みした 6 点で算出した。応力定数 $K = 109 \text{ MPa/deg}$ を用いた。測定間隔はめっき後 2~5h おきとした。

2.3 光学顕微鏡観察

ウィスカー発生時間を調べるために、光学顕微鏡 (ソニック製 BS-D8000 III-T) を用いた。めっき後 2~5h おきに試験片の表面観察を行った。

2.4 SEM 観察

ウィスカーの詳細な観察は、サーマル電界放出形走査電子顕微鏡 (日本電子製 JSM-7000FS) を使用した。めっきから 200h 後にめっき面に対して 45° 傾けた方向から行った。

3 実験結果と考察

3.1 内部応力の変化

Fig. 1 には NU-2, NU-22, U-2, U-22 の内部応力の時間経過に伴う変化を示す。NU-2 ではめっき直後約 -5 MPa の圧縮側であったが、経時的に圧縮が加わり、めっき後 15h で NU-22 と同様の約 $-20 \sim -40 \text{ MPa}$ の圧縮になった。NU-2 では金属間化合物 Cu_6Sn_5 が形成されたため、内部応力に圧縮が導入されたと考えられる。NU-22 ではめっき直後から -30 MPa 程度の圧縮で、ほとんど変化しなかった。これはクリープ変形による応力緩和と金属間化合物 Cu_6Sn_5 による圧縮応力の導入がバランスしたためと考えられる。

U-2 ではめっき直後約 18 MPa の引張側であり、経時的に 0 近傍に応力緩和している。また、U-22 ではめっき直後約 -40 MPa の圧縮側で徐々に応力が緩和している。この原因として、すずめっきのクリープ変形によるものだと考えられる。

Fig. 2 にはポストバーク処理をした場合の結果を示す。

NU-2-PB ではめっき直後約-5MPa の圧縮側、NU-22-PB ではめっき直後約-35MPa の圧縮側にあり、ポストバーク処理後はどちらも約 30MPa の引張側に变化した。この引張応力はポストバーク処理時に銅とすずの熱膨張係数の違いにより形成されたものと考えられる。

Fig. 3 には曲げを加えた場合の結果を示す。U-2-BDR では応力が圧縮導入時約-20MPa の圧縮側から 15h でほぼ 0 に減少し、U-2-BDA では圧縮導入時約-60MPa の圧縮側から 25h でほぼ 0 に減少した。これらの内部応力の減少は時間経過に伴いクリープ変形により応力緩和したためと考えられる。

3.2 SEM 観察

Fig. 4 に、観察されたウィスカーの SEM 像を示す。ウィスカーの形態は、フィラメント (Filament) 型、ノジュール (Nodule) 型、マウント (Mount) 型、コラム (Column) 型の 4 種類に分類することができる。短絡は、フィラメント型のウィスカーが形成されることで生じるとされており、特に問題視されている。

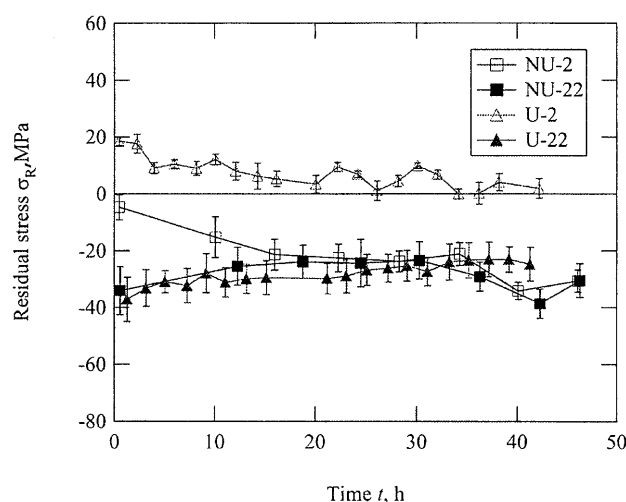


Fig. 1 Change of residual stress in Sn film with time for specimens, NU-2, NU-22, U-2, U-22.

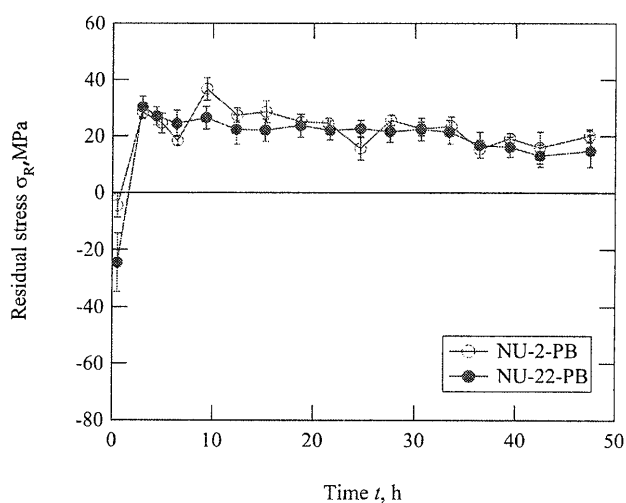


Fig. 2 Change of residual stress in Sn film with time for specimens, NU-2-PB, NU-22-PB.

U-2, NU-2-PB, U-2-BDR ではウィスカーは発生しなかった。NU-2 ではフィラメント型、ノジュール型 (Fig. 3 (a)), NU-22 ではマウント型、ノジュール型 (Fig. 3 (b)), U-22 ではマウント型、ノジュール型 (Fig. 3 (c)), NU-22PB ではマウント型、U-2-BDA ではマウント型のウィスカーが発生した。フィラメント型のウィスカーが確認されたのは、NU-2 の場合のみであった。この原因として膜厚による初期の残留応力の違いなどが考えられるが、さらなる検討が必要である。

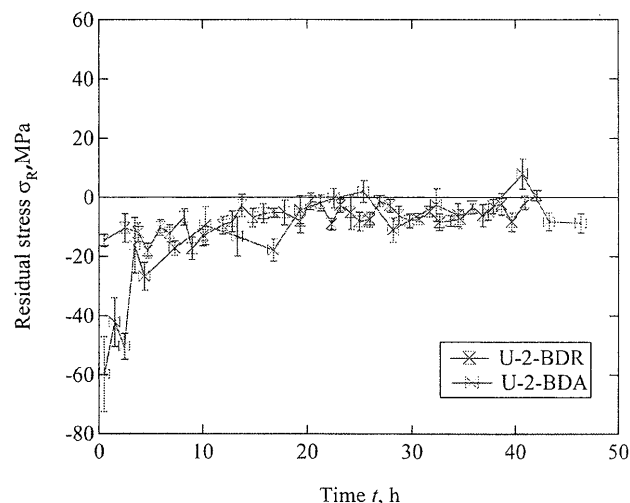


Fig. 3 Change of residual stress in Sn film with time for specimens, U-2-BDR, U-2-BDA.

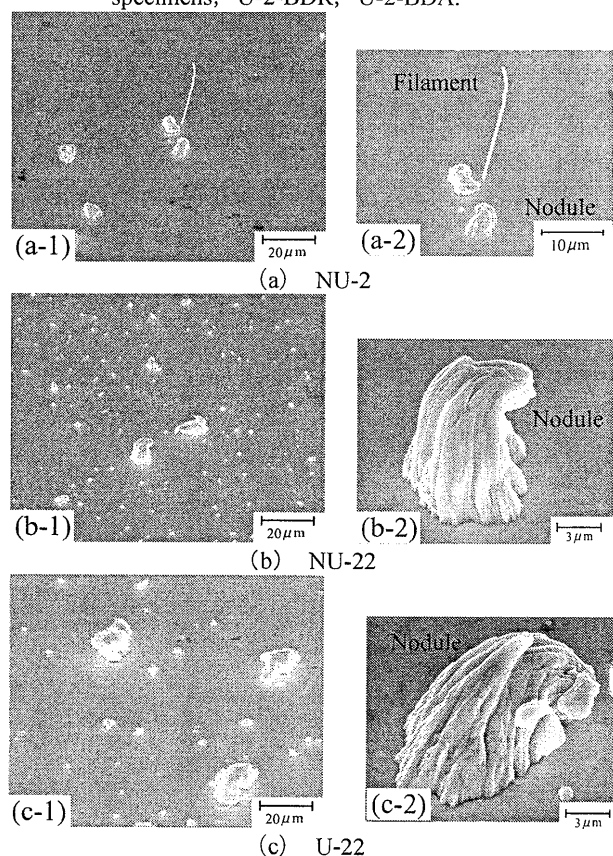


Fig. 4 SEM images of whiskers.