技術資料

Fe-34% Ni リードフレーム合金の開発

矢萩慎一郎*, 山田廣志*, 石田和久*, 寺本智明**, 定光秀弥**
岡村真二***, 片桐祐介***, 横見 仁***

Development of Fe-34%Ni Lead Frame Alloy

Shin-ichiroh Yahagi, Hiroshi Yamada, Kazuhisa Ishida, Tomoaki Teramoto,
Hideya Sadamitsu, Shinji Okamura, Yuusuke Katagiri and Masashi Yokomi

Synopsis

New Fe-34%Ni lead frame alloy has been developed by lowering the nickel content of Fe-42%Ni alloy.

1. Thermal expansion coefficient at 30 to 200°C of Fe-34%Ni alloy is equal to that of the conventional Fe-42%Ni alloy. Therefore, Fe-34%Ni alloy can be molded using the same equipment for Fe-42%Ni alloy.

2. Fe-34%Ni alloy has mechanical properties, corrosion resistance and solderability equal to the Fe-42%Ni alloy.

3. 16-pin DIP ICs were packaged with Fe-34%Ni and Fe-42%Ni lead frame alloys and inspected. In aspects of heat dissipation, corrosion resistance, electrical characteristics, etc., the results showed that there was no significant difference between these two package types in any of the tested items.

1. 緒 言

半導体デバイスのICにはリードフレーム材料としてFe-42% Ni合金が広く用いられている¹⁾。その理由として、ダイボンディング工程においてFe-42% Ni合金は線熱膨張係数がSiチップと比較的近く、かつその温度範囲が広いことが挙げられる。かつてダイボンディング方式はチップ裏面(Si)とリードフレームのアイランド部にメ

ッキされたAuとの共晶を利用したAu-Si共晶接合方式であり370°C以上の高温での工程であった。Siチップとの線熱膨張係数の差が大きいと熱応力が働きチップクラックが懸念される。ところが、現在、ダイボンディング工程はAgペーストによる樹脂接着方式が主流となっているため、ダイボンディング温度は従来のAu-Si共晶接合方式の370°C以上に比べて比較的低い温度である200°C内外で対応ができるようになった。また、樹脂封着工程において成形金型は使用するリードフレーム材料の線熱膨張係数を考慮して設計されており樹脂封着温度である180~200°Cの範囲で従来の線熱膨張係数と異なるリードフレーム材料を使用することは不可能である。この2点より、半導体デ

1993年8月11日受付

*大同特殊鋼(株)研究開発本部

**大同特殊鋼(株)知多常鋼工場

***松下電子工業(株)IC事業部

バイス組立工程中のダイボンディング温度および樹脂封着温度の180～200℃の線熱膨張係数がFe-42% Ni合金と同等ならば既存設備を用いてリードフレーム材料の代替が可能となる。

ところで近年、コンピュータを始めとして電子機器の低価格化が要求され、その要求は構成部品の一つであるリードフレーム材にまで及んでいる。この要求に応えるべくFe-42% Ni合金の低廉化を狙いとして高価なNi量の含有量を抑えた低Ni合金の検討を行った。

2. 合金系の選定

Fe-Ni合金のNi量を26～36%の範囲で設定した。Table 1に各試験片の成分の分析結果を示す。Ni以外での成分についてはFe-42% Ni合金と同等である。これらの合金をFig. 1に示す工程により薄板を作成し、1次特性、2次特性について検討した。Fe-Ni合金の線熱膨張係数はNi 36%付近を最小値として、その近傍にてほぼ対称的な値を取り、Ni 42%より低Ni側にFe-42% Ni合金と同等の線熱膨張係数である合金成分が存在する²⁾。よって、30～200℃の線熱膨張係数がFe-42% Ni合金と同等である組成を調査し、Fe-34% Ni合金を開発した。このFe-34% Ni合金は新たな設備投資を不要としかつ、高価なNiの含有量低下により低廉化を可能とした。

2.1 1次特性（物理的性質、機械的性質）

(1) 物理的性質

Fig. 2に各Ni量における30～200℃までの線熱膨張係数と電気比抵抗を示す。線熱膨張係数は

Ni 42%からNiの減少につれて低下し、Ni 36%付近を最小値として、その近傍においてはほぼ対称

Fig. 1. Flow chart of Fe-Ni alloys strip fabrication.

Table 1. Chemical composition of Fe-26～36% Ni and Fe-42% Ni alloys.

	(wt %)					
	C	Si	Mn	P	S	Ni
A	0.006	<0.01	<0.01	0.002	0.001	25.6
B	0.009	<0.01	<0.01	0.001	0.001	27.6
C	0.008	<0.01	<0.01	0.001	0.001	29.7
D	0.009	<0.01	<0.01	0.001	0.001	31.5
E	0.007	<0.01	<0.01	0.001	0.001	33.5
F	0.012	<0.01	<0.01	0.001	0.001	35.7
G	0.011	<0.01	<0.01	0.001	0.001	41.6

Fig. 2. Influence of Ni content on physical properties of Fe-Ni alloys.

Fig. 3. Difference of expansion coefficient between Fe-42% Ni alloy and Fe-26~36% Ni alloy from 160°C to 240°C

である。Fe-42% Ni 合金と30~200°Cの線熱膨張係数が等しいNi量は34%と判断できる。電気比抵抗はNiの減少につれて増加しておりリードフレーム自体の熱放散性の低下が懸念されるがパッケージへの影響は少ないと思われる(後述)。

Fig. 3に各Ni量における合金とFe-42% Ni

合金との熱膨張率の差を示す。30~200°CにおいてNi 34%でほぼ0にすることができ、また、160~240°Cの範囲でFe-42% Ni 合金との熱膨張率の差を0にするNi量は33~35%の範囲となる。

(2) 機械的性質

Fig. 4に硬さ、伸びを示す。硬さは、Fe-42% Ni合金と比較して、HVにて20程度低い。硬さについては工程中の冷間圧延や焼なましの条件により調整が可能であり、この程度の差は問題ないと思われる。伸びはFe-42% Ni合金と同等であり10%程度を示す。Niが30%以下では硬さ、伸びの値とも急激な変化が見られるが、これはマルテンサイト相の生成によるものと思われる。Fe-34% Ni合金は-60℃の低温においてもオーステナイト単相が確認されておりオーステナイト相安定の合金といえる。

2.2 2次特性（はんだ付け性、耐食性）

(1) はんだ付け性

はんだ付け性評価は表面張力法（メニスコグラフ法）にて行った⁹⁾。表面張力法は試験片（ $0.25 t \times 5 w \times 50 l$ ）を一定速度で一定深さまで浸漬し、試験片に作用する力を測定する。Fig. 5にメニスコグラフ曲線を示す。評価方法として、

t_2 ：浸漬開始から、濡れの力が0をよぎるまでの時間

F ：濡れの力の最大値

の値により評価する。 t_2 の時間は値が小さいほど、 F の力は値が大きいほど、はんだの濡れ性が良好といえる。Table 2にFe-34% Ni合金、Fe-42% Ni合金の結果を示す。Fe-34% Ni合金はFe-42% Ni合金と比較して数値的には若干劣るが、目視において十分はんだが母材に濡れており、

Fig. 4. Influence of Ni content on mechanical properties of Fe-Ni alloys.

Fig. 5. Measured curve of surface tension method.

Table 2. t_2 and F values of Fe-34 % Ni alloy and Fe-42 % Ni alloy.

	t_2 (s)	F (gf)
Fe-34 % Ni	1.2	2.4
Fe-42% Ni	1.0	3.0

剥がれ、濡れ不良部がなく有意差は見られない。

(2) 耐食性

耐食性試験は、湿度98%、温度50℃の状態に96 h放置する湿潤試験を行った。Photo. 1に湿潤試験の結果を示す。Fe-34% Ni 合金は Fe-42% Ni 合金と比較して、同等の耐食性を示す。

以上の結果より、Fe-34% Ni 合金は Fe-42% Ni 合金と同等の特性を持っており、Fe-42% Ni 合金に替わり得ると判断できる。よって、実際に IC を組立て、デバイスとしての評価を行った。

3. デバイスとしての評価

3.1 従来の半導体デバイスとの比較

半導体デバイス評価サンプルとしてリード挿入型の DIP18 ピンを用いて次に示す評価項目について評価した。

(1) リードフレーム打ち抜き性及びエッチング性

リードフレーム打ち抜き性及びエッチング性は Fe-42% Ni 合金と同等である。デザイン試験、Ag メッキ厚、外観、耐熱性試験結果も全て良好である。

(2) リード端子加工性及び強度試験

角度 8° の固定金型でベント加工後、リード端子のスプリングバックを測定した。測定結果は Fe-34% Ni 合金の平均値は 1°03'、Fe-42% Ni 合金の平均値は 1°30' であり、リード端子加工性はほぼ同程度である。リード端子強度試験はリード端子先端に 20N の荷重をかけリード端子を 90° 曲げ再び元の位置に戻し、これを破断するまで続ける実験である。破断回数を Fe-34% Ni 合金と Fe-42% Ni 合金とで比較する限りリード端子レベルでの強度的な有意差は認められない。

(3) 封止後のパッケージ位置精度

樹脂封止後のパッケージ位置精度は計算値で max.15.2 μ m、実測値で max.14.8 μ m であり実生産上問題ないレベルである。

Photo. 1. Result of humidity cabinet test.

Table 3. Value of R_{thj-a} (°C/W) of heat dissipation test.

	DIP 18pins	SOP 16pins
Fe-34 % Ni	167.22	278.30
Fe-42 % Ni	168.10	277.89

(4) 熱放散性評価 (飽和熱抵抗値測定)

評価サンプルはリード挿入型として DIP18 ピン及び表面実装型として SOP16 ピンの複数パッケージを選択して測定した。IC の電力印加により発生するジュール熱の放散性を表す量を熱抵抗 (Thermal Resistance 略して R_{thj-a}) と定義し次式で表される。

$$R_{thj-a} = (T_j - T_a) / P_o \quad (^\circ\text{C/W})$$

T_j : 接合部温度 (°C)

T_a : 周囲温度 (°C)

P_o : 印加電力 (W)

2 種類のパッケージでこの熱抵抗を評価した結果を Table 3 に示す。DIP タイプ18ピンでは Fe-34 % Ni 合金は 167.22°C/W、Fe-42% Ni 合金は

168.10℃/Wである。SOPタイプ16ピンではFe-34% Ni合金は278.30℃/W, Fe-42% Ni合金は277.89℃/Wであった。この測定結果からリードフレーム材料変更による飽和熱抵抗値の変化は認められず、DIP18ピン、SOP16ピン共に熱放散性はFe-42% Ni合金使用サンプルと同等である。

(5) 耐食性

半導体デバイスを構成する金属メッキ（ハンダメッキ）を施した金属材料の耐食性を評価する。

試験条件は

試験温度 $35 \pm 2^\circ\text{C}$,

塩水濃度（重量比） $5 \pm 1\%$,

試験時間24 h,

噴霧量0.5~3.0ml/h

で行い、10倍の拡大鏡にて表面の腐食及び剥がれ、表示の明瞭度を検査した。その結果、耐食性は同等である。

(6) 耐湿、耐熱性

耐湿性評価として蒸気加圧試験を行った。試験条件は

試験温度 $134 \pm 2^\circ\text{C}$

湿度100% RH

蒸気圧 $3.040 \times 10^5 \text{Pa}$

試験時間60 h

である。試験の結果、蒸気加圧試験による電気特性の変動は認められず、Fe-34% Ni合金とFe-42% Ni合金との有意差は認められない。

また、 -65°C 側液体槽と 150°C 側液体槽を交互に規定時間浸漬し、この操作を100サイクル行う熱衝撃試験においても試験後に割れやクラックなどの破損また電気特性の変動は認められずFe-34%

Ni合金とFe-42% Ni合金とで有意差は認められない。

(7) 電気特性

半導体デバイスのDC/AC電気的検査の歩留りなどにおいてFe-34% Ni合金使用サンプルはFe-42% Ni合金使用サンプルとの有意差は認められない。

4. 結 言

デバイスとしての評価の結果Fe-34% Ni合金の半導体デバイスへの適用は可能である。今回は、リード挿入型のDIPタイプで検討、評価を行ったが、次段階では表面実装パッケージでの評価を行いFe-34% Ni合金をリード挿入型パッケージから、現在、主流となっている表面実装型パッケージへと拡大していく方針である。Fe-34% Ni合金はFe-42% Ni合金と同等の線熱膨張係数、加工性、強度等々を有していることから既存半導体設備を即活用できかつ、コストダウンが可能である。このことから、既存のFe-42% Ni合金からFe-34% Ni合金への切り替えという半導体業界全体レベルでの改革は十分に期待できるといえる。

(文 献)

- 1) 林 英雄：次世代ULSIパッケージ対応UTリードフレームおよび周辺材料の開発動向と今後の展開、(1993)、29 [応用技術出版]
- 2) Hideo Saitou: Physics and Applications of Inver Alloy, (1978)、3 [丸善]
- 3) 佐々木信博：電子技術、24 (1982) 7、44