

ステップカットダイシング技術を適用した ウェットブルフランク構造の車載用小信号パッケージ

Small Signal Package with Wettable Flank Structure Fabricated Using Step-Cut Dicing Method in Automotive Applications

川瀬 稔 KAWASE Minoru 角野 洋 KADONO Hiroshi

自動車用の半導体は、実装後の自動光学検査 (AOI : Automated Optical Inspection) により実装の不具合の有無を判定できる視認性が求められる。

そこで東芝デバイス&ストレージ(株)は、下面電極型パッケージの視認性改善に用いられるウェットブルフランク(WF)構造を、小型パッケージに適用する技術を開発した。ダイシングテープやダイシングテープの貼り付け方式の選定などステップカットダイシングの最適化により、WF構造の形成技術を確立して、はんだの安定したフィレット形状を実現し、AOIでの視認性を高めた。この技術は、DFN2020(WF)パッケージとして製品化した。

To accurately inspect the printed circuit boards (PCBs) of in-vehicle electronic equipment via automated optical inspection (AOI), ensuring the visibility of each semiconductor device mounted on the PCB is necessary to detect any failures caused in the mounting processes.

To enhance visibility in AOI for bottom-electrode packages, Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation has developed a small signal package by utilizing the following technologies: (1) optimization of the step-cut dicing method by selecting dicing tape and the method of attaching dicing tape to the lead frame, and (2) establishment of a wettable flank structure method capable of forming stable solder fillets leading to enhanced solder mounting status visibility. We have also released the DFN2020(WF) package.

1. まえがき

近年、自動車用のライトは省電力化のためにLED(発光ダイオード)が多く使用され、その制御に小型パッケージのMOSFET(金属酸化膜半導体型電界効果トランジスタ)が用いられる。MOSFETには、実装面積の縮小、車両の軽量化、及び放熱性の向上が求められるため、下面電極型パッケージが多用される。

また、車載用半導体は、民生用に比べて高い信頼性が求められるだけでなく、実装しやすさ、実装時の不具合の有無が判定できる視認性も求められる。自動車の製造ラインでは、プリント基板に実装後、目視検査や、X線透視検査、AOIなどにより、実装状態が視認性を基に確認される。目視検査は、人の判断に委ねるため判断ミスやばらつきが生じやすいこと、X線検査は、検査装置が高コストなのに加えて半導体の電気的特性に不可逆的な影響を及ぼす可能性があることから、検査スピード・判断結果に実績のあるAOIが使用される場合が多い。

東芝デバイス&ストレージ(株)は、MOSFETの小型パッケージであるUDFN6を生産・提供しており、UDFN6で培った技術と製造ラインを活用し、車載用の小型でAOIを可能としたDFN2020(WF)パッケージを開発した。AOIを可能にするため、WF構造を持たせて視認性を向上させた。

ここでは、WF構造の車載用MOSFET向け小型パッケージの仕様と形成方式の選定、選定したステップカットダイシングの概要、及び製品の出荷前外観検査について述べる。

2. WF構造の車載用MOSFET向け小型パッケージの仕様と形成方式の選定

2.1 WF構造によるフィレット形状の安定化

AOIは、実装時の不具合の有無をパッケージ上面から画像で検出する。既存のUDFN6パッケージは、はんだなじみに優れためっきをパッケージ下面にある電極の下面部だけに施すため、パッケージ側面のはんだフィレット形状にばらつきが生じやすい(図1)。フィレット形状のばらつきは、AOIの良否判定に影響して適用を困難にする。

そこで、パッケージ側面にある電極側面のフィレット形状を安定化するためにWF構造を採用してDFN2020(WF)パッケージを開発した。WF構造は、パッケージ側面にスズ(Sn)系のめっきを施すことで安定したフィレット形状を形成でき(図1)、AOIの適用が容易になる。

WF構造を持つパッケージは、IPC(米国電子回路協会)規格に定められたWF高さ0.1mm以上が仕様として求められる。

2.2 パッケージの内部構造・製造工程とめっき工程

既存のUDFN6の内部構造を図2に、製造工程を図3(a)

に示す。リードフレームと呼ばれる板状の金属に、チップを搭載するベッド部、ボンディングワイヤを接続するポスト部、ベッド部やポスト部を周辺回路と接続する電極がある。製造工程は、ベッド部にマウント材を介して半導体チップをマウントし、チップとポスト部をボンディングワイヤで接続後、樹

脂でモールドする。その後、電極のめっきを施し、更にダイシング装置でパッケージが繰り返し並ぶ板状から個片化し、電気的な特性などの検査を行う。

WF構造では、めっきが重要な工程である。実装時の良好なはんだなじみを得るためには、電極表面にSn系のめっきを施し、めっきは約7 μm の膜厚が必要である。めっき工程は、Snを含むめっき液にモールドしたリードフレームを浸漬(しんせき)し、電流を流す電解めっきと、電流を流さない無電解めっきがある。電解めっきは、電流経路に相当する露出した金属部分がめっきで覆われ、7 μm を超える膜厚は可能であるが、めっきしたい部位を電流経路にする必要があるため、個片化前にめっきを施す必要がある。一方、無電解めっきは、めっき液に接触する金属部分がSn系めっきで覆われ、電流経路を考慮する必要がないため、電極配置に汎用性はあるが、一般的に3 μm を超える膜厚にすることは難しい。

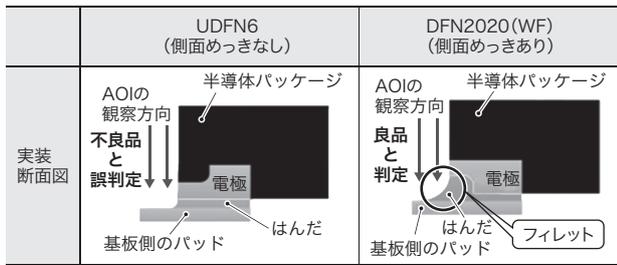


図1. パッケージ側面めっきの有無によるフィレット形状の違い

既存のUDFN6パッケージに比べ、開発したDFN2020(WF)パッケージはWF構造の側面めっきで安定したフィレット形状を形成でき、AOIの適用が容易になる。

Differences in fillet shapes with and without flank plating

2.3 WF構造の形成方式の比較

WF構造の実現に向け、つりピン、ステップカットダイシング、ディンプル、無電解めっきの4方式を比較した(表1)。4方式それぞれの技術的な課題は、以下がある。

つりピン：内部ピンを電流経路とするためにリードフレームとの接続が必要であり、ベッド部のサイズ(チップサイズ)に制約が生じる。

ステップカットダイシング：ダイシングを2回に増やす必要があり、それに伴いTAT(ターンアラウンドタイム)が増える。

ディンプル：必要な深さのディンプルを形成するのは、難易度が高い。

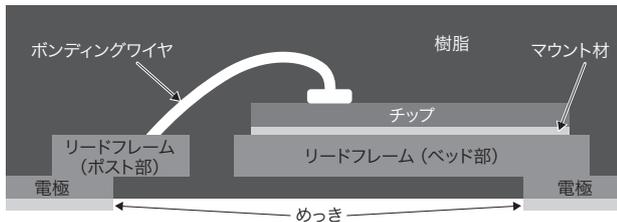


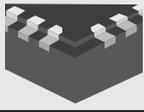
図2. 半導体パッケージ内部の断面構造

リードフレームにベッド部、ポスト部、電極を形成して、ベッド部にチップをマウントし、チップとポスト部をボンディングワイヤで接続後、樹脂でモールドする。その後、電極にめっきを施し、ダイシングでパッケージを個片化する。

Cross-sectional structure of semiconductor package

表1. WF構造の形成方式の選定

Methods to form wettable flank structure

めっき方式	方式	製品実現性	TAT	既存技術の活用
電解	つりピン 	△ (6ピン、2in1が困難)	○	△ ベッド部のサイズ変更が発生
	ステップカットダイシング 	○	△	選定 ○
	ディンプル 	× (ディンプルの形成は困難)	○	○
無電解	無電解めっき 	× (厚めっきは困難)	○	○

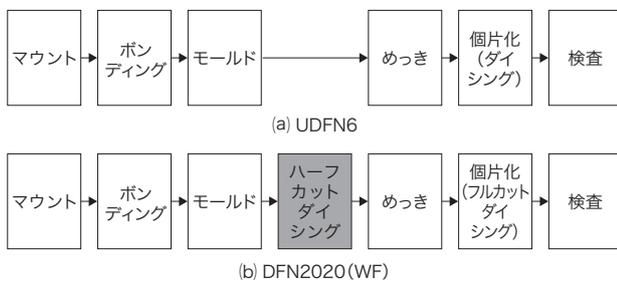


図3. 既存のUDFN6と開発したWF構造を持つDFN2020(WF)の製造工程の違い

WF構造を持つDFN2020(WF)は、ハーフカットダイシング工程の入ることが特徴である。

Differences in fabrication processes of existing UDFN6 and DFN2020(WF) packages

無電解めっき：良好なはんだなじみに必要なめっき膜厚の確保は、難しい。

これらから総合的に判断し、既存のUDFN6の技術・製造ラインが活用可能なステップカットダイシングを選定した。

3. ステップカットダイシング

ステップカットダイシングは、図3(b)の製造工程のように、モールド後に、ハーフカットダイシング、めっき、フルカットダイシングと、ダイシングを2回実施する。1回目のハーフカットダイシングは、電解めっきが必要な電極の側面を露出させることが目的である。2回目のフルカットダイシングは、個片化が目的である。

フルカットダイシングはUDFN6の既存技術であり、新規導入のハーフカットダイシングについて、以下で述べる。

ステップカットダイシングでWF高さ0.1 mm以上を満たすためには、ハーフカットダイシング条件の最適化が重要である。

3.1 ダイシングテープの選定

図4にハーフカットダイシング工程でのセットアップの断面を示す。ダイシングテープに樹脂モールドされたリードフレームを貼り付け、リードフレームの個片化する位置に切り込みを入れる。

リードフレームを適切に貼り付けるため強固な保持力を持つダイシングテープが要求される。しかし、ハーフカットダイシング後のめっき工程では、ダイシングテープからリードフレームを剥離する必要がある。ダイシングテープの保持力が強固だと、剥離の際にリードフレームが変形する場合は

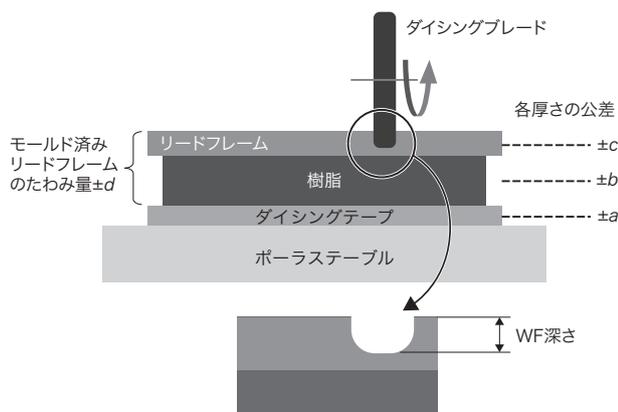


図4. ハーフカットダイシング工程でのセットアップの断面

モールド済みのリードフレームをダイシングテープに貼り付け、ポラステーブル上に載せ、ダイシングブレードでハーフカットダイシングを行う。ダイシング後の形状と、WF深さのイメージを示す。各厚さ方向には公差 $\pm a$ 、 $\pm b$ 、 $\pm c$ や、たわみ量 $\pm d$ がある。

Cross-sectional structure of half cut dicing processing setup

ある。既存のUV（紫外線）照射型ダイシングテープでは、UV照射でダイシングテープの保持力が低下するものの、完全には失われず、リードフレーム剥離時にリードフレームの変形が生じる。それに対し、熱発泡型では、加熱で保持力が失われ、リードフレームの変形がなく剥離できる。保持力と加熱後の剥離の両立から、ダイシングテープは熱発泡型を選定した。

3.2 リードフレーム貼り付け・加圧方式の選定

リードフレームのダイシングテープへの貼り付けは、複数のリードフレームをダイシングテープにローラー加圧して実施する。

樹脂モールドされたリードフレームにはたわみが生じることがある。複数リードフレームの中に、リードフレームのたわみが大きい部分があると、荷重が偏って他のリードフレームを十分に加圧できない事象が発生する。そこで、リードフレームごとに、個別に加圧できるフローティングローラーを選定した。

適切な保持力で均等にダイシングテープを貼り付けることにより、リードフレームのたわみも抑制できることを確認した。

3.3 ダイシングブレードの選定

ダイシングブレードの種類で影響を受ける評価項目として、バリ高さは当社規定値A以下、摩耗量限界までのダイシング距離で表すブレードライフの推定値は当社目標距離以上である必要がある。

ダイシングブレードは、金属を主成分とする電鍍ボンド（ブレード1）と、樹脂を主成分とするレジンボンドで砥（と）粒径が2種類（ブレード2、3）、計3種類を候補とした。一般的に、電鍍ボンドは、ブレードライフが長いことが特徴であるが、フレームなどの金属を切断する際にバリが生じやすい。レジンボンドは、バリは生じにくい、ブレードライフが短い傾向にある。

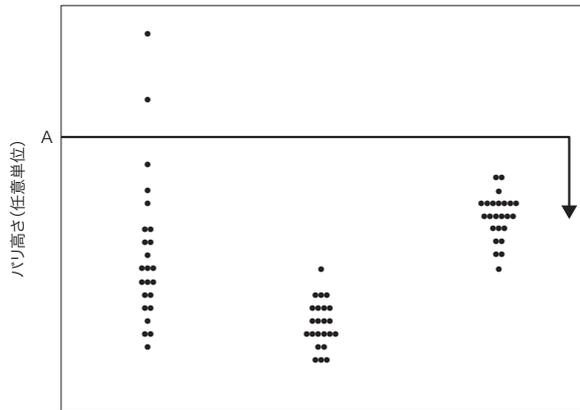
バリ高さの評価結果を図5に示す。ブレード1は、バリ高さのばらつきが大きく、当社規定値Aを満足しない。ブレード2、ブレード3は、当社規定値Aを満足した。

一定距離をダイシングした後のブレード摩耗量の実測値から、ブレードライフを予測した推定値を図6に示す。ブレードライフ推定値は、ブレード1は非常に良好であるのに対し、ブレード2は目標距離に未達で、ブレード3は目標距離をクリアした。

これらの結果から、ブレード3を選定した。

3.4 ハーフカットダイシングの切り込み深さの安定化

ハーフカットダイシングの切り込み深さのばらつきには、各層の厚さ方向のばらつきが関係し、ダイシングテープ厚さの公差 $\pm a$ 、モールド樹脂厚さの公差 $\pm b$ 、リードフレーム厚さの公差 $\pm c$ 、モールド済みのリードフレームのたわみ量



	ブレード1	ブレード2	ブレード3
ボンド	電鍍	レジソ	レジソ
粒径	-	B	C(>B)

図5. バリ高さによるブレード選定の評価結果

ブレード3種類の違いと、バリ高さの実測値の分布を比較して示す。ブレード1は、当社規定値A以下を満たさず、ブレード2・ブレード3は満たした。
Relationship burr height and blade material

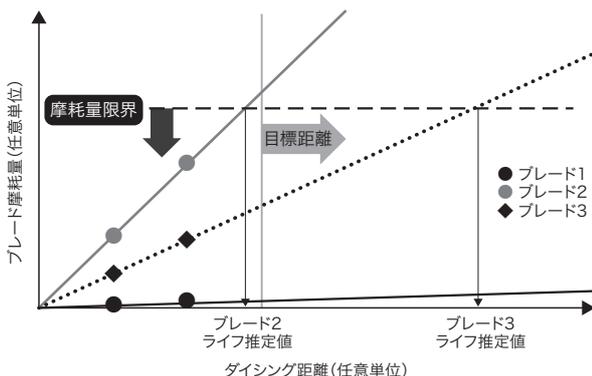


図6. ブレードライフ予測によるブレード選定の評価結果

ブレード3種類で、ある数量をダイシングした後のブレード摩耗量の実測値から予測した、ブレードライフ推定値を比較して示す。ブレード2は目標距離に未達で、ブレード3は目標距離をクリアした。

Differences in blade life prediction depending on blade materials

±dがある。中でもモールド済みのリードフレームのたわみ量の抑制が、ハーフカットダイシングの切り込み深さの安定化に重要である。そのため、熱膨張係数の小さいモールド樹脂の選定、及び前述のフローティングローラーの選定により、たわみ量を大幅に改善した。

切り込み深さの公差 $\sqrt{a^2+b^2+c^2+d^2}$ を考慮し、IPC規格のWF高さに相当するWF深さ0.1 mm以上を確認できた。

更に、ダイシングブレードは切り進めると摩耗するため、実験的に測定した摩耗量(図6)に従い、ダイシングブレード高さを変更する施策を盛り込み、切り込み深さを安定化

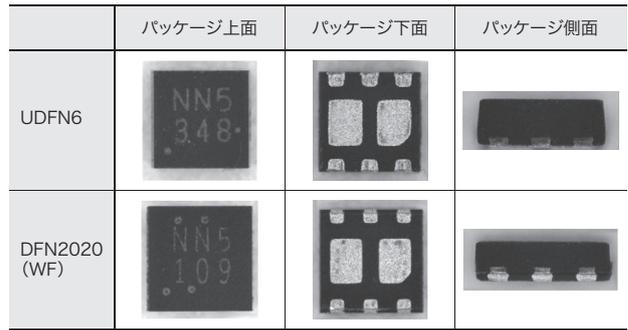


図7. 既存のUDFN6と開発したWF構造を持つDFN2020 (WF)の比較

UDFN6に比べ、DFN2020 (WF)はパッケージ側面の電極がめっきされたことが確認できる。

Exterior views of UDFN6 and DFN2020(WF)

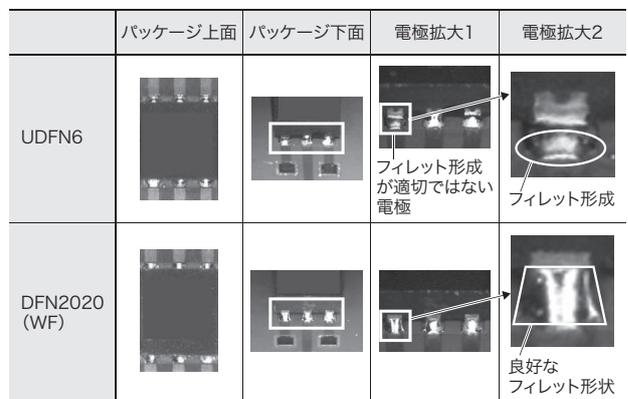


図8. 既存のUDFN6と開発したDFN2020 (WF)のはんだ実装状態の観察写真比較

UDFN6はフィレットが適切に形成されていない電極もあるが、DFN2020 (WF)は全ての電極に適切なフィレットが形成されている。

Differences in solder fillet formation of UDFN6 and DFN2020(WF)

させた。

4. 製品パッケージの出荷前外観検査

開発したDFN2020 (WF) パッケージは、3章で述べたハーフカットダイシング条件を適用した製造工程で、既存のUDFN6と同様、電解めっき、フルカットダイシングの後、電気特性と、6面外観の検査を行う。外観検査では、WF高さ0.1 mm以上を確認し、出荷する。

UDFN6と比較したDFN2020 (WF)の外観写真を図7に示す。DFN2020(WF)は、パッケージ側面の電極がめっきされたことを確認できる。UDFN6と比較したDFN2020 (WF)のはんだ実装状態の観察写真を図8に示す。斜め上からの観察により、フィレットが形成されていることを確認できる。

5. あとがき

ステップカットダイシングを適用し、WF高さ0.1 mm以上の国際的なIPC規格を満たすWF構造の形成技術を確立し、DFN2020 (WF) パッケージに適用して製品化した。開発した製品パッケージは、顧客要求のフィレット形成を実現できた。

車載用半導体では、下面電極型パッケージの小型化や、高性能化の要求が続いており、今後も、引き続き下面電極型パッケージのラインアップの拡充を図っていく。



川瀬 稔 KAWASE Minoru
東芝デバイス&ストレージ(株)
半導体事業部 パワー&小信号デバイス開発技術部
Toshiba Electronic Devices & Storage Corp.



角野 洋 KADONO Hiroshi
東芝デバイス&ストレージ(株)
半導体事業部 パッケージ&テスト技術開発センター
Toshiba Electronic Devices & Storage Corp.