

応力シミュレーションによるNSD実装接合品質の設計手法

Improved Reliability of NSD Mounting Technology Using Stress Simulation

木村 潤一* 登 一 博**
Junichi Kimura Kazuhiro Nobori

ベアチップ実装技術としてNSD (Non Conductive Adhesive Stud Bump Direct Interconnection) 工法を導入し、モバイル機器に搭載されるワンセグ放送受信用チューナモジュールを開発した。モジュール構造設計段階で、事前にNSD実装接合品質の確認をできる応力シミュレーション手法を提案し、その有効性を実証した。

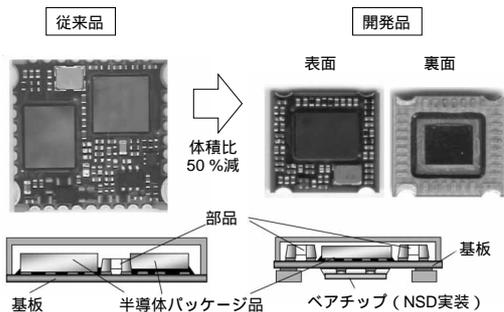
A Tuner Module to be built into mobile devices has been developed using bare-chip mounting technology (NSD : Non Conductive Adhesive Stud Bump Direct Interconnection). A stress simulation method which can evaluate the connection quality in NSD mounting technology in advance was proposed and its validity was proven.

1. モジュールの小型化

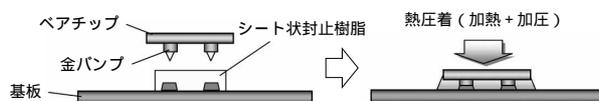
ワンセグ放送が開始され、受信機能付きの携帯電話などのモバイル機器が増加している。これら製品の軽薄短小化に伴い、製品に内蔵されるワンセグ放送受信用チューナモジュールに対しても超小型の要望が高まっている。

モジュールは、2つの半導体と複数の部品から構成される(第1図)。従来、2つの半導体にはパッケージ部品を用い、片面に実装する構造のため、外形寸法が11×11×1.4 mmであった。小型化を目指すため、半導体が基板を挟んで両側に実装される両面実装構造を採用した。しかし、両面実装構造は、モジュールの投影面積は小さくなるが、厚みが増大する。

そこで、小型・薄型化が可能となるベアチップ実装技術の中でも特に薄型化が可能で、かつ半導体の狭ピッチ化に対応できるNSD実装技術(第2図)を採用した。これにより、外形寸法を7.8×7.8×1.4 mmと厚みを維持しな



第1図 開発品の概要
Fig. 1 Newly developed product



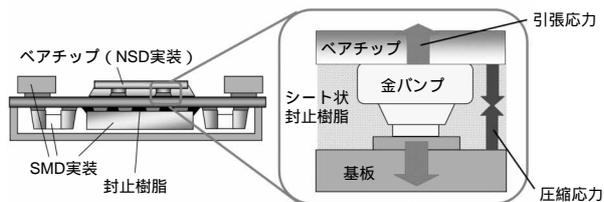
第2図 NSD実装技術
Fig. 2 NSD mounting technology

がら、体積比50%減を実現した。

2. 新規構造の品質確保に向けた課題

NSD実装後の表面実装部品(SMD: Surface Mount Device)実装工程(リフロー工程や封止樹脂硬化工程など)で、加熱・冷却される時にNSD実装部には、各構成材料の線膨張係数の違いと形状に起因する「引張(ひっぱり)応力」が発生する(第3図)。NSD実装部分は、裏面部品の影響を受けるため、片面構造に比べ「引張応力」は大きくなる。

一方、NSD工法はバンブが接合する部分に発生する「圧縮応力」により導通特性を確保するので、「圧縮応力」>「引張応力」の関係を保つことが接合品質に直結する。モジュールの実装品質を確保するためには、あらかじめ製品の形状や加熱条件によって発生する「引張応力」と、それに耐える「圧縮応力」を精度よく見極める必要がある。



第3図 圧縮・引張応力
Fig. 3 Compressive stress and tensile stress

* パナソニック エレクトロニックデバイス(株)
チューナビジネスユニット
Tuner Business Unit, Panasonic Electronic Devices Co., Ltd.
** 生産革新本部 実装技術研究所
Jisso Engineering Lab., Corporate Manufacturing Innovation Div.

3. 高精度シミュレーションへの取り組み

圧縮応力の「発生」「低下」に、「チップを基板に熱圧着する際の圧着荷重による応力」と「樹脂の吸湿膨潤」という考え方を導入した。

3.1 圧縮応力の発生メカニズム

NSDの接合品質に最も影響を与えるのは「圧縮応力」であり「チップを基板に熱圧着する際の圧着荷重」が大きく寄与することを弊社独自の品質安定化設計手法により見いだした。

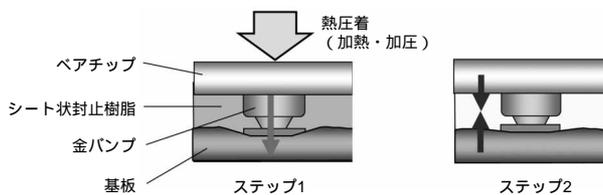
熱圧着時の接合部の挙動に着目し圧縮応力発生メカニズム解明を行った。接合部の挙動には大きく分けて2つのステップが存在する（第4図）。

ステップ1（熱圧着開始から封止樹脂の溶融まで）

シート状の封止樹脂が、熱圧着時の温度により溶融する。その際に、圧着荷重はパンプを介して基板に伝えられ、接合部に応力が発生する。

ステップ2（封止樹脂の硬化から荷重印加終了）

溶融した封止樹脂は熱硬化し、荷重を開放した後、封止樹脂は冷却収縮され、接合部には収縮力が加えられる。上記2つのステップによって発生する圧着荷重の応力と、封止樹脂の収縮力で、接合部に圧縮応力が残留する。



第4図 NSDプロセス中の接合挙動

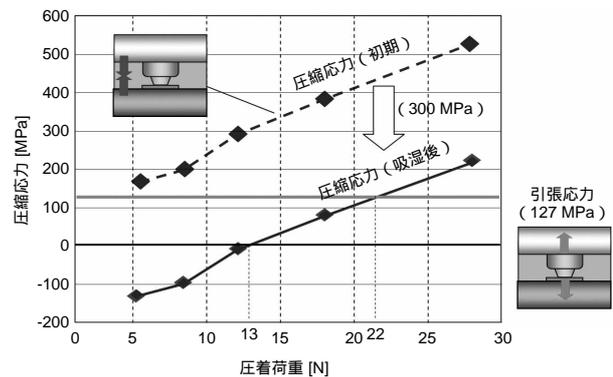
Fig. 4 Behavior of connection part in NSD process

3.2 NSDプロセス中の圧縮応力解析

上記メカニズムを考慮した有限要素法による線形熱応力解析により、接合部の圧縮応力を算出する。

具体的には、応力解析を2ステップに分け、ステップ1では、圧着荷重と温度条件を入力した応力解析をし、その際の応力と形状を初期条件として、ステップ2の常温・無荷重状態でのパンプ接合面の応力解析を行った。

解析結果を、第5図に示す。図中の破線が接合部の常温での圧縮応力を示したものであり、圧着荷重の増加に伴い接合部の圧縮応力は増加する。



第5図 圧縮引張応力の図

Fig. 5 Simulation of compressive stress and tensile stress

3.3 NSDプロセス後の圧縮応力低下

信頼性試験における過負荷状態での、接合部の圧縮応力の低下と、NSD実装後のSMD工程による接合部へ引張応力を求めた。

高温高湿度環境下において、ベアチップと基板間に介在する封止樹脂は膨潤し、接合部の圧縮応力が低下するという現象にまで踏み込んで解析を行った。今回、高温高湿試験（60℃，90% RH）を想定し、常温常湿状態と比較し圧縮応力の低下量300 MPaを算出した。

その損失応力により、圧着荷重による応力と封止樹脂の収縮応力を合わせた、第5図の破線で示す圧縮応力が、実線に低下する。接合部にかかる応力をNSD実装工程後で圧縮状態（第5図での0 MPa以上）に保つためには、13 N以上の圧着荷重が必要である。

NSD実装後のSMD工程で、NSD接合部へ蓄積される引張応力を求めた。変化するモジュール構造、および温度履歴に対してシミュレーションを行った結果、工程全体を通して蓄積される応力値は127 MPaである（第5図）。接合部に発生する圧縮応力が、引張応力を上回る範囲、圧着荷重22 N以上の領域において、接合品質が確保できる。

3.4 TEGを用いた接合品質の検証

一連の解析によって求めた圧着荷重の適正範囲について、妥当性を検証した。TEG（Test Element Group）チップを用いた導通OK/NG判定により、圧着荷重別の接合品質の検証を実施した。常温常湿環境下ではいずれの荷重域でも導通OKであり、高温高湿環境下では圧着荷重20 N以下にて導通NGであるという結果を得た。これはシミュレーション結果と一致し、シミュレーションの有効性が確認できた。

さらに、カスタマーでの実装構造による、NSD接合部

の圧縮応力低下への影響なども考慮した圧着荷重を設定し、各種信頼性試験において問題のない結果を得た。

4. 動向と展望

携帯電話用途を主としたモジュール事業は、商品の短サイクル化と多品種化がますます要求されると予測される。今回開発した応力解析技術により、試作回数を減らすことができ、開発期間を短縮することができる。今後は、ベアチップとSMDの混載実装技術を発展させることで、さらに薄型かつ小型のモジュールの商品化に取り組んで行く。

参考文献

- 1) 西田一人 他：樹脂封止シートによるフリップチップ接合技術 MATE '99.5THシンポジウム Feb,pp.189-192 (1999).