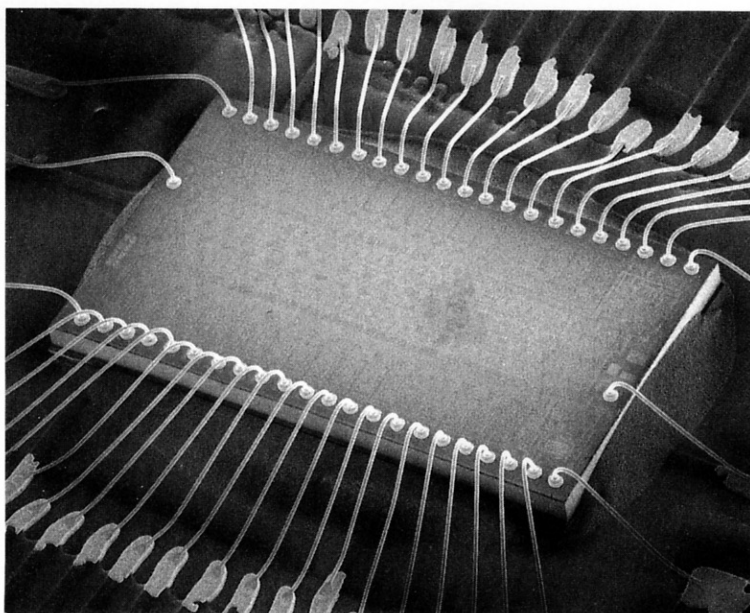


ベアチップ実装技術開発

—複写機用消去LEDユニットの小型化—

Development of the Bare Chip Assembly Technology
—Reducing the size of the discharge LED lamp unit for copy machines—

坪井一彦
情報機器事業本部
生産技術研究センター



Abstract:

More and more, business machines need to be small for space-saving, and also be of high quality.

To meet this need, we have developed a small-sized discharge LED lamp unit for copying machines, using bare-chip assembly technology.

This unit has a bare chip LED spacing of 3 mm, and 104 bare chip LEDs in total mounted on a printed circuit board with two bare chip driver ICs.

This paper reports the development of the discharge LED lamp unit.

Tsuboi, Kazuhiko
Production Engineering
Research Center
Business Machines Headquarters

1

まえがき

今日の電子機器の小型、高機能化には目を見張るものがある。これらを実現している主要な原動力は、シリコン基板上に形成されるIC (Integrated Circuit) チップ自身の発達と、その確実な実装方法の確立である。本レポートは、後者に関して報告するものである。

通常の電子機器は、ICチップをプラスチックまたは、セラミック中へパッケージ化したものを用いる。パッケージ化することで、取り扱い及び信頼性の確保が容易になるとともに、規格化によるメリットも得られる。

ところが、より一層の小型、高機能化が機器本体において要求されるようになると、ICレベルの実装においても、パッケージの面積や体積とともに、規格化による自由度の無さが、逆に問題になる。

今後、高密度と設計の自由度を特長とする、「ベアチップ実装技術」の必要性は、益々増えるものと確信している。

今回、「ベアチップ実装技術」を、複写機の消去LEDユニットの開発に適用したので、その結果を報告する。

2

ベアチップ実装技術

2.1 ベアチップ実装技術

ベアチップ実装技術は、文字通り、裸のICチップを扱う実装技術である。ICチップ上の電極と、基板上的電極との接続方法の違いによって、様々な方法に分けられる。主な方法の構造と達成可能な最小電極間隔を、Fig.1に示す。

(a)のワイヤーボンディングは、AuまたはAlのワイヤーを介して、1本1本電極間を接続する方法である。

(b)の方法はICチップ上のAuバンプを、(c)の方法は同じく半田バンプを介して、電極間の一括接続をする方法で

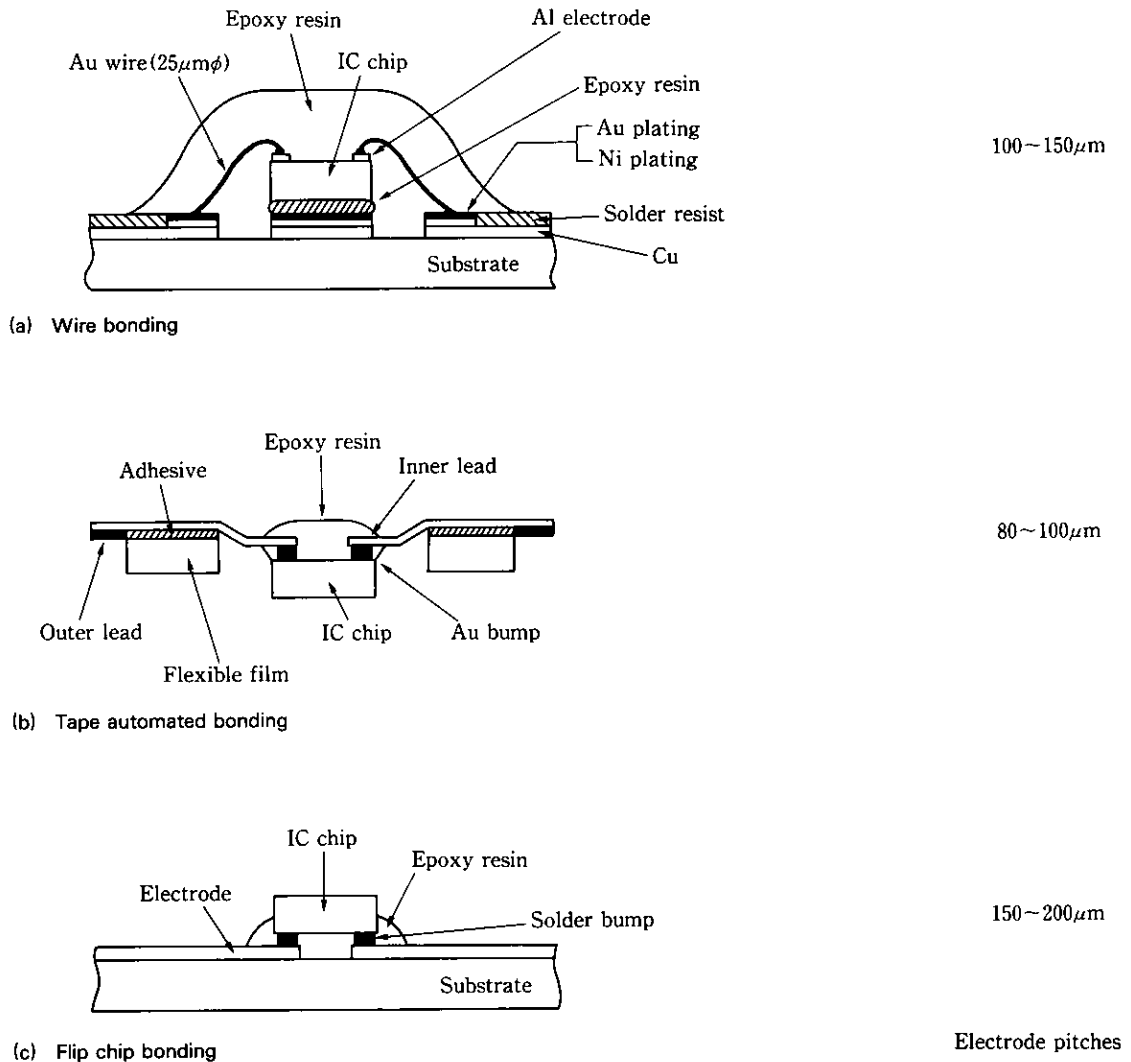


Fig.1 Various bare chip assembly techniques and electrode pitches

ある。(b)の場合、更にテープのアウトリード側を、別の基板に半田接続する必要がある。

我々の開発した消去LEDユニットの場合は、ICチップ以外に、LEDのベアチップも多数実装している。LEDの電極は、Fig.2に示すように、チップの上面及び下面からなっている。(a)のワイヤーボンディングの場合、タイボンダ材に、Ag粒子の入った導電性のものをのを使うことで、LED下面と基板間の電気的な接続が可能のため、この方法を採用した。

更にこの方法は、電極間をワイヤーで1本1本つなぐため、(b)や(c)の方法のように、わざわざICチップ上にAuや半田のバンプを設ける必要がない。そのため、異種のICチップに対して、つなぎかたのプログラムを変えるだけで、対応が可能である。設計の自由度が大きく、汎用性に富む優れた方法といえる。

以後、Fig.1(a)を、COB (Chip On Board) の構成と呼ぶことにする。

2.2 COBの構成

我々の採用したCOBの構成について、Fig.1(a)に従って詳細に述べる。

基板はプリント基板を用いる。基板上の電極のワイヤーボンディング部において、Cu配線にNiメッキ(3~5 μm 厚以上)、さらにその上にAuメッキ(0.3~0.5 μm 厚以上)が必要である。Auメッキは、Auワイヤーとの接続のために行なう。Niメッキは、AuとCuの相互拡散防止のためと、硬さの確保のために行なう。ワイヤーボンディングによる接続は、140 $^{\circ}\text{C}$ 前後の基板加熱と超音波の印加で形成する。この際、加熱により基板が軟化すると、超音波のエネルギーが有効に接合形成に使えなくなってしまう。これを防ぐ意味から、Niメッキによる硬さの確保は重要である。

この基板上に裸のICチップを、Ag粒子を含有する導電性エポキシ樹脂を使って、固定する。導電製の樹脂を使っているのは、IC裏面の電位をグランドあるいは電源電

位にする事で、IC内に空乏層を作り素子分離を行うためである。

ワイヤーは、25 μm 径のAuワイヤーを用い、ICチップ上の電極と、プリント基板上のAuメッキされた電極間の接続を行なう。Auワイヤーと各電極間の接続は、上述のごとく、140 $^{\circ}\text{C}$ 程度の基板加熱と超音波の印加で、形成される。超音波のエネルギーは、0.1~0.4Wで、30msec程度印加される。

ワイヤーボンディング後、エポキシ樹脂を滴下し、加熱硬化させることで、封止まで完了する。

封止材は、プリント基板面方向の熱膨張係数に近いもので、不純物の少ない、耐湿性の良いものであることが重要である。樹脂の選定は、信頼性の項で後述される耐湿性試験としてのプレッシャークッカーテスト(Pressure Cooker Test)、及び温度衝撃試験としての温度サイクル試験によって行なった。

今回開発した消去LEDユニットには、ベアチップとして、ICの他にLEDが使われている。LEDのベアチップの場合もICの場合と同様、導電性エポキシ樹脂で基板上に固定され、上面の電極は、ボンディングワイヤーで基板上の電極に接続される。

3

消去LEDユニット

今回ベアチップ実装技術を適用して開発した、消去LEDユニットの機能について、述べる。

消去LEDユニットは、任意に選択点灯できるLEDを、各々光学的に分離しながら、感光ドラムの軸方向に、1列にならべたものである。

Fig.3に示すように、電子写真プロセスのなかで、帯電から現像の間に、ドラムの回転に同期させてLED列を

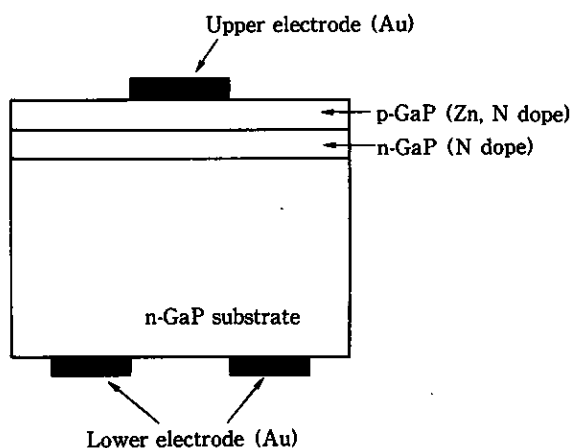


Fig.2 Cross-section of GaP LED bare chip

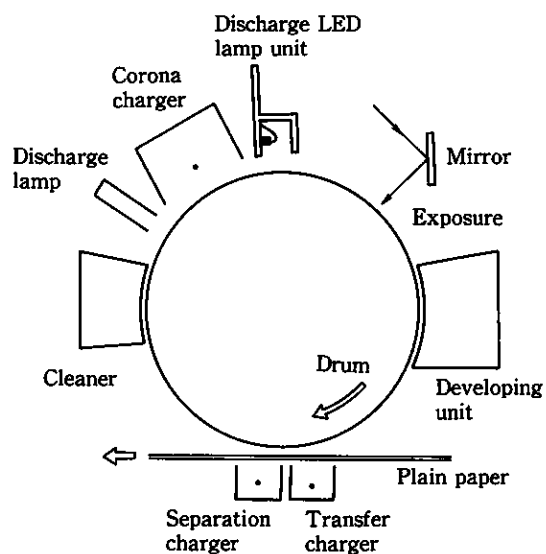


Fig.3 Schematic diagram of copy machine

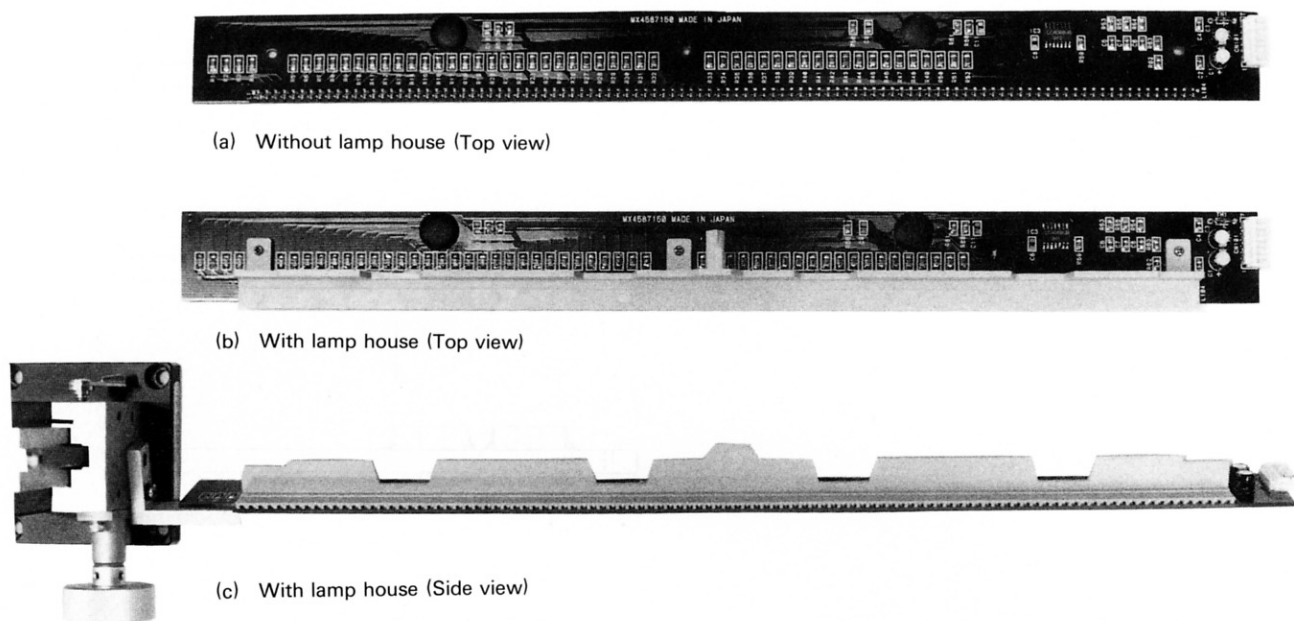


Fig.4 The discharge LED lamp units

選択点灯させる。選択点灯によって、感光ドラム上の任意の場所の電荷を消去する。いわゆる黒棒と呼ばれる外周部への不要なトナー付着を防いだり、原稿中の任意の部分の消すといった編集を行なうのが、消去LEDユニットの機能である。

複写機に於て、ユニットの小型化のみならず、LEDピッチの微細化が今後必要とされており、LEDのベアチップ化が不可欠である。

Fig.4に、今回開発した消去LEDユニットの写真を示す。(a)は、ランプハウス無しで、プリント基板のみ。(b)及び(c)は、上から及び横から見た完成品である。3mmピッチで、104個のLEDを一行に配列している。プリント基板のサイズは、354mm×30mmである。

丸い形の部分が2ヶ所在るが、これはLED駆動用のドライバーICを封止したものである。104個のLEDは、左右対称に独立制御される。このため、52組のLEDを選択点灯する必要があり、32ドットのサーマルヘッド用ドライバーICを、2個使用している。

今回、ドライバーICとLEDにベアチップ実装技術、つまりCOBの構成を適用している。ドライバーICとLEDのCOB化によって、従来と同じサイズの基板上に、2倍のLEDが実装可能になっている。実装高さについては、パッケージ品を用いる従来品の約1/2にすることが、可能となった。

4

開発項目

4.1 工程フロー

Fig.5に消去LEDユニットの工程フローを示す。半田

粒子とフラックスの混合物であるクリーム半田を、基板上の必要部分に、スクリーン印刷する。この上にチップ部品を乗せ、高温のリフロー炉の中を通過させることで、一括接続を行う。以上で半田の工程が終了する。

次に、フラックス等の洗浄の後、クラス1万程度のクリーンルーム内で、ドライバーICとLEDのベアチップ実装を行う。

このような順序を選んだ理由としては、特にLEDを半田の工程にさらしたくないこと、及びLEDの光量ばらつきが大きいためにあげられる。後者については、一応の完成後、光量測定を行ない、場合によっては、暗いLEDを交換する必要があるためである。

この順序をとって懸念されることは、クリーンルーム内で行なわれるベアチップ実装が、半田の工程の後になる点である。クリーンルームに持ち込む際のフラックスによる汚染やごみの洗浄が、非常に重要となる。

4.2 ワイヤーボンディングの条件決定

ワイヤーボンディングの条件として、決めるべき主要なパラメーターは、超音波の印加エネルギーと印加時間、有効に超音波を印加するための加圧力、及び基板加熱温度である。

ベアチップ側と基板側の接続に対して、各々パラメーターを最適化する必要がある。条件としては、必要充分にしてかつ最低のものが、ベアチップに与えるダメージ及びワイヤーボンダーのメンテナンスの面から望ましい。

Fig.6にボンディングワイヤーの評価方法の例を示す。他に、つぶれたボール径を測定する非破壊評価等がある。

Fig.7にボールシェアーテストによる、LED側のボンディング条件の評価結果の一例を示す。加圧力 (Force) は、

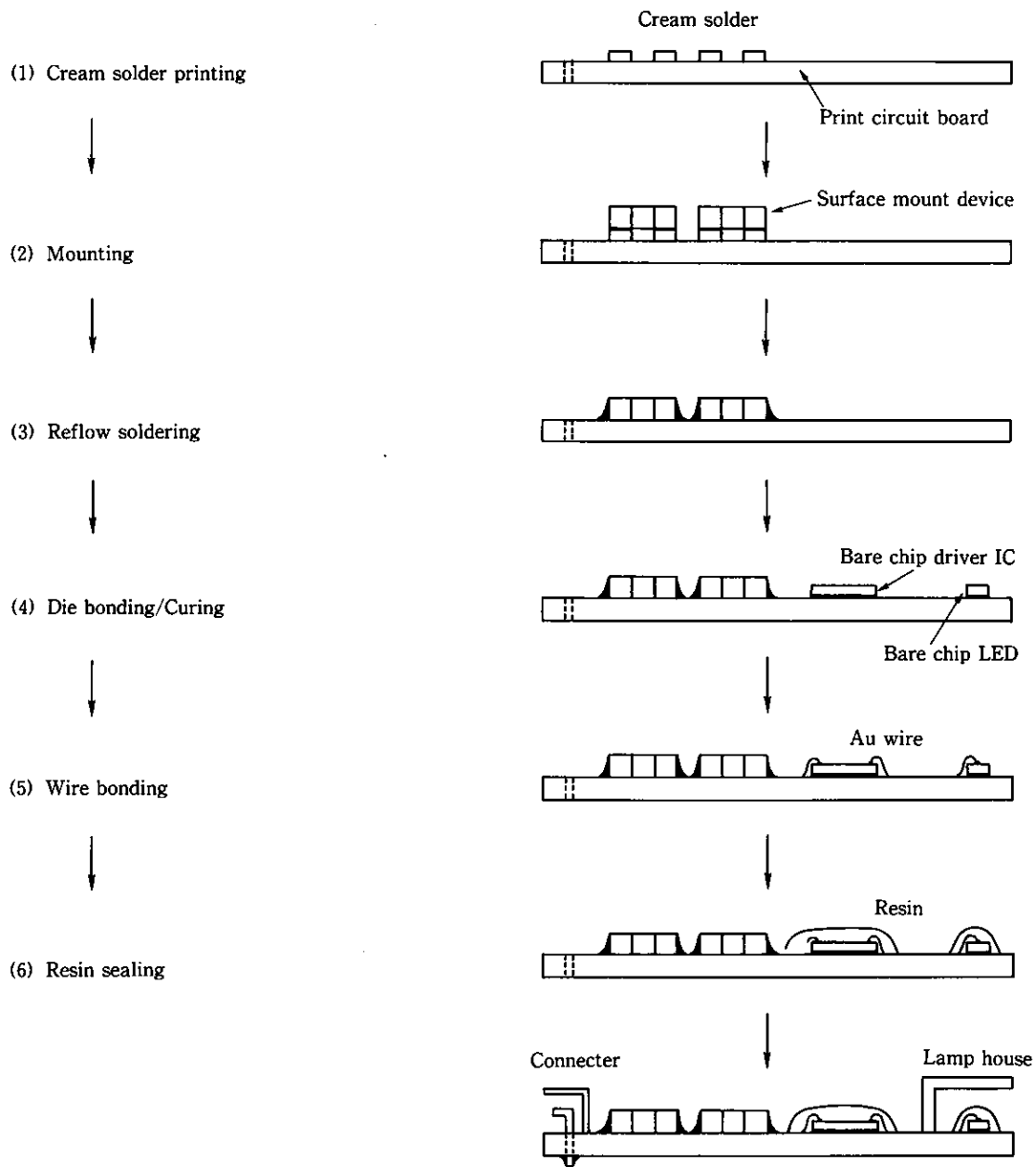


Fig.5 Assembly process for discharge LED lamp unit

140g、超音波の印加エネルギー (Power) は、0.35Wで、充分であることが示されている。なお、このデータでは、印加時間は30msec、基板加熱は140℃に固定して測定している。

4.3 光学的設計

感光ドラムと消去LEDユニットの位置関係は、Fig.4に模式的に示すような関係になっている。

最も特徴的で新規なことは、消去LEDユニットから感光ドラムに向けて発する光の方向と、LEDの位置関係である。

通常の使用方法では、パッケージ品であるなしにかか

わらず、LEDの上面電極のある面を感光ドラムに対峙させている。ところがこうすると、感光ドラムの周方向を、広く消去LEDユニットが覆ってしまうことになり、複写機本体の小型化に対して望ましくない。そのためにFig.4の位置関係を採用した。

我々は、LEDチップとして、窒素をドーピングした約565nmに中心波長を持つGaPを使った。GaPのバンドギャップは、波長に換算すると約554nmである。このため565nm近傍の波長に対しては、ほとんど吸収がなく透明である。GaPは屈折率が約3.4と大きく、多くの光が空気との境界面で全反射する。LEDチップ内での吸収がほとんど無いため、

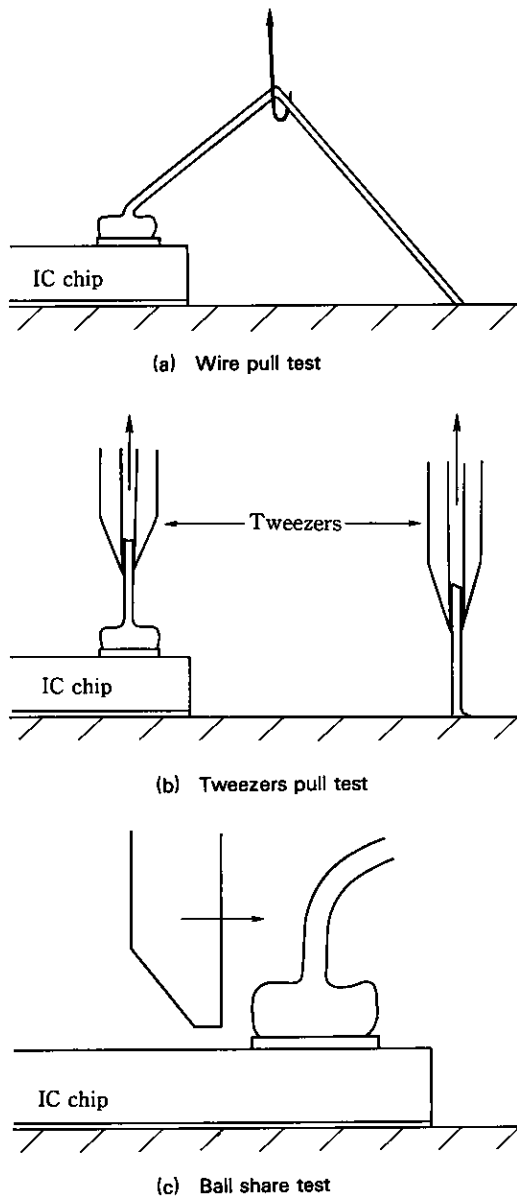


Fig. 6 Evaluation method of bonding strength between Au wire and electrode

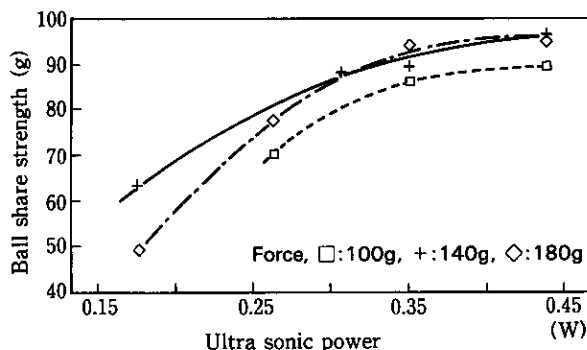


Fig. 7 Relationship between ball share strength and bonding parameters for LED

この光がLEDの結晶内に再び戻り、別な面で発光または反射を繰り返している。結果として、このLEDの発光は、4つの側面からもおこり、Fig.4に示す我々の取った構成に対し有利である。

合計5つの面からの発光を、ランプハウスの内壁でうまく反射させて、感光ドラム上に集光するように設計することが事が、消去LEDユニットの機能上からは、最も重要である。ランプハウスの形状、反射率、及びLEDの配置を最適化するように、設計のためのシミュレーションを行った。

4.4 熱設計

消去LEDユニットは、発熱素子として、LED、電流制限用抵抗、及びドライバーICを多数有する。さらにLEDは、温度上昇によって、光量劣化や発光波長の長波長化が起こるため、熱設計が非常に重要である。

発熱対策として、各発熱素子の基板上での位置を極力分散した。また、基板上の各点を熱的に均一にするために、可能な限りプリント基板上のCu配線幅を広くした。ドライバーICとしては、発熱量の極力少ないCMOSタイプを選んでいる。

LEDに各15mAを連続して流して測定したところでは、自然対流のみの状態で、周囲温度に対し最高点で、約35℃、最低点で、約15℃の温度上昇にとどまっていることが分かった。これは実用上、充分問題のない範囲である。

4.5 信頼性

ベアチップ実装の場合、信頼性の保証が、パッケージ実装に較べて、特に重要である。

信頼性の試験項目として、

- (1)耐湿性試験
- (2)温度衝撃試験
- (3)機械的衝撃試験

等がある。

我々は、さらに、COB部のみを評価するためのテスト基板を作成した。必要に応じて、テスト基板によるCOB部だけの試験とユニット全体の試験を、使い分けた。

(1)の条件としては、130℃、85%RH、2.3気圧の通常プレッシャークッカーテストと呼ばれる条件と、60℃、90%RH中での連続駆動という条件を使用した。

(2)としては、温度サイクル試験を行い、150℃ \leftrightarrow -65℃を各温度30分間1000サイクル、及び70℃ \leftrightarrow -30℃を各温度30分間100サイクルという条件を用いた。

(1)、(2)各々前者は、テスト基板による封止樹脂の選定等COB部に限定された評価に、後者は、ユニット全体の評価に用いた。

Fig.8にユニット全体の評価として行った、耐湿性試験の一例を示す。60℃、90%RH中でユニットを連続駆動し、光量の初期値に対する変化をプロットしたものである。各LEDには、約19mAの電流が、高温高湿下で流されている。

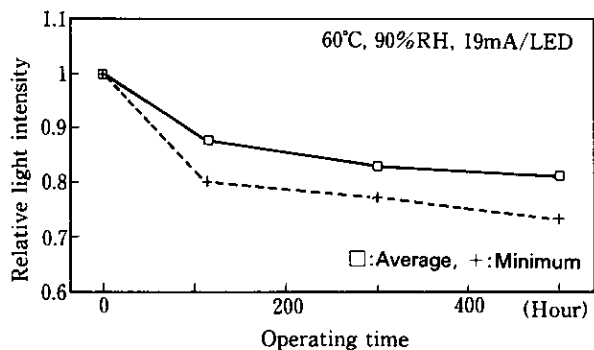


Fig.8 Change of light intensity of COB-LED operating under high temperature and high humidity

る。最低のものでも、500時間で70%以上の光量を保っており、実用上問題のないことが確認できた。

5

むすび

今回ベアチップ実装技術を適用することで、小型で、高密度な消去LEDユニットを開発できた。しかし、むしろこの技術の特長は、設計の自由度を増やし、それをうまく利用することで、機器本体の小型、高機能化に寄与することである。なお、本技術の一部を90年10月発売のU-BIX 3035へ応用した。

今後、小型、高密度と共に設計自由度の増加をその特長として、電子機器へのベアチップ実装技術の適用を、より広く進めていきたいと考えている。