

高解像度と低コストを両立させた 第2世代1,200 dpiサーマルプリントヘッド

Second-Generation Thermal Print Head Achieving 1,200 dpi Resolution and Low Cost

大庭 真人 野呂 誠一 阿部 好英

■ OBA Masato ■ NORO Seiichi ■ ABE Yoshihide

サーマルプリントヘッドは、医療機器やデジタルフォトプリンタをはじめ各種用途のサーマルプリンタに搭載される情報記録デバイスである。東芝ホクト電子(株)は、4インチを超える有効記録幅において業界最高解像度^(注1)1,200 dpi (dots per inch)の発熱抵抗体を持つサーマルプリントヘッドを既に商品化しているが、その普及を更に拡大するためにはいっそうの低価格化が必要である。

そこで、1,200 dpi専用ドライバICと19 μ mピッチワイヤボンディング技術を軸とした新構造の第2世代サーマルプリントヘッドを開発した。ボンディングのピッチを狭くしながら高い接合強度を実現するBSOB (Bond Stitch on Ball)を採用し、第1世代に比べて大幅なコスト低減を実現した。

A thermal print head is an information recording device used in a wide variety of digital-photo printers for medical imagers and other applications. Toshiba Hokuto Electronics Corporation has already commercialized a first-generation thermal print head with a 1,200 dots per inch (dpi) heater, which achieved the highest resolution in the market for products with a print width exceeding 4 inches. To accelerate the dissemination of thermal print heads with 1,200 dpi resolution by reducing their cost, we have now developed a second-generation thermal print head with dedicated driver integrated circuits (ICs) and a newly designed structure applying a bond stitch on ball (BSOB) wire bonding process of 19 μ m pitch with higher bonding strength.

1 まえがき

サーマルプリントヘッド(以下、TPHと略記)は、用途ごとに最適化された解像度でライン状に配列された発熱体を個別に発熱させ、感熱紙などの受像体に文字や画像などを出力する情報記録デバイスである。情報記録デバイスとしてはTPH方式の他に、インクジェット方式やレーザによるトナー定着方式などがあり、コスト的にはこれまではインクジェット方式と競合することが多かったが、近年ではレーザ方式も低価格化が進み、3方式が競合する市場を呈してきている。

TPHを使用した記録方式の利点は、感熱紙や昇華リボンを使用した方式に代表されるように“単一のドットで階調表現が可能”という点である。他方式では、単一のドットでの階調数に限界があり、実用域での最大階調数は8階調程度であるため、例えば256階調を表現するためには6 \times 6ドットを1画素として黒面積で階調を表現する面積階調が必須となり、必要とする解像度の6倍の解像度が情報記録デバイスに求められる。またTPH方式は、情報の記録品質として、ざらつき感があるなど自然な画質表現を低い解像度で得られるという意味でも、突出した性能を備えている。

東芝ホクト電子(株)は、4インチ以上の有効記録幅で1,200 dpiという高い解像度のTPHを量産している唯一のメーカー^(注2)で

(注1)、(注2) 2012年12月現在、サーマルプリントヘッドにおいて、当社調べ。

ある。この第1世代の1,200 dpi TPHをアミューズメント用途でシールプリント機市場や、TPHにとっては新規市場となる商業印刷機市場に供給しており、これらは真の解像度が要求される数少ない高付加価値市場である。

シールプリント機は、一つの画面に小さいサイズの写真を複数枚配置する特徴があり、その写真一つひとつについて髪の毛の質感やアクセサリの精細感が求められる。とりわけ、人物の目の黒目部分に意図して輝点を複数設けることが必須であり、そのためにシステムに光源を複数設けている。これらシールプリント機でこの輝点を再現するためには、TPHの解像度は1,200 dpiが必須とされている。この部分の価値が認められ、2007年から2011年までこの市場でのシェア60%を維持してきた。しかし残り40%は、1,200 dpiの画質優位性が認められながらも、価格の問題で採用されなかった。

商業印刷機は、特にオフセット印刷の原版など、ドット階調を用いないため1,200 dpiが最低限必要という高解像度市場である。1,200 dpiの解像度の発熱抵抗体を使用した8 \times 8ドットで形成される線数は150線となり、印刷市場で必要とされる線数の最低ラインである。これは、ちらしなど単色の印刷の用途で、印刷機(製版機)としては廉価機に位置づけられる。第1世代1,200 dpi TPHはこの市場の要求価格を満足できておらず、普及への障害となっていることから、コストの低減、特に変動費低減を目的とした第2世代1,200 dpi TPHの開発を行うこととした。

2 第1世代1,200 dpi TPHと第2世代に向けた課題

第1世代1,200 dpi TPHは、基本設計を2006年に起案し2007年から量産している(図1)。

企画当初は、1,200 dpiの解像度を持つTPHの用途がほんとうにあるのか明確でなかったことから、極力投資を行わない方針で開発を進めた。TPHの開発費でもっとも高コストとなるのはドライバICの開発である。企画当時1,200 dpiに対応する出力素子ピッチを与えられるドライバICがなかったことから、既存の資産^(注3)を使用して設計上の工夫を行うことで1,200 dpi化を達成することとし、実際に市場に製品を出すことで得られる市場情報を元に、第2世代を開発するかどうか判断することとした。

既存の資産を使用して1,200 dpiを達成するためには、ドライバICの配置を軸とした製品構造設計が必要であった。ドライバICの出力素子ピッチが発熱抵抗体の配列ピッチよりも広い場合、一般的にはドライバICを千鳥状に配置したり、ドライバICの実装角度を変更したりする。第1世代の設計もこれを踏襲し、ドライバICの実装角度を変更した(図2)。

これにより、昇華型フォトプリンタ用で300 dpiの出力素子解像度を持つ既存のドライバICが使用可能になったが、これを基礎として製品設計を行った場合、コスト及び印画品質面でいくつかの問題が発生した。TPHの場合、製品の変動費における占有率は薄膜基板、ドライバIC、及び回路基板が高く、薄膜基板の変動費は、一枚の元基板に何個の発熱体基板を配置できるかで決まる。当時、長手幅が10 mmあるドライバICを縦に配置したことで、本来元基板に4個の発熱体基板を

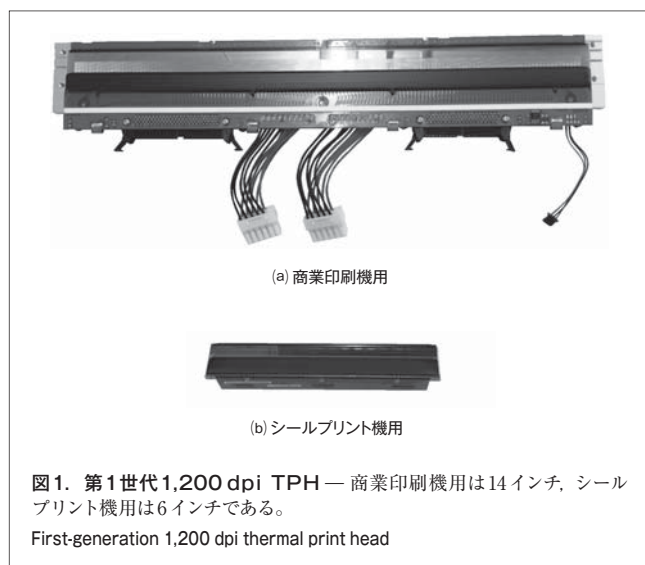


図1. 第1世代1,200 dpi TPH — 商業印刷機用は14インチ、シールプリント機用は6インチである。
First-generation 1,200 dpi thermal print head

(注3) ドライバICと、ダイボンディング及びワイヤボンディングの設備及びプロセス技術。

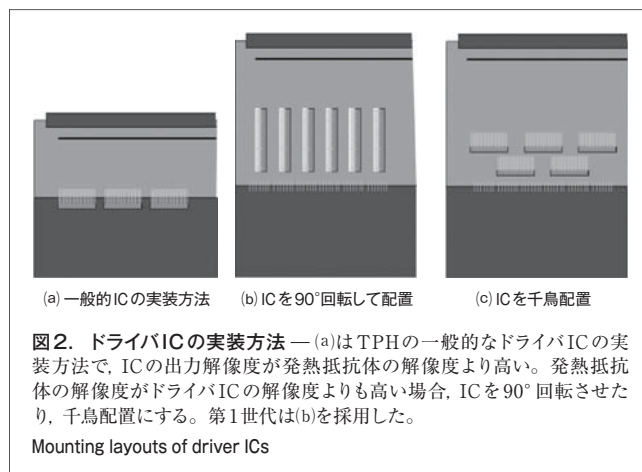


図2. ドライバICの実装方法 — (a)はTPHの一般的なドライバICの実装方法で、ICの出力解像度が発熱抵抗体の解像度より高い。発熱抵抗体の解像度がドライバICの解像度よりも高い場合、ICを90°回転させたり、千鳥配置にする。第1世代は(b)を採用した。

Mounting layouts of driver ICs

配置できるところ2個しか配置できず、薄膜工程の変動費が通常の1.8倍となってしまった。また、ドライバICを縦に配置することで、ドライバICと発熱抵抗体を電気的に接続するリード電極の長さがICの両端で10 mm、抵抗値で50 ~ 100 Ω違う値を示し、どうしてもこのリード電極抵抗値の影響が印画物に濃度むらとして認知されるほど現われており、これが普及しない一因になっていた。

量産開始から4年を経過してもこれらの問題は根本的な解決に至ることができなかったものの、市場性という意味では、衰退しかけたシールプリント機市場の再活性化に貢献した。また、新規市場として、オフセット印刷の製版機用途の道が開け、TPHでは1,200 dpiの市場は確実に存在するという結論を得るに至った。更に、TPH価格が高いため適用できる市場に制約があるという声がある一方、低価格化により数量増の可能性もあることも示唆されていた。そこで、変動費を2/3にすることを目標として新規構造を開発することとした。

3 第2世代1,200 dpi TPHの構造

第2世代1,200 dpi TPHは、第1世代で課題となっていた変動費削減と抵抗値変動を改善することを目的に、2011年初めに企画した。これらの課題はいずれも1,200 dpiに対応したドライバICを新規開発し、それを横置きすることで改善できると考えた。すなわち、ドライバICを横置きすることで、発熱体基板を1枚の元基板に第1世代の2倍の4個配置できる。また、ドライバICから発熱抵抗体を電気的に接続するリード電極の長さも、ドライバIC一つの対応範囲内での抵抗値差を5 Ω以下にでき、印画物に濃度むらは認知できないまでに改善した。

1,200 dpi対応のドライバICを横置き実装するためには、ドライバICの出力素子配置ピッチを発熱体の解像度である21.1 μm以下にする必要がある。実際は、実装ツールの関係でドライバIC間には0.2 mm以上の隙間が必要になるため、ドラ

イバICの出力段のピッチは19 μm 以下に設計する必要がある。第2世代1,200 dpi TPHの開発を成功させるためには、19 μm ピッチのワイヤボンディングを開発できるか、また設計面ではそのピッチでボンディングパッドを配置できるかがポイントとなる。とりわけ、TPHでのワイヤボンディングは一般的な半導体と異なり、1次側も2次側も同じピッチの平行ボンディングとなるため、特に2次側のボンディングパッドを配置できるかがポイントとなった。

また、ワイヤボンディングはその2次側の被着体がグレース基板上に成膜された0.7 μm 厚のアルミニウム電極となることから、元來接合の引張強度が出にくく、ファインピッチ化ではボンディングピッチが狭くなるのに伴い、引張強度が低下する傾向があった。しかし、今後TPHのメイン市場が新興国に移行していくと考えられることから、信頼性確保のためにも、第1世代と同等以上のボンディング引張強度を確保できることをコンセプトに、ファインピッチワイヤボンディングプロセスを開発することが命題となった。

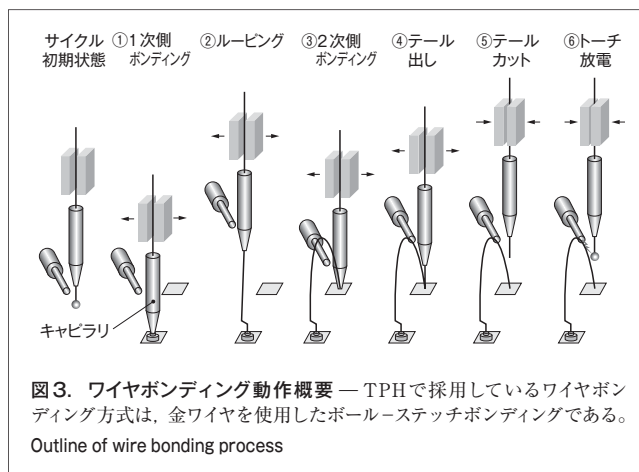
4 19 μm ピッチワイヤボンディングプロセスの改善

TPHで採用しているワイヤボンディング方式は、金ワイヤを用いたボールステッチボンディングで、キャピラリと呼ばれるボンディングツールを使用して、被着体に対し金ワイヤを熱、荷重、及び超音波エネルギーの3要素で固相拡散接合する技術である。1次側は、放電エネルギーにより金を溶解して作成したボールを被着体に接合するもので、キャピラリと被着体の干渉がないため、外的な要因によりリークのリスクがあるドライバIC側のボンディングに使用する。続いて2次側は、金ワイヤをキャピラリで潰してステッチ若しくはクレセントを形成して接合する。

ワイヤボンディングのサイクルは図3に示すように、①1次側ボンディング、②ルーピング、③2次側ボンディング、④テール出し、⑤テールカット、⑥トーチ放電（金ボール形成）となる。

通常の半導体では、1次側のボンディングのピッチが狭く、2次側に向けては放射状にピッチが広がる形態を採るため、開発対象は1次側だけでよいことが多いが、サーマルヘッドは1次側と2次側両方のファインピッチ化が必要である。

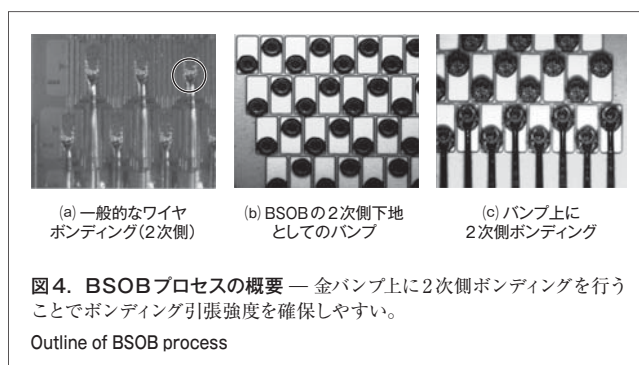
1次側の19 μm ピッチ化は、放電エネルギーにより形成される金ボールを直径35 μm という小径で、かつ安定して形成することが必須である。ここで問題となるのがテール先端部の状態である。テールカットで形成されるテールの先端は、2次側ボンディングで形成されたステッチの一部であるため、テール先端部にはアルミニウム電極と固相拡散反応した合金層が存在する。小ボールを形成するための放電条件は、高電流かつ短時間放電が一般的であるが、テール先端にアルミニウム合金が存在する場合、この放電条件ではボールが偏心してし

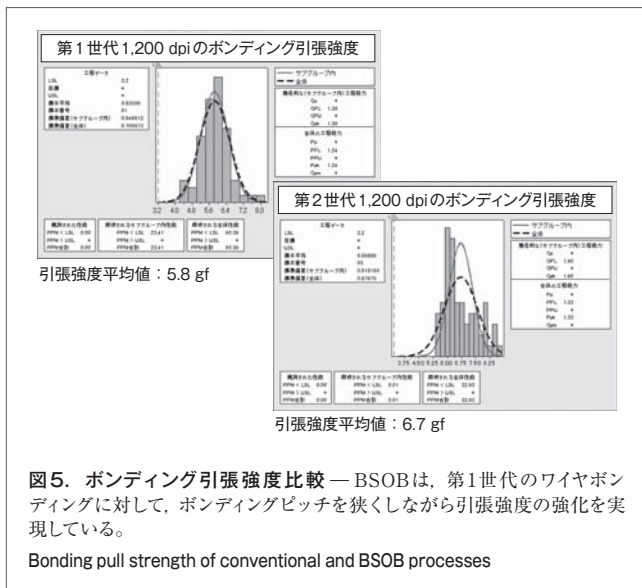


まったり、ボールの外径が安定しなかったりする。そのため、このようなできばえのボールをボンディングすると、隣接するパッドと電氣的にショートしてしまったり、キャピラリから抜けてしまったりするため、結果として小ボール化が困難となっていた。

この対策は、テール先端にアルミニウム合金を残さないプロセスにするしか手がなく、必然的に被着体のボンディング面を金で形成することになる。しかし、電極自体を金で形成すると薄膜プロセスの変動費が高くなってしまいうためこれは避けなければならない。この点に関しては、2次側ボンディング面に金バンプをボンディングするBSOB (Bond Stitch on Ball) を採用することで解決した(図4)。

あらかじめ2次側の被着部に金バンプを形成しなければならないため、工数と材料費の面では不利である。しかし、金バンプ上に2次側ボンディングを行うことで、このプロセスを開発するにあたって課題としていたもののほとんどを解決することができる。また、ボンディング引張強度を確保しやすいという利点もあり、採用することとした。一方、2次側ボンディング部分はTPHのワイヤボンディングでは強度的なぜい弱部となり、前述したようにファインピッチ化に伴い通常は引張強度が低下してしまうが、BSOBの効果により従来の5.8 gf (重量グラム) から6.7 gfへと引張強度を改善できた(図5)。





接合部のショート発生確率は、過去のファインピッチボンディングの開発と同一の指標である0.3 ppm以下のショート発生率を目標に、設計とプロセス条件の開発を進めた結果、Z-bench^(注4)で16以上のショートマージンを確保できた。

(注4) 標準化変量の意味で、Z-bench = (規格値 - 分布平均) / 標準偏差。

このようにドライバIC横置きと19 μmピッチのワイヤボンディングプロセスを軸に、第2世代の1,200 dpi TPHを開発できた(図6)。

5 あとがき

第2世代の設計により、コストを第1世代の約2/3にでき、現在、その効果の一つとして、シールプリント機用1,200 dpi TPHの普及が拡大しており、引き続きこの用途でのよりいっそうの拡大と改善を進めていく。

一方、商業印刷機用1,200 dpi TPHに関しては、これまでの最大印画長である14インチを超えて24インチ以上の印画長が求められるため、この第2世代 TPHの設計コンセプトを踏襲したうえで幅広の印画長対応を行うことが今後の課題である。このようにTPHがまだ採用されることがない市場では、性能的に、また仕様のTPHは選択肢にもされていないことが多いため、高精度に強みを持つ当社が先駆者となり、サーマルプリントの市場を活性化させていく。



大庭 真人 OBA Masato

東芝ホクト電子(株) TPH事業部 TPH技術部グループ長。
サーマルプリントヘッドの設計・開発に従事。
Toshiba Hokuto Electronics Corp.



野呂 誠一 NORO Seiichi

東芝ホクト電子(株) TPH事業部 TPH技術部。
サーマルプリントヘッドに関わる実装技術の開発に従事。
Toshiba Hokuto Electronics Corp.



阿部 好英 ABE Yoshihide

東芝ホクト電子(株) TPH事業部 TPH技術部。
サーマルプリントヘッドの設計・開発に従事。
Toshiba Hokuto Electronics Corp.