

プリント基板における超音波を利用した脱水に関する研究

- 第3報：収束超音波による脱水 -

埼玉大学 ○グエンフ ダン, 埼玉大学 高崎正也, 埼玉大学 水野毅, 名古屋工業大学 星貴之

Dewatering Using Ultrasonic Wave for Printed Circuit Board

3st Report: Dewatering by Using Focused Ultrasound

Saitama Univ. NguyenHuu Dang, Masaya TAKASAKI, Takeshi MIZUNO, Nagoya Institute of Technology Takayuki HOSHI

Layers in multilayer printed circuit boards (PCBs) are connected by holes called via. In the process of cleaning the board, water is trapped in the holes and may cause failure of the circuit. Previously, a method for removing the water trapped in the holes using ultrasonic vibration has been proposed. To enhance the vibration, standing wave was generated with a reflector. Due to the change of conditions such as temperature, humidity and so on, the position of the transducer and the reflector need to be controlled. In the case of large PCB, this method requires arrangement of multiple transducers. Therefore, we proposed a dewatering method using focused ultrasound. This method can dewater any holes in the board only by controlling focal point of the ultrasound.

1. 緒言

近年、電子機器は小型化かつ多機能化に向かって著しく発展している。それに伴い、高密度配線が可能であり、小型化および軽量化を図れるプリント基板の需要が急増している。プリント基板は多層基板であり、ビア(via)と呼ばれる孔によって層間接続されており、全層を貫通するスルーホールビア(through-hole via: TV), 貫通せず特定の層間のみを接続するブラインドビア(blind via: BV) 等といったものが存在する。現在は、直径 50 [μm]~2 [mm]のビアが一般となっている。

基板の製造工程において、各種プロセス処理や電子・光学部品に悪影響を及ぼす汚れを除去するため、基板の洗浄が必要である。しかし、洗浄過程後にビアの中に水が残留し、故障の原因となる。ビアの径が微小であるため、溜まった水を除去することが難しいという問題が生じている。先行研究では超音波振動子と反射板を用いて、定在波を形成させ脱水を行う方法が提案されている⁽¹⁾が、環境変化に応じて振動子と反射板の位置を制御する必要があり、脱水を行う際、振動子と反射板を最適位置に移動させるのに時間がかかる⁽²⁾。また、一つの振動子の脱水範囲が小さいため、大型の基板の脱水では振動子を複数並べて行う必要がある。そこで本研究では集束超音波を用い、ビア内に残留した水を除去する方法を提案した。基板上の任意の場所に超音波を集束させ、脱水の観測および音圧の測定を行った。

2. 原理

2.1. 脱水原理

Fig. 1 (a) に示すように BV では、超音波が液体に入射すると、液表面にキャピラリー波が発生し、液体の周辺を反射の境界として表面に干渉波が起こる。液表面での液体の衝突、引きちぎり合うエネルギーが表面張力に勝り、液体を微粒化して空中に飛散させる。また、同 (b) に示すように TV では振動子側からの音響放射圧による力が液体の表面張力に勝り、液体をビアから空中に押し出し、飛散させる。

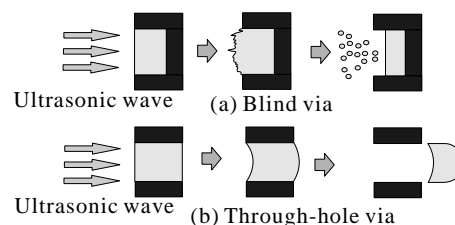


Fig. 1 Principle of dewatering

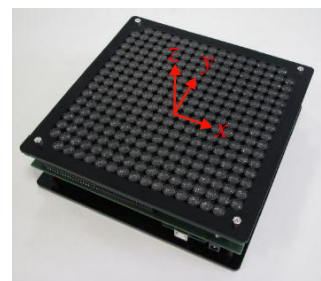
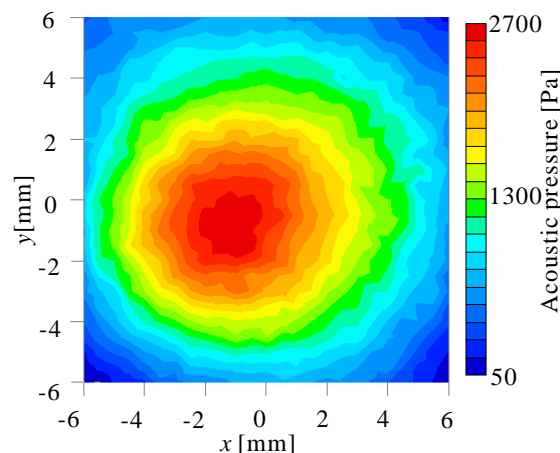
Fig. 2 Compact ultrasonic focusing device⁽³⁾

Fig. 3 Acoustic pressure distribution around focal point

2.2. 収束超音波⁽³⁾

単独の超音波発振子が発生する音響放射圧は微弱である。285 個の超音波振動子を使用し、各振動子の位相差を適切に制御して空中に単一の焦点を結ぶと高い音圧を得ることができる。また、位相を制御することで焦点の位置を変えることもできる。すなわち、離れた場所から空間中の任意の位置に音波を集束させ、その点に強力な超音波を照射することができる。本研究では Fig. 2 に示す超音波集束装置⁽³⁾を用いる。

3. 音圧測定

集束超音波を用いて脱水を行う際、基板上的のビアの位置に集束超音波を照射することで、ビア内に溜まった水を除去する。先行研究では、脱水現象が音圧に密接に関係することが分かっている⁽¹⁾。超音波焦点の音圧分布の測定を行った。Fig. 2 のように装置の振動面の中心を原点とし、振動面と平行方向を x 軸 y 軸、音波の鉛直方向を z 軸とした。音圧測定は $\phi 2.3$ [mm] コンデンサマイクを xy 方向に移動させて行った。Fig. 3 は超音波焦点を原点から z 方向に 150 [mm] 離れた位置に設定した際の音圧分布である。音圧が円状に分布しており、中心位置に近づくほど音圧が高くなることが分かる。また、焦点の中心の位置が装置の座標の中心と x 方向、 y 方向それぞれ 1 [mm] ほどずれており、脱水を行う際、座標を校正してから用いる。

4. 脱水実験

4.1. 脱水領域

脱水装置の構成は Fig. 4 に示すように基板の真上に超音波集束装置を設置しており、この構成で実験を行った。0.8 [mm] 径のビアを一つ備えた基板を用意し、そのビアに水を充填して超音波を照射した。超音波焦点近傍で脱水が行われる領域を調べた。TV では、1800 [Pa] 以上の音圧で脱水が確認でき、超音波焦点の中心から半径 2.5 [mm] 以内の範囲であった。また、BV の場合、音圧が 2700 [Pa] 以上で、中心から半径 1 [mm] 以内の範囲で脱水が観察され、TV と比べ、脱水が起こりにくく、より高い音圧が必要であることがわかった。

4.2. 脱水時間

上記と同様の基板を用意し、脱水が行われる様子を、高速度カメラを用いて観測した。また、ビア内が完全に脱水されるまでの脱水時間を測定した。TV および BV の脱水の様子を Fig. 5 および Fig. 6 に示す。TV では、超音波を照射した直後に液体がビアから押出され、脱水完了まで約 0.2 [s] かかった。一方、BV では、液表面にキャピラリー波が発生して液体が徐々に微粒子化され、空中に飛散されることが観察されたため、ビアの深さに大きく影響されることが考えられる。本実験ではビアの深さが 1 [mm] であり、脱水完了まで約 0.7 [s] かかった。TV と比較して、BV の方が時間を要する傾向にある。

5. 結言

本研究では、集束超音波を利用してプリント基板のビア内に溜まった水を除去する方法を提案した。超音波集束装置から放射された超音波の焦点近傍の音圧分布の測定結果と比較し、TV および BV のそれぞれの脱水領域を確認した。また、脱水に要する時間の測定を試みた。

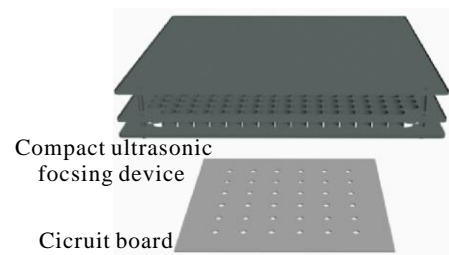


Fig. 4 Schematic view of dewatering system

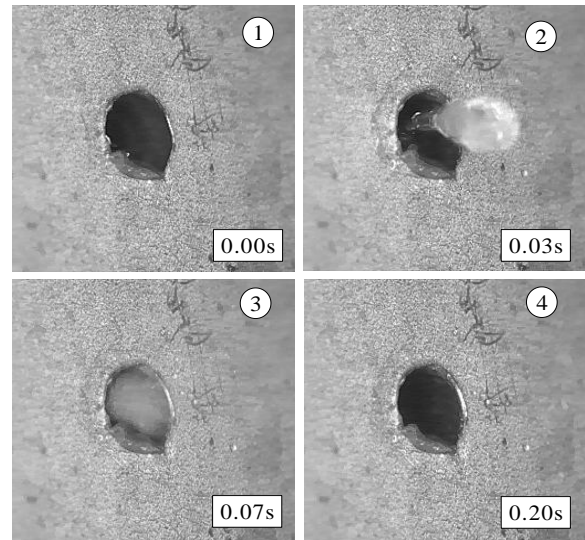


Fig. 5 Dewatering in through-hole via

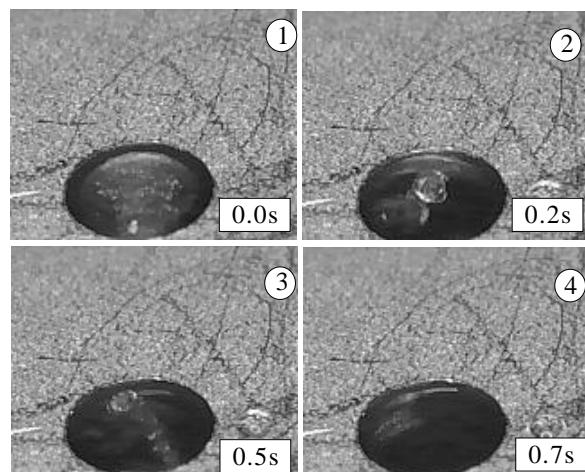


Fig. 6 Dewatering in blind via

参考文献

- (1) 高崎正也, 遠藤崇順, 水野毅, “超音波を利用した微小径孔の脱水に関する研究”, 精密工学会誌, Vol. 78, No. 4 (2012), pp. 338-342.
- (2) 中谷公祐, 高崎正也, 水野毅, “プリント基板における超音波を利用した脱水に関する研究 - 第 2 報自動脱水システムの提案”. 2013 年度精密工学会春季大会講演論文集, 2013. (掲載予定)
- (3) 星貴之, “空中超音波触覚ディスプレイの可搬性の向上”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2012 講演論文集, 1A1-A03(1-2), 2012.