高精度・高速処理テープ式研磨装置の開発

田中　興一*　　坂井　修*　　高橋　靖*
細貝　信和**　五十嵐　慎継**　高野　正徳**　小俣　晃之***

Development of High precision-High speed Polisher Using Lapping Films

TANAKA Kouichi , SAKAI Osamu , TAKAHASHI Yasushi,
HOSOGAI Nobukazu , IKARASHI Noritsugu, TAKANO Masanori and OMATA Teruyuki

抄録

従来のバフやベルト研磨機では対応が困難な次世代プリント基板の表面を高精度かつ高能率で研磨するため、従来機の欠点であった加工能率を大幅に改善した高速テープ研磨装置を開発した。また、開発したテープ研磨装置で各種プリント基板材料の研磨試験を行った結果、従来機よりはるかに高速、高精度な加工が可能であることが確認された。

１．　緒言

近年、プリント基板の製造技術においては多層化やファインピッチ化が進み、またＣＳＰ（Chip Scale Package）やＣＯＢ（Chip On Board）などの実装技術の進歩により、プリント基板に求められる平面度や表面粗さなどの表面精度も年々向上している。一方、これまでプリント基板表面の研磨加工には、バフロールやベルト研磨機が用いられてきた。しかし今後この従来技術では精度的に対応していくことが困難と予想されており、その対応が緊急の課題となっている。

一方、従来主に高精度機械部品等の仕上げ研磨に用いられていた研磨フィルムを用いたテープ研磨装置は、加工精度は優れるものの加工能率が低く、現状ではプリント基板の加工には使用されていない。そこで研磨フィルムによるテープ研磨加工をプリント基板の新たな研磨加工方法として提案するために、従来のテープ研磨装置の欠点であった加工能力を大幅に改善した高速テープ研磨装置を開発することを目的として研究を行った。また、開発したテープ研磨装置を使用して各種プリント基板材料の研磨試験を行い、研磨特性、研磨精度の評価を行った。

＊研究開発センター
＊＊株式会社　サンシン
＊＊＊株式会社　ケイテックエンジニアリング

２．　テープ研磨装置の開発

２．１　概要

テープ研磨は現在プリント基板の加工に使われているバフロールやベルト研磨機より精度が高いものの加工能率が低い。一方、半導体などの加工に主に使われているラップ盤やＣＭＰ等に比べると加工能率は高いが精度が劣る。したがって加工速度をバフロールやベルト研磨機に少しでも近づけ、精度をラップ盤に少しでも近づけるようなテープ研磨装置を開発できればプリント基板研磨等の新たな市場に参入していくことが可能である。

今回開発した装置は、プリント基板の専用研磨機とするため従来機に対し次のような改良を加えてある。

a) テープ・テーブル送り速度の高速化

研磨効率を上げるためにテープとテーブルの相対速度を従来機の数十倍に高速化した。

b) テープの往復送り

テープ送りの高速化に伴い増加するテープコストを抑えるために、従来１回の使用で廃棄していたテープを往復使用することによって再利用できるようにした。

２．２　開発機の仕様

開発機の外観を図１、仕様を表１に示す。本装置はプリント基板用テープ研磨装置の試作機として開発したため対応するワークサイ

ズは 100 ㎜×100㎜ とした。

使用するテープの幅は４インチとし、テープの送り速度は従来機の数十倍にあたる 500㎜/s まで上げることが可能である。テープの高速安定走行と往復送りを実現するため左右のテープリールの駆動にそれぞれサーボモーターを採用し、構造も左右対称として左右どちらの方向にも安定したテープ送りが可能なように考慮してある。

テーブルの送りにもサーボモーターを採用し、ＮＣ制御により様々な研磨パターンに対応できるように設計した。

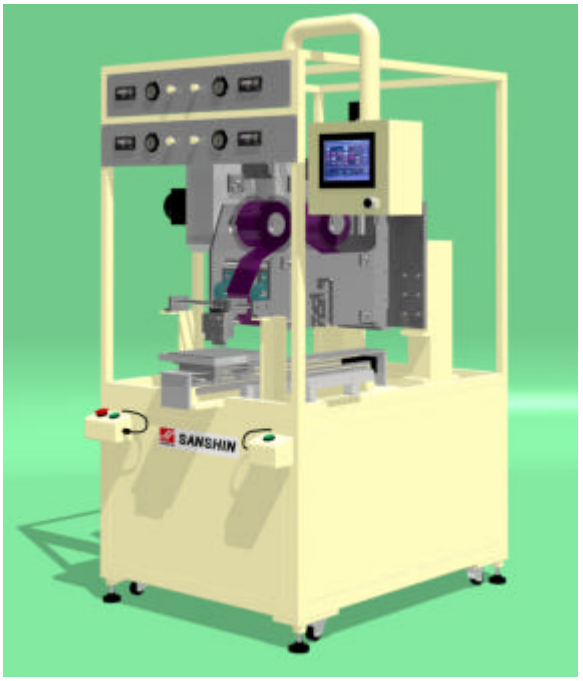

図１　テープ研磨装置

表１　装置仕様

項　　目	仕　　様
テープ幅	４インチ
テープ送り速度	Max　５００㎜/s
コンタクトロール幅	１００㎜
コンタクトロール硬度	50°,70°,90°
コンタクトロール加圧力	0.1~50kgf（片側）
コンタクトロール揺動幅	１㎜
テーブルサイズ	210㎜×230㎜
テーブル移動量	２７０㎜
テーブル送り速度	Max　２００㎜/s
ワーククランプ方式	バキュームチャック

３．研磨試験

３．１　研磨特性

開発したテープ研磨装置を使用してプリント基板の研磨試験を行い、研磨特性の評価を行った。

３．１．１　試験方法

試験に使用した材料は両面銅張ガラスエポキシ基板（100×100 ㎜□、厚さ 2.7 ㎜、銅箔厚さ 32μｍ）で、試験では表面の銅を研磨している。

テープはＣ６００、Ｃ１０００、Ｃ２０００（三共理化学製）を使用し、それぞれのテープについて、テープとワークの相対速度（テープ速度＋テーブル速度、以後「接触速度」と呼ぶ）、単位ワーク長さ当たりに使用するテープの長さ（テープ速度／テーブル速度、以後「テープ使用率」と呼ぶ）、コンタクトロール加圧力、コンタクトロール硬度を変えて研磨試験を行った。

３．１．２　研磨量の算出

研磨量は研磨した銅の重量［ｇ］から、以下の式により厚さ［μｍ］に換算して求めた。

研磨量［μｍ］＝除去した銅の重量［ｇ］÷銅の理論密度８．９３［ｇ/㎤］÷基板の表面積１００［㎠］×１００００

３．１．３　研磨速度

単位加工時間当たりの研磨量を研磨速度と定義して評価した。図２は、接触速度を変えた場合の研磨速度、図３は、テープ使用率を変えた場合の研磨速度を示している。これらの図から研磨速度は接触速度に比例して増加することがわかる。すなわち、速く研磨するためには、テープ速度とテーブル速度を大きくしたほうが良い。また、研磨速度はテープ使用率が１までは増加するが、それ以上では頭打ちとなり、いくらテープ使用率を大きくしても変わらないことがわかった。

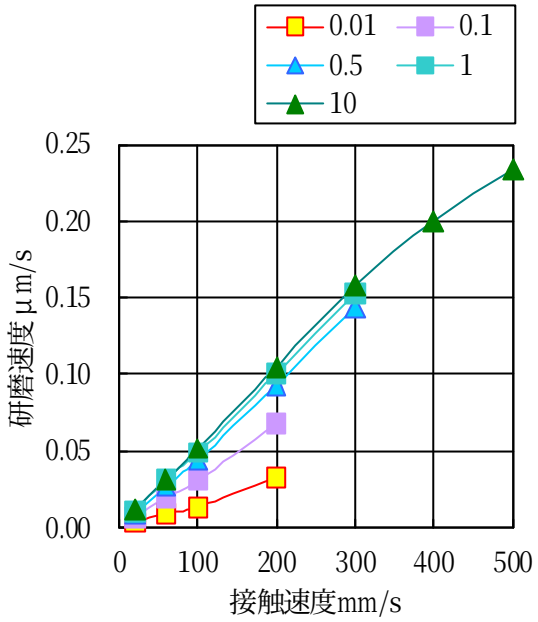

図２　接触速度と研磨速度の関係
（C600，加圧 20kg，CR70°）

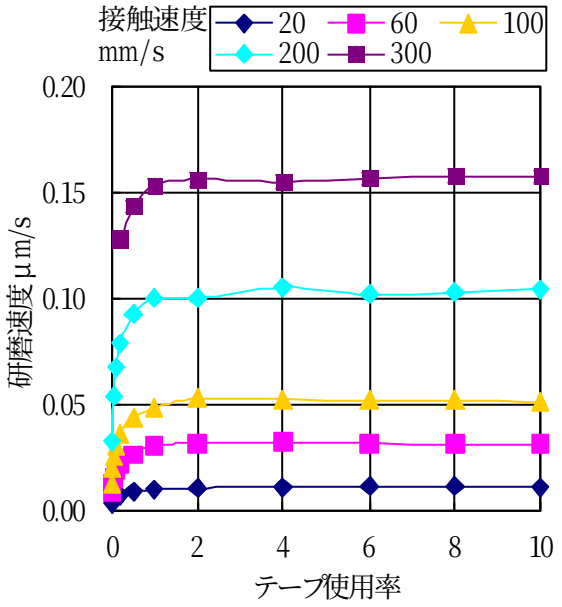

図３　テープ使用率と研磨速度の関係
（C600,加圧 20kg，CR70°）

３．１．４　テープ効率

研磨テープ単位長さ当たりの研磨量をテープ効率と定義し評価した。これによると、テープ使用率の小さいほど、すなわち、テープ速度を小さくしテーブル送り速度を大きくするほどテープ効率は良いことがわかった。

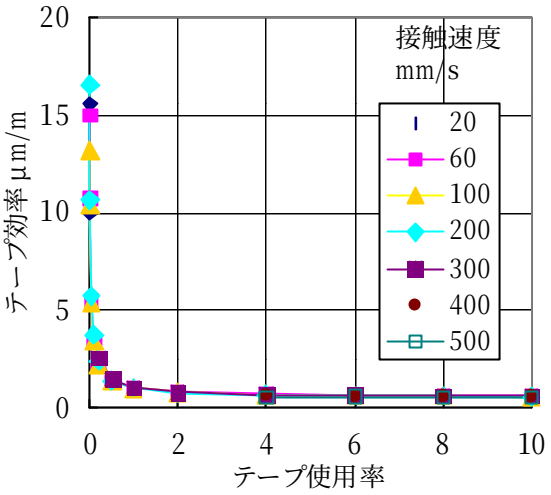

図４　テープ使用率とテープ効率の関係
（C600，加圧 20kg,CR70°）

３．１．５　コンタクトローラの影響

図５は、速度条件を固定し、コンタクトロール加圧力とコンタクトロール硬度を変えて、研磨量を調べたものである。これによると、研磨量は加圧力に比例して増加し、また、コンタクトロールは硬い方が研磨量がやや大きいことがわかった。

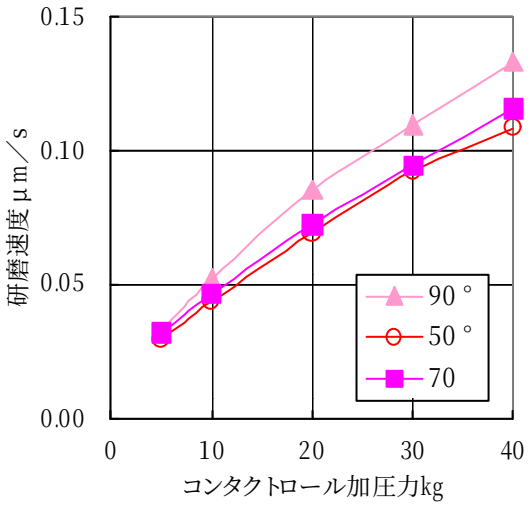

図5　コンタクトロール加圧力・硬度と研磨量との関係
（C1000,接触速度 200mm/s，テープ使用率 2）

３．２　研磨面精度

開発したテープ研磨装置を使用してプリント基板の研磨試験を行い、研磨面精度の評価を行った。

評価に使用した材料は両面銅張ガラスエポキシ基板（100×100 ㎜□、厚さ 2.7 ㎜、銅箔厚さ 32μ㎜）で、片面のみを使用した。

使用したテープはＣ６００、Ｃ１０００、Ｃ２０００、ＷＡ４０００、ＷＡ６０００、ＷＡ１００００（三共理化学製）で、それぞれテープ速度、テーブル速度、コンタクトロール加圧力、研磨回数を変えて研磨試験を行った。

プリント基板の研磨において評価が必要となる研磨面特性は表面粗さと表面形状の２項目である。表面形状については、さらに表面の狭範囲での面性状と基板全体のうねりに分けて評価する必要がある。

３．２．１　表面粗さ

表面粗さの評価には表面粗さ計（フォームタリサーフ）を使用した。しかし、研磨後の銅の表面には材料のむしれによる欠陥が見られ、触針式の粗さ計では表面性状を正しく評価出来ないことが判明した。そこでフォームタリサーフによる微少部分の３次元測定を行い、３次元鳥瞰図により視覚的に表面粗さを評価する方法を併用することにした。各種テープによる粗さの違いを図６に示す。なお、左のグラフが研磨方向と直角に測定した粗さで右のグラフが研磨方向に測定した粗さである。

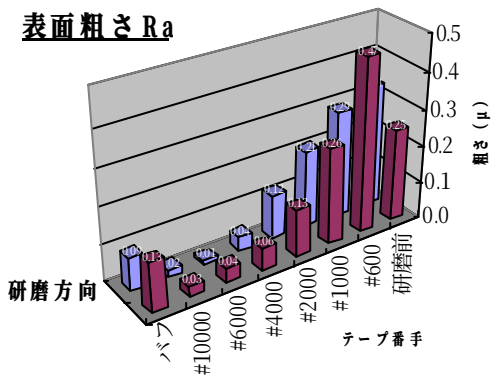

図６　テープ種類による粗さの違い

この図から面粗さはテープ番手に反比例して小さくなることがわかる。また、加工条件や研磨量を変えて測定した結果から面粗さは加工条件に関わらず同じテープで加工した場合、ほぼ同じ値になることが判明した。

基板表面の研磨傷の状況を把握するために基板表面の０.２５６×０.２５６㎜の範囲をフォームタリサーフで３次元測定し、３次元鳥瞰図に表したものを図７～図９に示す。

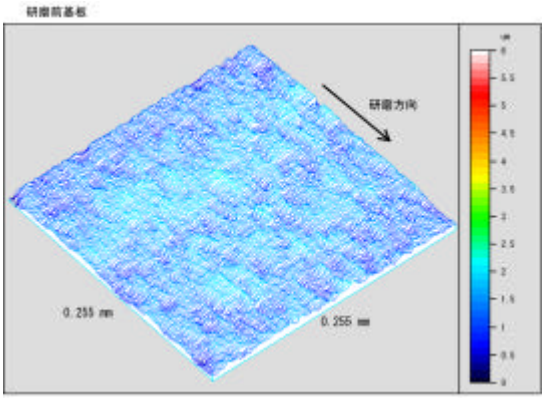

図７　研磨前基板表面

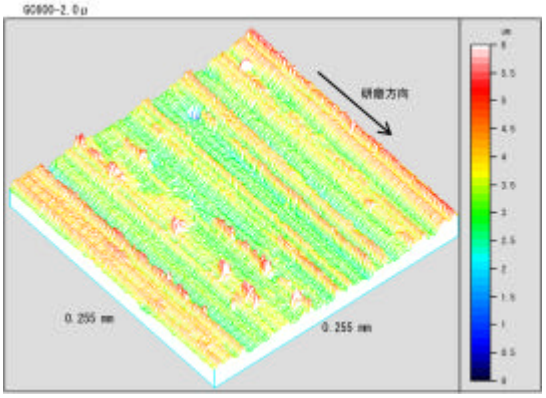

図８　Ｃ６００

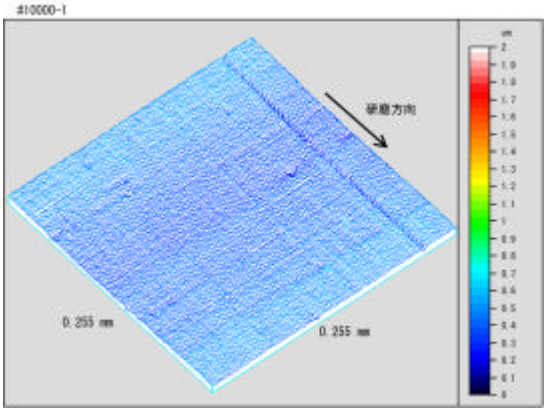

図９　ＷＡ１００００

図７が研磨前、図８がＣ６００、図９がＷＡ１００００で研磨したものである。
Ｃ６００では研磨傷が大きく、特に銅のむしれによる欠陥が見られる。高番手テープで研磨するとこの傷は少なくなる。しかし図９に示すようにＷＡ１０００ではきれいな研磨が可能であるが、ごみのかみ込みによると思われる欠陥が見られる

３．２．２　表面形状

各種測定方法を検討した結果、測定精度、分解能などの点からフォームタリサーフによる３次元測定を行い、３次元鳥瞰図を作成して断面形状を評価することにした。

予備試験の結果、プリント基板の表面に基材のガラスエポキシ基板中のガラスクロスの織り目に起因すると思われる 0.8 ㎜ピッチ、高さ約２μｍのうねりが存在することが判明したため研磨試験においては、このうねりを除去することがひとつのポイントとなった。そこで表面形状の評価に当たっては、このうねりの変化がとらえやすいように測定範囲を２．５６×２．５６mmの狭い範囲に設定して測定を行った。

基板全体のうねりの評価についてはプリント基板自体の変形が大きく、研磨による形状の変化を検出することが困難なため断念した。

図１０が研磨前、図１１がＣ６００、図１２がＷＡ１００００で研磨したものである。

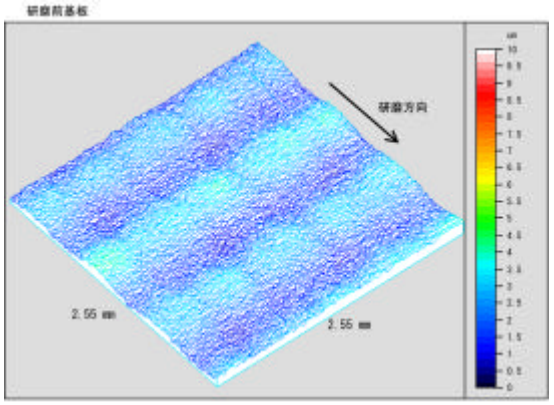

図１０　研磨前基板

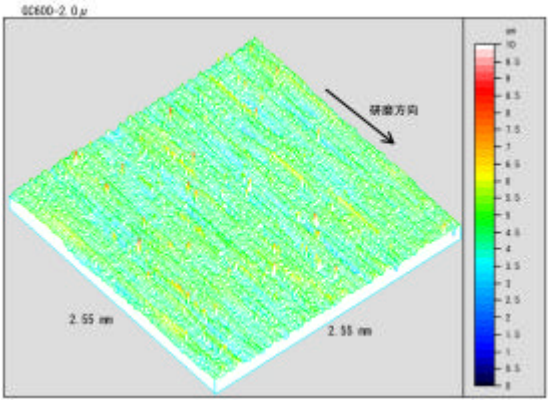

図１１　Ｃ６００

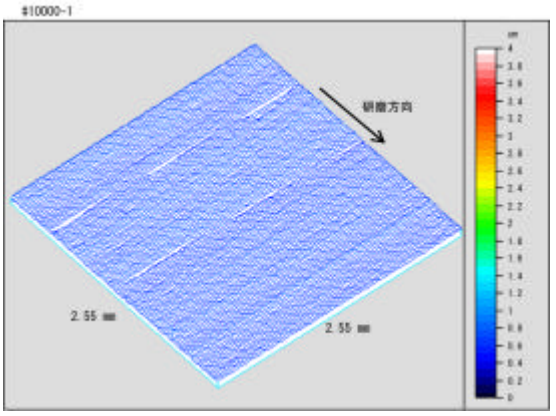

図１２　ＷＡ１００００

図１０からわかるように研磨前の基板表面には内部のガラスクロスの織目に起因すると思われる 0.8 ㎜ピッチ、高さ２μｍのうねりが存在する。図１１に示すようにテープ研磨によってこのうねりは除去できることがわかる。図１２のように高番手テープを使用することによりほぼ平坦な面を得ることができる。

４　まとめ

(1)研磨効率を従来機より大幅に向上したテープ式高速・高精度研磨機を開発した。
(2)研磨速度はテープとワークの接触速度に比例して増加する。
(3)高速研磨を行いながらテープコストを抑えるには、テープ速度を低くしてテーブル速度を早くすることが必要である。
(4)研磨面性状の多角的評価を行い、テープ研磨がプリント基板の平坦化に有効であることがわかった。