

鈴木 久司
H. Suzuki

横田 貞夫
S. Makita

原 悟
S. Hara

近年、パソコン (PC) の性能は飛躍的に進歩し、特に CPU についてはクロック周波数が 100 MHz を超えるものも現れ、処理速度も一段と向上した。ノートブック PC でもインテル社の高速 CPU Pentium™(注1)を搭載したものがあいついで登場してきた。

当社では、世界初の Pentium ノートブック PC として海外向け高性能カラーノートブック PC (T4900CT) を 1994 年秋に発売、1995 年に入って海外向けサブノート PC (PORTÉGÉ610CT)、マルチメディア対応普及型ノートブック PC (Satellite Pro 400CS/CDT)、およびその国内向けモデルを発表してきた。搭載した CPU はインテル社の Mobile Pentium として開発された TCP (Tape Carrier Package) を採用した。

ここでは、この Pentium TCP の放熱方式と印刷回路基板 (PCB) の実装技術を中心に述べる。

There has been dramatic progress over the past few years in personal computer performance. In particular, CPU clock frequencies have now surpassed 100 MHz, realizing a tremendous increase in processing speed. Now, the Intel Pentium CPU has arrived in the notebook PC arena.

Last fall, Toshiba introduced the world's first Pentium notebook PC, the T4900CT, a high-power color notebook for the international market. This was followed this year by the launching of the sub-note PORTÉGÉ610CT model and the multimedia Satellite Pro 400CS/CDT model. Both of these machines utilize a tape carrier package (TCP) that was developed especially for the Mobile Pentium CPU.

This paper focuses primarily on describing a heat dissipation method and printed circuit board (PCB) packaging technology for the Pentium TCP.

1 まえがき

PC の高速化に伴い、ノートブック PC でも Pentium プロセッサを搭載した機種があいついで登場した。当社でも、世界初の Pentium ノートブック PC として海外向け高性能カラーノートブック PC (T4900CT) を 1994 年秋に発売した。1995 年に入って、海外向けサブノート PC (PORTÉGÉ610CT)、マルチメディア対応普及型ノートブック PC (Satellite Pro 400CS/CDT)、およびその国内モデルを発表してきた。図 1 に、これら当社の開発した Pentium ノートブック PC の外観を示す。

これらのノートブック PC に搭載した CPU はインテル社の Mobile Pentium として開発された TCP を採用した。この Pentium は、ローパワー版ではあるが消費電力は約 5~7 W と従来の i486CPU に比べ大きく、効率の良い放熱設計が必要である。また、この TCP はリードピッチ 0.25 mm、リード数 320 ピンとファインピッチ、多ピンのパッケージであり信頼性の高い PCB の表面実装技術が要求される。

ここでは、この TCP の PCB 実装技術を中心に、Pentium

ノートブック PC の実装技術について紹介する。

2 Pentium ノートブック PC の実装構造

図 2 に当社の代表的な Pentium ノートブック PC 本体の内部実装構造を示す。Pentium CPU は、本体後方のシステム PCB に実装される。また、ハードディスクドライブ、PC カード、電源部、バッテリーパックなどの主要ユニットが配置される。

特に、効率の良い放熱が必要な Pentium CPU は後述するコールドプレート放熱方式により PCB に実装される。また、この Pentium CPU で発生する熱はコールドプレートを介して、PC 本体内部に設けた伝熱板から、筐(きょう)体への拡散による自然空冷、または必要により本体に設けられた小型ファンによる強制空冷で放熱される。この放熱構造は、当社の機械・エネルギー研究所で開発した熱解析手法により、事前に最適値を求めて設計した。

図 3 にこの熱解析モデルでの PC 温度分布を示す。

(注 1) Pentium は、インテル社の商標。



図1. Pentium ノートブック PC Pentium を搭載した当社のノートブック PC。
Toshiba Pentium notebook PCs

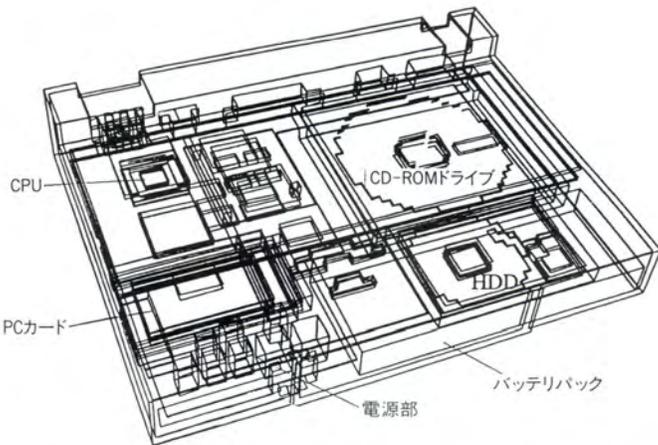


図2. Pentium ノートブック PC 本体の内部実装構造 Pentium CPU は PC 本体後方のシステム PCB に実装される。
Layout of internal components of Pentium notebook PC

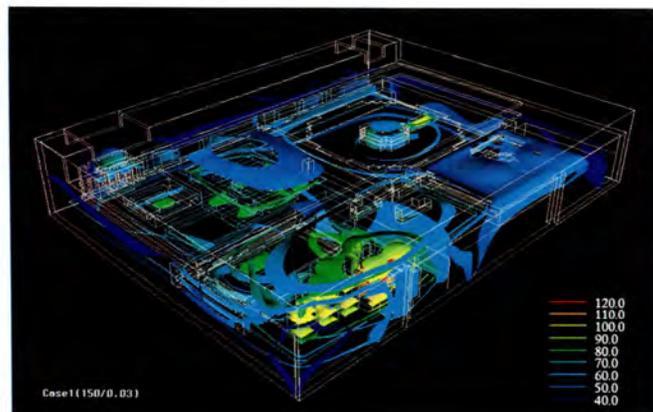


図3. 熱解析モデルによる PC の温度分布 熱解析を事前に行い、PC 各部の温度分布を予測し最適値を求めて設計する。
Heat distribution of analysis model

3 コールドプレートによる Pentium TCP の放熱方式

従来の i486CPU の発熱量は 2~3 W 程度であり、QFP (Quad Flat Package) パッケージ表面からの放熱で十分であったが、この Pentium CPU は発熱量がローパワー版でも約 5~7 W と大きい。パッケージの内部熱抵抗は TCP 版のほうが小さく放熱設計上有利でありこれを採用した。

TCP の放熱方式としては、TCP をサーマルビアの設けられた PCB に熱伝導性の接着剤で接続し、PCB および PCB 裏面の伝熱板に放熱する方法が一般的である。

当社では、高信頼性を確保するために CPU のジャンクション温度は 90°C 程度に抑える熱設計を行っているが、このためには TCP から伝熱板までの熱抵抗をより小さくすることが重要である。

このモデルでは、より小さい熱抵抗で放熱性能を向上させる方法として、コールドプレートによる Pentium TCP の放熱方式を用いた。

図4に Pentium TCP の放熱実装構造を示す。

この構造は PCB の開口孔に銅系合金材料で造られたコールドプレートをはめ込み、TCP 中央のダイ裏面とコールドプレートを熱伝導性の接着剤で密着接続させる方式である。

この方式を採用したことにより、Pentium のジャンクションからコールドプレート下部までの熱抵抗を、1 K/W 以下に抑えられ、放熱性能を大幅に向上できた。

さらに、コールドプレートとダイ間の電気抵抗を下げるために、ダイアタッチ材として銀ペーストを採用した。また、チップのシリコンとコールドプレートの銅系合金の熱膨張係数の違いにより高温時には接続面に収縮がでてくるが、この収縮差を吸収することができる銀ペーストを用いることが重要である。

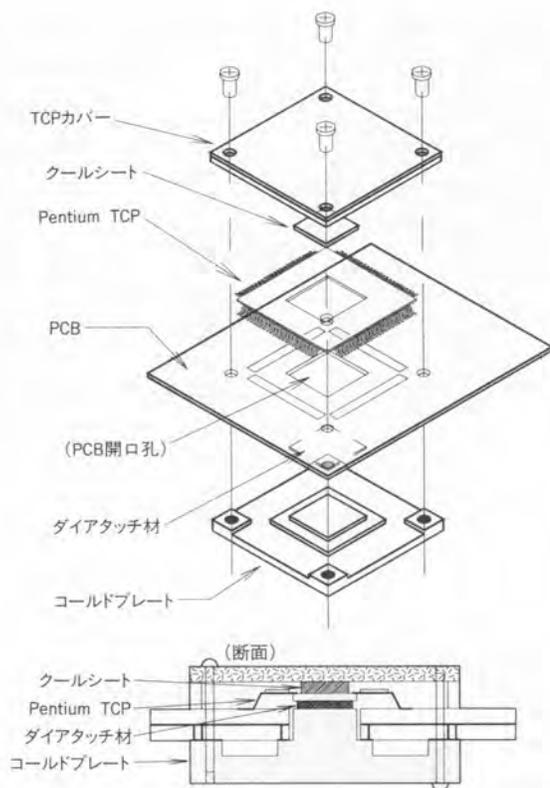


図4. Pentium TCPの放熱実装構造 PCBに開口孔を設けコールドプレートをはめ込み、このプレートとTCP中央のダイ裏面に銀ペーストで熱接続する。

Heat dissipation structure of Pentium TCP mounted on PCB

4 ファインピッチ TCP の PCB 実装技術

当社では、1991年に発売したノートブックPC (T4400SX)にASIC (用途特定IC) パッケージとしてリードピッチ0.3mmのTCPを他社に先駆け採用している。

TCPのPCB実装技術は当社が開発し、現在リードピッチは0.2mmのものまで実現している。

Pentium TCPの実装はASIC用TCPの実装開発の経験を十分生かすことによって他社に先駆けて実現できた。

表1にASIC TCPとPentium TCPの主なパッケージ仕様を示す。

表1. TCPパッケージの仕様

Specifications of Pentium TCP and ASIC TCP

項目	Pentium TCP	ASIC TCP
ボディサイズ (mm)	□26	□28
リードピッチ (mm)	0.25	0.3
リード数	320	344
リード幅 (mm)	0.12	0.12
リード厚さ (mm)	0.035	0.03
リード表面処理 (μm)	Au 0.6	Sn 0.4
テープ幅 (mm)	48	70

以下にファインピッチ TCP の PCB 実装技術について述べる。

4.1 ファインピッチ TCP 用 PWB の開発

PWB (印刷配線板) のボンディングパッドの寸法精度がファインピッチ TCP を高い接続品質で PWB にはんだ付けするために重要となる。特に0.25mmリードピッチTCPでは0.3mmTCPのはんだ付けより高精度が必要であり、当社ではこのパッド幅を0.13±0.02mmと規定した。

この高精度のパッド幅を実現するPWBの製法としてメッキ法でパターンを形成するフルアディティブ法があるが、この製法によるものは現在、貫通型スルーホールしか形成できない。高密度配線に対応できるIVH (Interstitial Via-Hole) PWBは、エッチング法でパターンを形成するサブトラクティブ法である。この製法はフルアディティブ法に比較しパターンの高精度化が難しいが、製造技術の改善によりTCPの実装に必要な精度を確保できた。

4.2 TCP用はんだプリコート技術

ファインピッチ TCP のはんだ接続に必要なPWBパッドへのはんだ供給はプリコート法を用いた。

プリコートはんだ厚さは、TCPのはんだ付け後のリードピッチ強度を確保するため15μm以上必要である。

一方、はんだ量が多すぎてもリード間でショートするなどの品質問題を防ぐため上限の管理も必要である。

現在、ファインピッチ TCP 実装のはんだ供給は、このプリコート法が適していると考えるが、コスト高であるなど課題も多い。今後、低コストで実現できる方式の開発を行っていく。

4.3 TCPのOLB技術

ここでは、当社のホットバー方式によるPentium TCPのPWBへのOLB (Outer Lead Bonding) 技術について述べる。

4.3.1 TCPの実装工程

TCPの実装工程を図5に示す。Pentium TCPは薄いフィルム状テープに接続された形態で供給されるが次の工程でPWBに実装する。

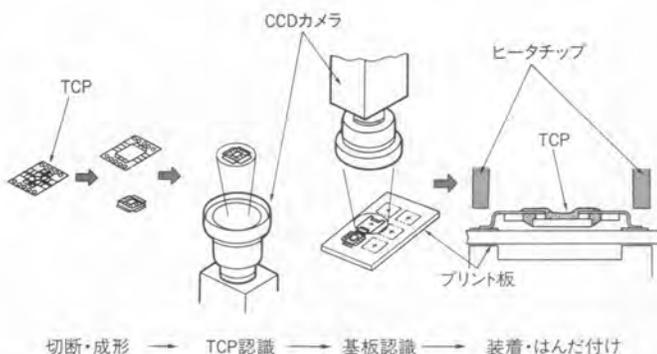


図5. Pentium TCPの実装工程 TCPは打抜き成形された後、基板にはんだ付けされる。

Pentium TCP mounting and soldering processes

- (1) 切断, 成形 Pentium チップと TCP リードが ILB (Inner Lead Bonding) された TCP をまず金型で打ち抜き, 同時にフォーミングする。
- (2) TCP・PWB 認識 切断, 成形された TCP を実装装置のヘッドでピックアップし, この TCP および PWB を画像認識装置で位置認識をする。
- (3) 装着, はんだ付け TCP と PWB の必要な位置補正を行った後, TCP をはんだブリコートされた PWB に装着しはんだ付けする。

この TCP 実装の OLB 工程は PCB 上のほかの搭載部品のリフローはんだ付け後に行う。また OLB の加熱方法には, 光, レーザ, 熱風およびヒータチップなどによる方法がある。

今回の Pentium TCP の実装では, ヒータチップによるホットバー方式を採用した。この方式は, ヒータチップで TCP のリードを押さえながら加熱し, リードと PWB 上のパッドをはんだ付けできるので接続品質が安定する。

図 6 にホットバー方式による Pentium TCP のはんだ接合部の外観を示す。

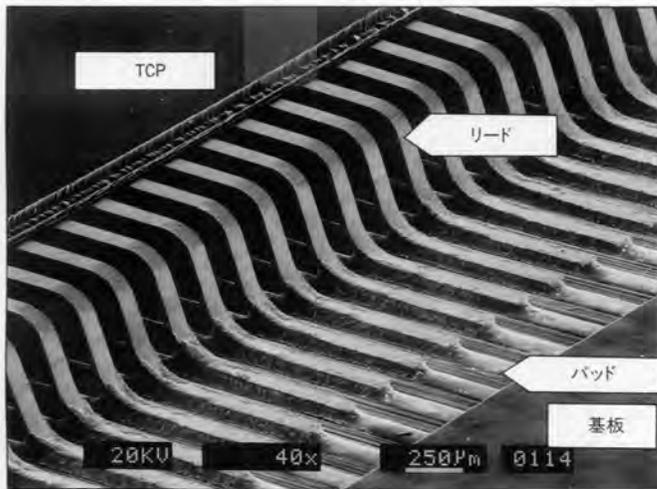


図 6. Pentium TCP のはんだ接合部 ガルウィング形状に成形された 0.25 mm ピッチの TCP リードが, 基板にはんだ付けされる。

Soldering joints of Pentium TCP

4.3.2 TCP 接合部の信頼性 Pentium TCP はリードが Au メッキであることから, はんだ接合部の経時変化によって Au-Sn 系の金属間化合物が成長することも考えられ, 接合部の劣化が懸念された。

この接合部の信頼性を確認するために, TCP をはんだ付け後の PCB の強制劣化試験を行った。接合部の強度測定は引張り試験を行い, リードと接合部が破断するときの最大荷重を接合強度とした。

強制劣化試験は, 125°C の高温放置試験と, -65~125°C の温度サイクル試験を実施した。この試験の接合部断面の観察から, 試験後にはんだの組織が粗大化し, Au-Sn 系金属間化合物の成長が見られた。しかし, 接合強度にはほとんど影響がなく, 高い接合部の信頼性を得られることが確認できた。

図 7 に温度試験時の接合強度を示す。

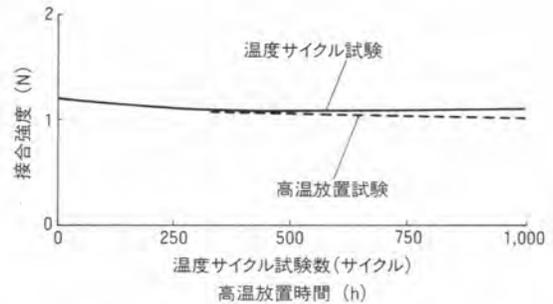


図 7. 温度サイクル, 高温放置試験時間と接合強度の関係 温度サイクル試験 1,000 サイクルと高温放置試験 1,000 時間では接合強度の顕著な劣化はみられない。

Relationships of thermal cycles and high-temperature testing time to strength of soldering joints

5 あとがき

他社に先駆けて商品化した Pentium ノートブック PC の Pentium TCP の放熱, PCB 実装技術を中心に紹介した。

ノートブック PC の軽薄短小化には高密度実装技術がますます必要だが, 今後も当社 PC の開発設計部門, 実装・製造技術開発部門はもとより, 研究開発部門が一体となって開発に取り組んでいく。



鈴木 久司 Hisashi Suzuki

1970 年入社。パソコンの実装, 構想設計に従事。現在, 青梅工場パソコンハードウェア設計部課長。
Ome Works



榎田 貞夫 Sadao Makita

1971 年入社。産業用ミニコンピュータ, パソコンの実装設計に従事。現在, 青梅工場実装技術部主任。
Ome Works



原 悟 Satoru Hara

1986 年入社。実装技術の開発に従事。現在, 生産技術研究所実装技術開発センター研究主務。
Manufacturing Engineering Research Center