

# ナノ多孔質体と選択的めっき技術を組み合わせた新しい高密度配線技術

New High-Density Wiring Technique Using Nanoporous Substrates and Photoinduced Selective Plating

平岡 俊郎 堀田 康之 真竹 茂

HIRAOKA Toshiro

HOTTA Yasuyuki

MATAKE Shigeru

携帯情報機器の小型・軽量化、高機能化を実現する新しい高密度配線技術を開発した。微細な空孔が多数形成されたナノ多孔質シートに微細な立体配線を作り込んでいく。立体配線の形成には、光が照射された部分だけを選択的に無電解めっきできる新しい選択的めっき法を用いた。ロジックやメモリなど様々な電子デバイスを高密度で集積することが可能となり、ウェアラブルコンピュータなど次世代情報機器への応用が期待できる。

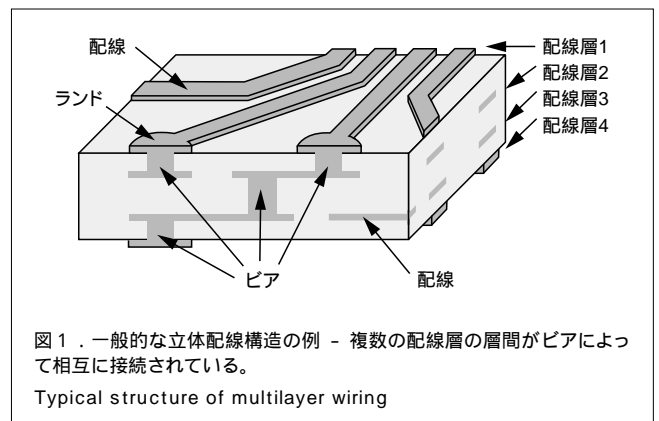
Toshiba has developed a new high-density wiring technique for portable information devices such as cellular telephones and PDAs. A fine three-dimensional wiring can be created within a nanoporous substrate using photoinduced selective plating. Various devices such as logic ICs and memory ICs can be integrated in a compact space using this technique. This process is potentially applicable to advanced information apparatus such as wearable computers.

## 1 まえがき

携帯電話や携帯情報端末(PDA)の高機能化はとどまるところを知らず、様々な機能を取り込むことによって、総合情報機器への進化を始めている。限られた容積で多様な機能を実現するためには、まず個々のデバイスの性能を向上させることが前提となる。しかし、ムーアの法則どおりに高集積化を続けてきた半導体チップでさえも、コスト面及び技術面で、今までどおりの手法では大幅な性能向上が望めない状況になりつつある。

そこで現在、多数のデバイスをコンパクトに収納するための高密度実装技術がその重要性を増している。例えば、半導体チップを三次元的に積み重ねるなど、高密度にデバイスを集積することによって、たとえ個々のデバイスの性能が同じであっても、同じ容積で何倍もの機能を実現できるようになる。高機能化という観点において、高密度実装技術は今後の携帯情報機器における大きな差異化技術となる可能性がある。

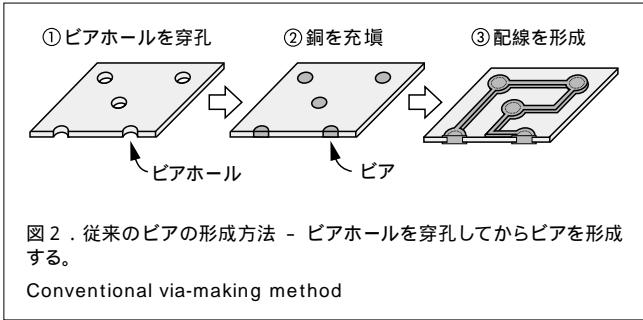
デバイスを集積する際には、各デバイスは配線幅が数十 $\mu\text{m}$ 以下の立体的な配線によって相互に接続される。この立体配線が高密度実装技術の鍵であり、いかに高密度で、しかも簡単なプロセスで形成できるかがポイントとなる。一般的な立体配線構造の例を図1に示す。複数の配線層(図1では4層)が積層された多層構造を持ち、各配線層間をビアと呼ばれる垂直方向の配線が相互に接続している。配線密度は配線ピッチとビア径によって決定される。配線ピッチは、 $30\mu\text{m}$



程度までの微細化が比較的容易である。しかし、ビアは微細化することが難しく、立体配線の高密度化はビアをいかに微細にできるかにかかっている。

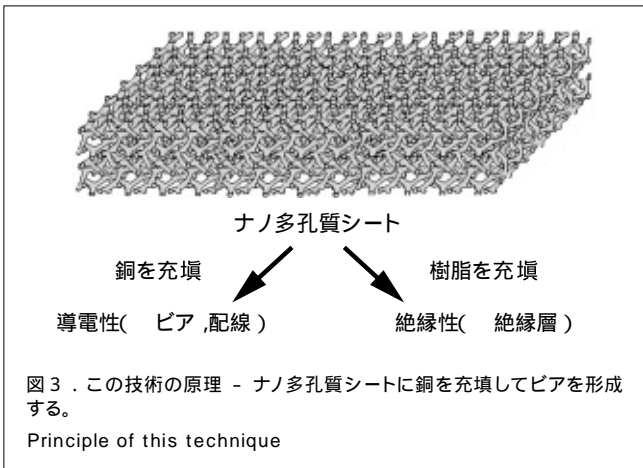
では、なぜビアを微細化することが難しいのか。通常ビアは、絶縁層にビアホールとよばれる貫通孔をドリルやレーザ加工により穿孔(せんこう)し、このビアホールにめっきしたり、導電性ペーストを充填(じゅうてん)したりして形成する(図2)。小さなビアを形成するには、ビアホールを小さくする必要があるが、簡単なプロセスで微細なビアホールを穿孔する手段がなかった。

そこで、ビアホールを穿孔することなく、簡単なプロセスによって微細なビアを形成できる新しい高密度配線技術を開発した。この技術はビアだけでなく配線も同時に形成可能であるなど、従来にない特長を持っている。



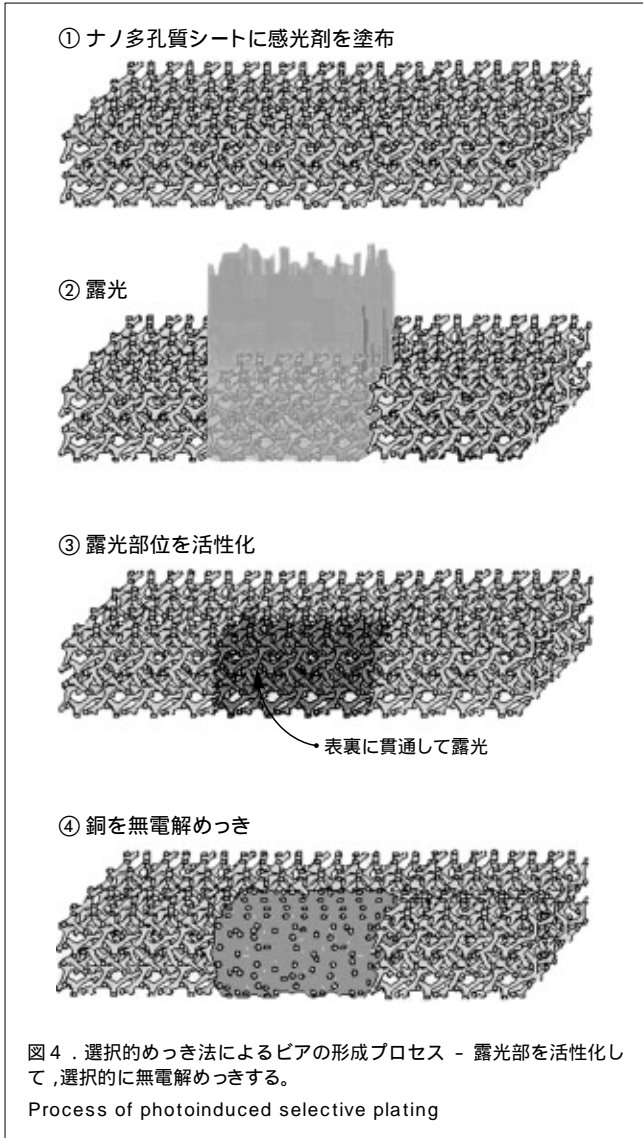
## 2 この技術の原理

この技術は絶縁性のナノ多孔質シートを用い、このナノ多孔質シート内に無電解めっきによって配線やビアを作り込んでいく。技術の原理を図3に示す。ナノ多孔質シートには、三次元的に連続なナノ空孔が無数に形成されている。このため、他の物質を多孔質シート内に充填することができる。例えば銅などの金属を充填すれば、その領域は導電性となる。対して含浸樹脂などの絶縁性物質を充填すれば絶縁性となる。ピアホールを穿孔する必要はなく、ナノ多孔質シートの表裏に貫通した領域に銅を充填するだけで、ビアを形成することが可能となる。またビアだけでなく、シートの平面方向に連続した領域に銅を充填すれば、配線を形成することもできる。つまりビアや配線のパターンどおりにナノ多孔質シート内に銅を充填することによって、配線やビアを形成できる。配線やビアを形成した残りの部分には、熱硬化性樹脂などを充填して硬化させることにより絶縁層とする。



## 3 選択的めっき法によるビアと配線の形成

ナノ多孔質シート内の特定の領域に銅を充填するために、露光した部位だけを無電解めっきできる選択的めっき法を新たに開発した。この選択的めっき法の概略を図4に示す。まずナノ多孔質シートに感光剤を塗布する。通常は、感光

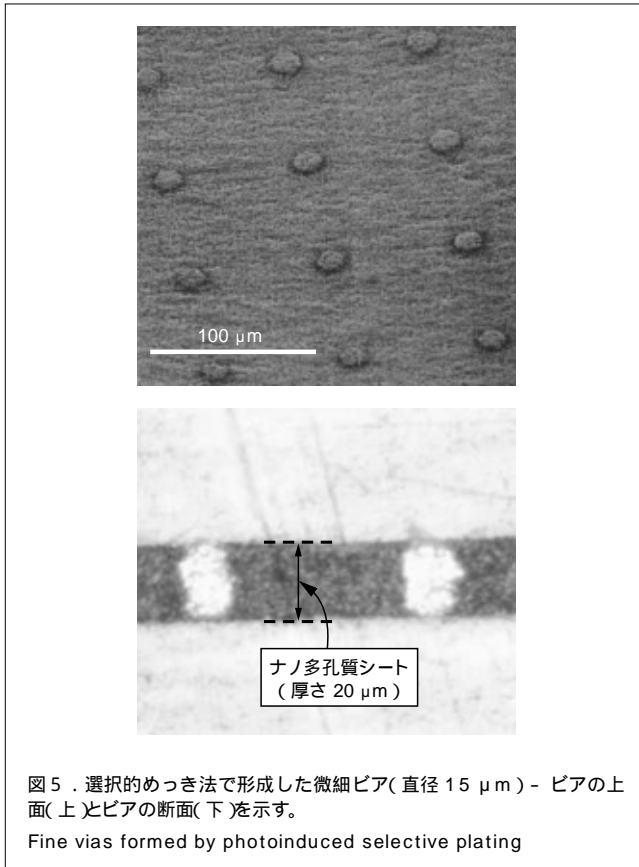


剤の溶液にナノ多孔質シートを浸漬(しんせき)した後、引き上げて乾燥することによって塗布する。感光剤はナノ多孔質シートの空孔の内表面に薄くコーティングされるので、空孔が閉そくされることはなく、塗布後も多孔質のままである。次にめっきしたい部分を露光する。ビアを形成する場合には、図4のようにナノ多孔質シートの表裏に貫通して露光する。露光後、感光した領域を活性化させて、めっきが析出しやすい状態にする。その後、銅のめっき液に浸漬することによって無電解めっきする。すると、露光した領域だけに銅が析出する。

多孔質シートの空孔の内表面は感光剤でコーティングされているため、空孔内で銅の析出が進行する。そのため露光された領域の空孔は析出した銅によって充填される。ナノ多孔質シートの空孔は三次元的に連続であるために、めっき液はナノ多孔質シート内部にまで浸透し、シート内部の領域もめっきされる。図示したようにナノ多孔質シートを貫通し

て露光すればビアとなり,表面付近だけを露光すれば,シート表面に配線を形成することもできる。

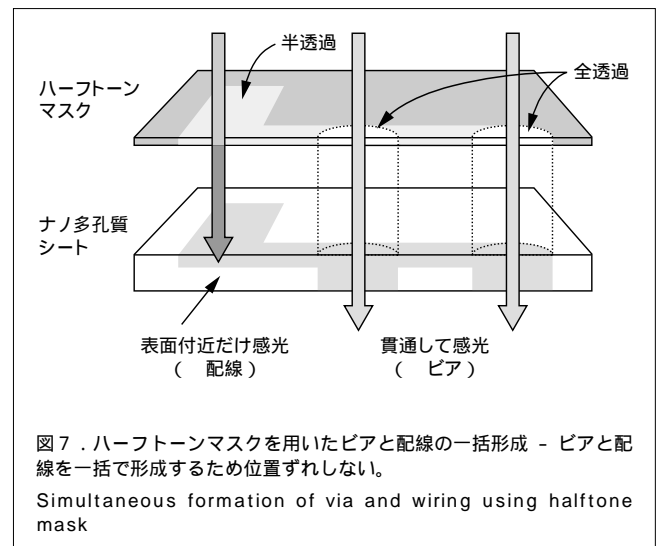
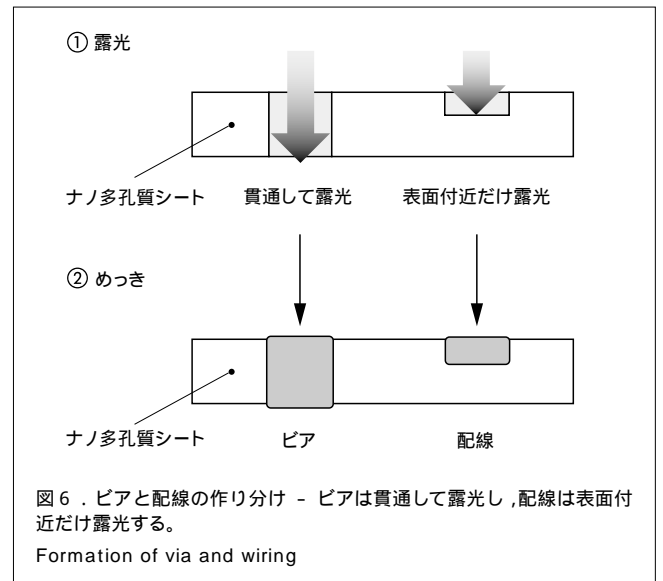
形成したビアの一例を図5に示す。露光には一般的な平行露光器を用い,ナノ多孔質シートに密着したマスクを通して露光した。厚さ20 $\mu\text{m}$ の多孔質シートに15 $\mu\text{m}$ 径の微小ビアを形成することができた。



#### 4 ビアと配線の一括形成

前章で述べたように,ナノ多孔質シートの表裏に貫通して露光すればビアとなる。対してナノ多孔質シートの表面付近だけを露光すれば配線となる。そこで図6のように,一枚のナノ多孔質シートに貫通して露光する部分と,表面付近だけ露光する部分とを形成することができれば,ビアと配線を一括して形成することができる。

1枚のナノ多孔質シートに貫通して露光する部分と,表面付近だけ露光する部分を形成するために,露光マスクを工夫した。一例としてハーフトーンマスクを用いる場合を図7に示す。露光する深さは露光量によって制御することができる。そこで,ビアを形成したい部分は全透過とする。すると露光量が大きくなり,ナノ多孔質シートは表裏に貫通して露光される。対して配線を形成する部分は半透過とする。すると露光量が小さくなり,表面付近だけ露光される。この手



法によれば,1回の露光操作でビアと配線のパターンを露光することができる。このためビアと配線とが位置ずれすることがない。一括形成したビアと配線の一例を図8に示す。

従来の製造プロセスでは,ビアと配線を別々に形成する。このため,ビアと配線とが位置ずれを起こしやすい。この位置ずれを吸収するために,ビアと配線との接合部分に,ビアよりも直径の大きなランドと呼ばれる受けの構造を設ける必要がある(図9)。ランド径は基材の寸法安定性などによって左右され,一般的にはランド径はビア径の2倍程度となる。ランド周辺ではランドをよけて配線する必要があり,配線密度を低下させる大きな要因となっている。対してこの技術では,ビアと配線が位置ずれすることがない。このためランドのないビア(ランドレスビア)による高密度配線が可能となる。

更に,ナノ多孔質シートの表と裏の両面から露光を行うことによって,二層の配線とこれらの配線を相互に接続するラ



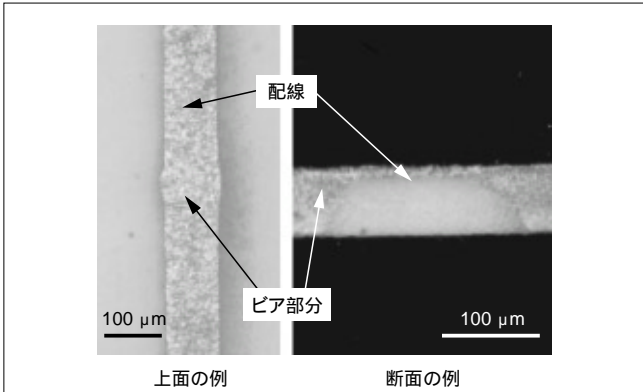


図8．一括形成したビアと配線の例 - 配線とビアが多孔質シート中に一体となって形成されている。  
Simultaneously formed via and wiring

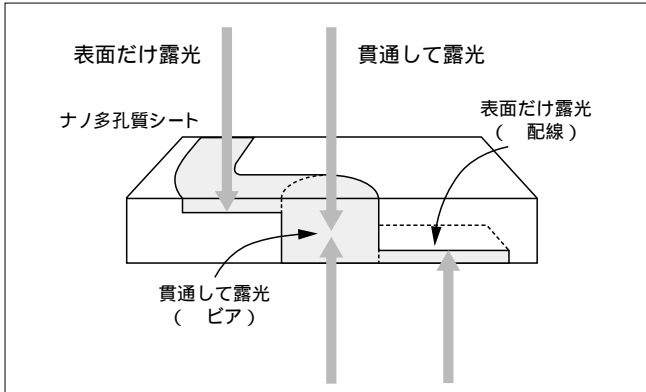


図10．両面露光による両面配線基板の形成 - 両面露光で表裏二層の配線とビアを一括で形成する。  
Fabrication of double-sided circuit board

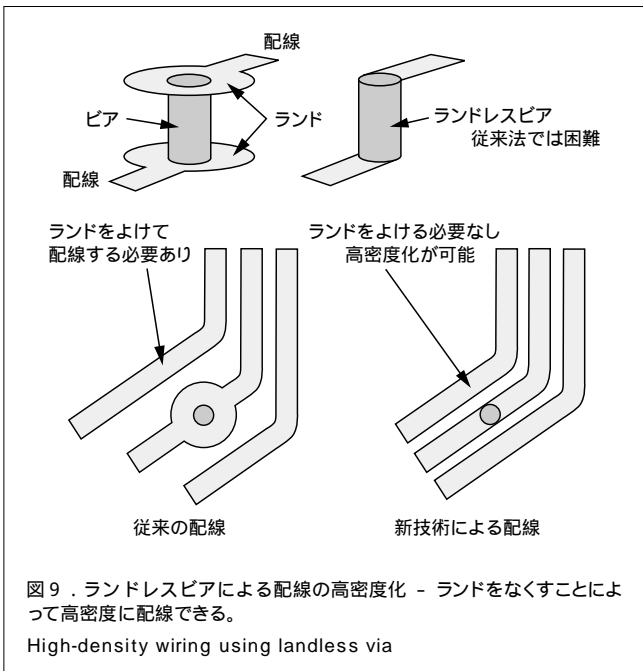


図9．ランドレスビアによる配線の高密度化 - ランドをなくすことによって高密度に配線できる。  
High-density wiring using landless via

ランドレスビアから成る両面配線基板を、一括で作製することも可能である(図10)。

二層以上については、一括形成した二層の配線シートをはり合わせて積層することによって多層化していく。この場合、はり合わせ部分では位置ずれが起こりうるため、ランドが必要となる。しかし、デバイスが接続されるためもっとも高密度化が必要とされる最表面の配線層を、ランドレスビアで高密度配線化できるメリットは大きい。

## 5 あとがき

三次元的に連続な空孔が形成されたナノ多孔質シートの特定の領域に選択的に無電解めっきすることによって、ビアや配線を形成する技術を開発した。ビアホールを穿孔することなく、微細なビアが形成できるうえ、1回の露光でビアと配線とを一括形成することも可能である。

この技術は、微細なランドレスビアによる高密度配線が可能なら、露光してから無電解めっきするだけの簡単なプロセスのため、プロセスコストの低減も期待できる。今後、ウェアラブルコンピュータなど、小型・軽量、高機能が要求される次世代情報機器への適用を目指して開発を進めていく。



平岡 俊郎 HIRAOKA Toshiro

研究開発センター 新機能材料・デバイスラボラトリー研究主務。有機機能性材料の研究・開発に従事。  
Advanced Materials & Devices Lab.



堀田 康之 HOTTA Yasuyuki

研究開発センター 新機能材料・デバイスラボラトリー研究主務。半導体実装材料及び有機機能性材料の研究・開発に従事。高分子学会会員。  
Advanced Materials & Devices Lab.



真竹 茂 MATAKE Shigeru

研究開発センター 新機能材料・デバイスラボラトリー。有機機能性材料の研究・開発に従事。  
Advanced Materials & Devices Lab.