

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20360116

研究課題名(和文) 立体パターンニングと垂直形状形成技術による三次元実装配線の研究

研究課題名(英文) Research on three dimensional wiring by 3-D patterning and vertical shape forming technologies.

研究代表者

大平 文和(OOHIRA FUMIKAZU)

香川大学・工学部・教授

研究者番号：80325315

研究成果の概要(和文)：三次元実装配線の実現に向けて、スプレーコート of 適正塗布条件と、斜め露光条件を把握した。また配線形成のためのメッキ条件を把握した。本技術を三次元実装の例とし Chip on Glass 光モジュールの実装に適用した。配線の抵抗値は 0.1～0.2Ω であり、信頼性評価においても問題ないことを示した。これにより本技術が三次元実装へ適用可能であることを示した。また、異方性エッチングによるシリコンの垂直形状形成条件を把握した。

研究成果の概要(英文)：The spray coating and inclined UV light exposure technologies were examined to realize the three dimensional wiring pattern. Also, electroplating condition was examined to form the wiring. The technologies were applied to the Chip on Glass optical module. The resistance of the wiring is 0.1～0.2Ω, and also reliability was good. As the result, these technologies can be applicable to the three dimensional wiring. Further, the high aspect ratio vertical Si shape could be formed by the unisotropic wet etching.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2009年度	6,100,000	1,830,000	7,930,000
2010年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
年度			
年度			
総計	14,700,000	4,410,000	19,110,000

研究分野：知能機械システム

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：三次元実装、垂直配線、スプレーコート、斜め露光、光モジュール

1. 研究開始当初の背景

高付加価値のもの作り産業の代表である LSI、MEMS デバイス、光部品等の分野においては、今後の小型化、高密度化のために、デバイスをワイヤボンディング等で平面的に実装することから脱皮して、高密度三次元の実装形態の実現が強く望まれている。このため、デバイスチップや基板を貼りあわせ技術等により積層する技術や、微小はんだによるフリップチップボンディング等が研究開発されている。また積層基板間の配線としてスルーホールを通した実装配線技術も多く研究されて

いる。

しかし、これら技術のうち、貼りあわせ技術は用途が特殊で、また特殊な貼りあわせ装置が必要であり、一般的な実装配線法として広く使用するにはまだ課題が多い。ワイヤボンディングやはんだボンディングは確立した技術ではあるが、その小型化や立体配線への適用には限界がある。貫通配線技術は積層基板間の接続に有効であるが、スルーホールの形成やその内部への微細メッキ工程などに付き技術的及びコスト的な課題が多い。

以上のように、高密度三次元実装技術に対

する極めて大きなニーズがある。

2. 研究の目的

本研究では、提案者がこれまで蓄積してきたMEMS技術を基盤とした微細形状形成技術や、特殊パターンニング技術を特に実装配線用に研究する。これにより、「立体パターンニング技術や垂直形状の形成技術を研究開発し、小型、高密度化を可能とする三次元実装配線技術」の開発を目指す。

3. 研究の方法

提案者らの研究グループでは、MEMS技術を基盤として、三次元形状形成技術、マイクロ金型技術、小型デバイス等の研究を行っており、以下のような技術を蓄積してきた。具体的な保有基盤技術として、半導体MEMSプロセス技術、スプレーコート技術、微細電析による金型作製技術、シリコン異方性エッチング技術、有機超薄膜形成技術、ナノインプリント技術等である。

これら技術のうち、特に立体形状へのパターンニングを可能にするブレイクスルー技術として、斜面や壁面へのレジスト塗布を実現するスプレーコート技術を有し、これまで様々な塗布条件の把握やその応用について研究を進めてきた。本提案の研究分担者は、図1に示すように、シリコンの斜面へのパターンニングを実現している。また、研究代表者は、シリコンの異方性エッチング技術を利用して様々な立体形状を精密に形成できる技術を開発している。図2はシリコン(110)面を用いて垂直角柱を形成した初めての例であり、Siの垂直柱構造の形成が原理的に可能であることを示した。本技術は、本研究の目的である三次元配線形成基板の実現にブレイクスルーとなる技術である。

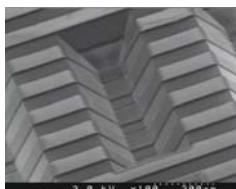


図1 斜面への形成例

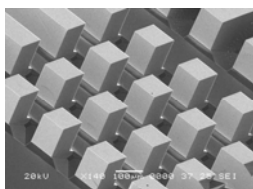


図2 Si角柱

これら蓄積した基盤技術は、これまで主としてMEMSデバイスの作製に用いられてきたが、本蓄積技術を実装配線に特化して研究し、これらを基盤としたブレイクスルー技術を実現することにより、これまでになかった小型化、高密度化を可能とする三次元実装配線技術が実現できると考え、以下のように研究を遂行した。

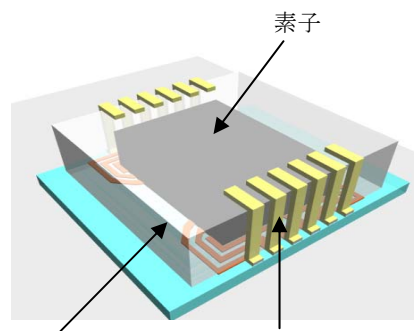
本研究内容として下記を設定した。

- (1) 高精度垂直面配線技術
- (2) 貫通配線形成基板技術

(1)については、垂直壁への配線形成法として、以下のプロセスにより実現を図る。垂

直壁が形成された箇所へのスプレーコートによるレジスト塗布、段差への露光と現像、リフトオフによるパターン形成と微細メッキによる配線形成の工程である。

ここでの課題は、垂直面への配線形成であり、このため、垂直面へのレジスト塗布技術、および垂直面へのUV露光技術を検討する必要がある。前者については、レジストを噴霧状にして塗布するスプレーコート技術、後者については、斜め方向から2回露光する斜め露光技術を開発して、適用することとした。そのCOGモジュールの実装形態を図3に示す。



樹脂

図3 COG実装モジュール

本研究においては、このスプレーコートにおける最適塗布条件を把握するとともに、それに応じた適正UV露光条件を把握した。また、配線形成にはスパッタ等の薄膜形成では膜厚が薄いため抵抗値が高くなる恐れがある。そのため配線部には後工程でメッキを行い抵抗値の低減を図ることとし、そのためのメッキ条件も把握した。最後に、この光モジュールの実用性を確認するため、高温高湿試験などの信頼性試験を行い、信頼性データを把握した。

(2)については、各種微小デバイスの実装においては、積層基板を用いた多層配線技術が必須である。このため、現状ではスルーホール配線を有する基板が使用されている。しかし、スルーホール形成、微細部へのメッキなど課題は多く、これに代わる技術が求められている。このため本研究では、ブレイクスルー技術としてシリコンの微細角柱形成技術、および角柱への絶縁体の埋め込み技術を開発して、低コストで高精度な貫通配線形成基板を実現する。

その作製プロセスを提案した。高精度微細Si角柱の形成、樹脂やDLC(ダイヤモンドライクカーボン)等の絶縁材料の埋め込み、研磨、基板上への配線パターン形成の工程である。これによりSiを貫通配線とした高密度配線基板を作製できる。本技術は、スルーホール形成や微細メッキ等の技術を用いずに、貫通配線が形成できる特徴がある。Siは比抵抗値の小さい材料が使えるため薄い基板であれば十分に低抵抗配線が可能である。特にSi(110)面を用いることにより、異方性エッチ

グにより垂直な4面で囲まれた角柱を高精度に形成することが期待できる。

4. 研究成果

(1) 高精度垂直面配線技術

スプレーコートに適正塗布条件を把握し、高さ600ミクロンの段差部へのレジスト塗布を可能とした。また、この寸法の適正露光のため、斜め露光条件を把握した。これら技術に加えて、配線形成のためのメッキ条件を把握した。図4に本技術により製作した垂直面への配線パターンを示す。垂直壁の高さは約600ミクロンであり、配線部の段差切れや不導通などはなく、良好な配線形成が出来ることを明らかにした。

以上の条件を把握できたため、三次元実装の例として実際に用いられているCOG (Chip on Glass) と呼ばれる光モジュールの実装に適用した。

COGとは、ガラス基板上にチップを実装したデバイスである。本研究で用いるCOGはチップ内部のガラス基板側に光学素子が搭載されており、ガラス基板側から光を受光する。ここではパッケージの側面に配線を形成し、パッケージ上部に電極を配置する構成を提案した。これにより、実装基板の穴開け加工をする必要がなく、平面方向へ広がっていた電極の面積を縮小することが可能である。配線へのめっきを行った結果、異常析出が生じることなく配線パターンが形成できた。

図5に、この配線形成の際の垂直面の上部と下部でのパターンの広がり値を示す。UV露光を行う際には、パターンは下部においては広がるため、結果として配線パターンも広がることとなる。その値は、図5に示すように、露光条件に依存して、約数十ミクロン程度の広がりとなることが分かった。今回適用する配線のピッチは数百ミクロンであるため、この程度の広がりでは特に問題にならないことが分かった。

図6に側面配線を形成したCOGを示す。メッキは表面の酸化防止のため金メッキを表面に行っている。本モジュール構成により、従来の実装密度に比較して約半分の実装面積にすることが可能である。

図7にこの配線の抵抗値の測結果を示す。この側面配線はすべての端子において0.1~0.2Ω程度であり、現行品と比較しても遜色ない抵抗値であることが分かった。また、信頼性評価において高温高湿試験では500時間/1000時間、温度サイクル試験では500サイクル/1000サイクルなど信頼性に問題ないデータを取得している。さらに、2次実装強度評価においても現行品と同等の実装強度が得られており、本技術が三次元実装へ適用可能であることを示した。

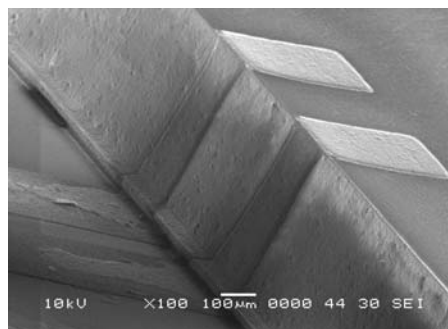


図4 形成した配線パターン

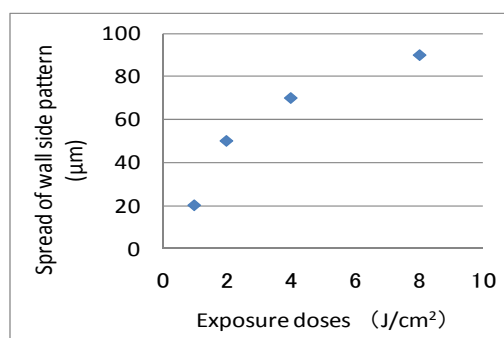


図5 形成した配線の抵抗値

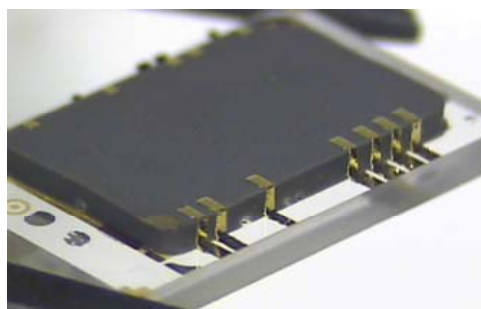


図6 側面配線を形成したCOG

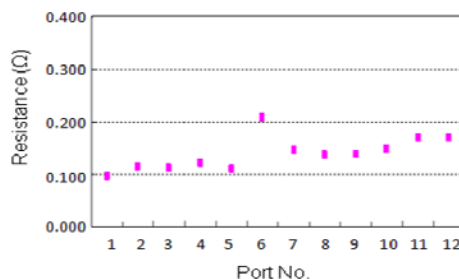


図7 配線の抵抗値の測定結果

(2) 貫通配線形成技術

シリコン(110)面の結晶異方性エッチ

ング技術を利用した垂直角柱形成技術において、高アスペクト比の角柱の形成に適用することにより、高さ数百ミクロン、幅50ミクロン程度の角柱形成を可能とした。

図7に示すように、幅約40 μ m、高さ約400 μ m、アスペクト比約10に角柱形状が形成出来た。また、この角柱の側面は極めて平滑である。図8に角柱側面をAFMで表面粗さを測定した結果を示す。これにより、異方性エッチングによち極めて平滑な面が形成されていることが分かる。

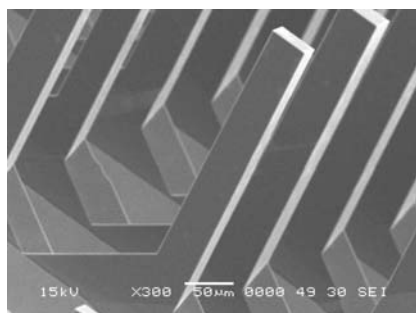


図8 高アスペクト比の角柱形状

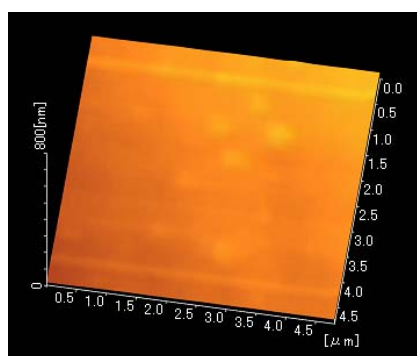


図9 角柱のAFM測定結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

① Hiroki Morii, Fumikazu Oohira et al, Proposal of high-density packaging construction and conductive pattern forming method on vertical wall using spray coating technology, IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines, vol.131, pp.40-44, 2011 (査読有)

〔学会発表〕(計6件)

① 佐々木実、スプレーコーティングの気流解析と膜厚分布均一化、第27回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム、島根、2010.10.14 (査読有)

② Hironori Kubo, Minoru Sasaki,

Absorbent liquid immersion angled exposure for 3D Photolithography, IEEE/LEOS International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics, Sapporo, 2010.8.12 (査読有)

③ Fumikazu Oohira、Application of micro-nano technologies for optical and biological fields, MIPE2009, Tsukuba, 2009.6.16

④ 森井裕貴、大平文和、他、スプレーコート技術と斜め露光技術による垂直側面への配線形成技術、センサ・マイクロマシンと応用システムシンポジウム、沖縄、2008.10.22 (査読有)

⑤ H. Morii, F. Oohira, et al., Conductive pattern forming method on vertical wall using spray coating and angled exposure technologies. IEEE Optical MEMS, Freiburg, 2008.8.13 (査読有)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~terao/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大平 文和 (OOHIRA FUMIKAZU)
香川大学・工学部・教授
研究者番号：80325315

(2) 研究分担者

佐々木 実 (SASAKI MINORU)
豊田工業大学・工学部・教授
研究者番号：70282100

(3) 連携研究者

三原 豊 (MIHARA YUTAKA)
香川大学・工学部・特命教授
研究者番号：50314901

吉村 英徳 (YOSIMURA HIDENORI)
香川大学・工学部・准教授
研究者番号：30314412