

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 王 英輝

本論文の目的は、表面活性化手法を用いたマイクロバンプの大気圧中、低温接合を実現することである。

高密度実装においては、20ミクロンレベルを切る微細マイクロバンプの接合が必須となっており、その実現のためには接合の低温化が必要とされている。しかし、従来の接合手法では接合温度が高く、そのため表面活性化を利用した低温接合に期待が大きい。しかし、表面活性化手法は従来、高真空中での接合が前提となっており実用には遠いものであった。本研究では、これを低真空中でのプラズマ表面活性化と大気中での接合を試み、その可能性を明らかにしたものである。

本研究では、まず、接合のプロセスを表面活性化のプロセスと接合のプロセスにわけ、それぞれについて、プロセスパラメータの影響因子とその最適化を図った。

表面活性化プロセスについては、表面活性化時間および大気中への露出時間、接合プロセスについては、接合時間、接合圧力、接合温度をパラメータとし、これらのパラメータと接合のメカニズムの関係を明らかにするとともに、これらプロセスパラメータの最適化とその境界を明確にすることで、さまざまな応用が可能であることを示した。また対象としては、接続における電気的特性の要求から、典型的な接続材料である、金、金スズ、スズ-銀-銅系のはんだの3系統を選定した。

これらの内容について、審査では下記のような議論があった。

最初に、多数のデータが網羅的に提示されていることが原因で、本研究の目的・成果が分かりにくいという点が指摘された。これについては、表面分析による表面活性化プロセスに関するデータを、表面活性化時間および大気中への露出時間という2つのプロセスパラメータで整理することにより、接合性におよぼす表面活性化プロセスの影響を明らかにした。また、接合プロセスについては、接合圧力と接合温度との相関について、あらたな理論的な関係式を導入し、そのパラメトリックな解析により、実験値の整理と接合性の関係を明示的に示した。これにより、従来の研究では明確にされていなかった接合圧力を接合温度の関係が初めて理論的に明快に示されることとなった。

応用例の提示についても網羅的な印象が強いという指摘がなされた。これに対しては、接合の可能なプロセスウィンドウを明示し、応用例がどの範囲にあるかということを示すことで、今後の新たな応用の可能性が示される結果となった。

議論の過程から、金とスズ系の両者には、表面エネルギーに起因する接合性の本質的な違いに加え、硬さ、変形能の違い、さらに酸化性の違いがあることから、金については、バンプ表面の平坦性が極めて大きな影響を示すこと、一方で、スズ系については、変形の影響が大きく、圧力に対する依存性が大きく、そのため、表面に残留している酸化層の存在に関わらず、大気中での接合が可能であることが結論された。また、従来知られていなかった、バンプの縦横比が接触圧力に大きな影響を及ぼし、結果的に接合プロセスパラメータの限界値に大きな影響を与えていることが定量的に示された。

以上の結果から、本研究では、従来の手法では不可能であった常温・低温での大気中の接合を実現したのみならず、そのメカニズムを膨大な実験データおよび解析により明らかにしたものであり、高く評価された。以上のように、本研究で得られた工学的知見は極めて大きく、また、工学の発展に寄与するところは多大である。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。