

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲	第10394号
------	-----	---------

氏 名 王 鵬

論 文 題 目

Development of Nanowire Surface Fastener for Room-Temperature
Electrical Bonding

(常温導電接合ナノワイヤ面ファスナーの開発)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	巨 陽
委員	名古屋大学	教授	大野 信忠
委員	名古屋大学	准教授	池田 忠繁
委員	名古屋大学	准教授	森田 康之

論文審査の結果の要旨

王鵬君提出の論文「Development of Nanowire Surface Fastener for Room-temperature Electrical Bonding(常温導電接合ナノワイヤ面ファスナーの開発)」は、ナノワイヤ面ファスナーと呼ばれる、基板上に自立したナノワイヤアレイを用いて、革新的な常温接合技術を開発するものである。2つのナノワイヤアレイを重ねて圧着させることにより、相互接合されたナノワイヤ間のファンデルワールス力によって、優れた強度特性および電気的特性を同時に実現した。各章の概要は以下の通りである。

第1章は緒論であり、背景と目的について要約している。表面実装技術の課題および常温接合技術の必要性、ヤモリの足やその他の生体を模擬した接着方法の研究動向と問題点、さらにナノワイヤ面ファスナーの有用性と意義について述べている。

第2章では、Cuナノワイヤ面ファスナーによる常温接合の実現について述べている。2つの革新的な浸漬プロセスを導入することにより、陽極酸化ポーラスアルミナテンプレートを用いて、パターン状のCuナノワイヤアレイを高秩序に作製することに成功した。予荷重で2つのナノワイヤアレイを接合させ、相互接合されたナノワイヤ間のファンデルワールス力により、従来より高いせん断および引張接合強度を実現し、同時に低い電気抵抗も達成した。一方、ファンデルワールス力の理論モデルにより、平行接触モードおよび垂直接触モードの2つの条件で、Cuナノワイヤ間相互接合強度を理論的に解析し、ナノワイヤ面ファスナーの理論強度を明らかにした。さらに、理想条件下でのナノワイヤ面ファスナーの接合に対し、極限的な接合強度および電気抵抗を示した。

第3章では、Cu/Paryleneのコアシェル型ナノワイヤアレイで構成された面ファスナーの作製について述べている。Cuナノワイヤアレイを基板上に作製し、その後CVD法によってCuナノワイヤアレイ表面にパリレンシエルのコーティングを施した。パリレン膜について、厚さがナノスケールになると絶縁破壊が生じて導電性を有することを実験的に明らかにした。ナノワイヤの表面コーティングにより、ナノワイヤ間の接触面積を増加させることで、コアシェル型ナノワイヤ面ファスナーの接合強度の向上を実現した。さらに、2つのコアシェルのシリンダー間におけるファンデルワールス力の計算モデルを提案し、コアシェル型ナノワイヤ間のファンデルワールス力の解析を行い、面ファスナーの理論接合強度を明らかにした。

第4章では、革新的なコアシェル型ナノワイヤアレイの作製方法を提案している。初めに、スピんキャスト法によってテンプレート内にポリスチレンナノチューブアレイを作製した。その後、ポリスチレンナノチューブが存在しているテンプレートに電着を行うことでCuナノワイヤアレイを作製し、自立したCu/Polystyreneのコアシェル型ナノワイヤアレイの作製に成功した。トルエン溶液をポリスチレンシェルに浸けることで、ポリスチレンの粘度が高まり、ポリスチレンナノチューブ同士での相互作用力が大きくなることにより、Cu/Polystyreneコアシェル型新規ナノワイヤ面ファスナーの高接合強度を実現した。さらに低い電気抵抗も同時に有することを実験的に示した。

第5章は結論であり、本研究で得られた主な結論を要約している。

以上のように、本論文ではナノワイヤ面ファスナーを用いた常温接合技術を発展させるために、多くの革新的な手法を提案、実証した。また、理論的な解析により、ナノワイヤ面ファスナーの理想せん断、引張接合強度および電気抵抗は、従来のはんだと同じ程度であることを明らかにした。常温接合技術は、従来の実装技術に比べ省エネルギーであり、低炭素社会の実現に大きく貢献できる。また、金属ナノワイヤの溶点は非常に高いため、高温環境下での使用も可能で、更なる省エネルギー効果の創出も期待できる。本研究は先駆的技術の礎となる非常に価値の高い成果を挙げており、学術的および産業的に寄与するところが多い。よって、本論文の提出者である王鵬君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判定した。