

機関番号：34315

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2011

課題番号：23656471

研究課題名（和文）超微小振動子を用いたマイクロ・ナノ接合の動的特性評価

研究課題名（英文） Dynamic propertie evaluation of micro/nano bonding by ultra fine MEMS vibratos

研究代表者

肥後 矢吉（HIGO YAKICHI）

立命館大学・総合理工学研究機構・教授

研究者番号：30016802

研究成果の概要（和文）：MEMS の分野で多く用いられる微細接着、接合の動的特性を数十～数百  $\mu\text{m}$  の超微細振動子を直接接合部に作り込み、レーザードプラ振動計で計測した。また、接合剤の物性値も計測・解析し比較した。その結果、粘性があり柔らかい接着剤では振動の減衰が大きく、共振周波数も低く変化する。硬い熱硬化性接着剤では振動子のみの共振周波数に近く減衰も少なく変化も小さい。以上の結果より微細接合特性を微細振動子で評価できることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：The micro/nano bonding is important technology for MEMS devices. There is few methods to evaluate its dynamic properties. This research developed the evaluation method using microsized vibrator of 20 to 300 $\mu\text{m}$  of length manufactured by MEMS. The transfer function of the vibration was measured by laser Doppler for analyzing dynamic properties of the bonding. The measurement were performed on no-bonding, soft and hard polymer glue. The resonant frequency and Q value were systematically changed with bonding condition. It is concluded that the micro vibrator is strongly reflect the dynamic bonding properties.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学、材料加工・処理

キーワード：(1) マイクロ接着評価 (2) 接着動特性 (3) MEMS (4) マイクロ振動子

## 1. 研究開始当初の背景

マイクロ/ナノ接合は半導体や携帯電話のみならず自動車や航空機など多くの分野で重要な技術であるが、サイズ効果が認められる接合領域における物性に関しては評価方法、特に時間変化を含めた動的機能評価方法は殆ど無いのが現状であった。そのため可動部分を持つ微細な機械素子（MEMS）を基板に固定する方法によっては可動部分の機能が変化したり、継時的に不安定あるいは損傷や接合剥離など様々な問題が発生してきた。これらの問題を克服するために新たな接

合部の評価方法、特に動的な評価方法は必要とされていた。

## 2. 研究の目的

超微細接合を評価する動的計測・評価法を開発し、従来未知であった微細領域の接合の動的機能を明らかにする。特に接合部のみならず被接合素子などの動的機能変化をも定量的に計測・評価する手法を開発する。

## 3. 研究の方法

(1) 被着材としてシリコン基板上に図 1 に

示すFishbone型MEMS共振デバイスの微小振動素子を電子回路とともにMEMSで作製した。

(2)(1)の振動素子の振動特性を共振デバイスの電極に電圧を印加することで駆動し、最大振幅となるところにレーザーを照射した。周波数特性の評価項目として、一定時間における周波数遷移の幅、および共振デバイスの感度(Q値)の測定を行った。レーザー Doppler 振動計とネットワークアナライザ等の測定系ブロック図を図1に示す。

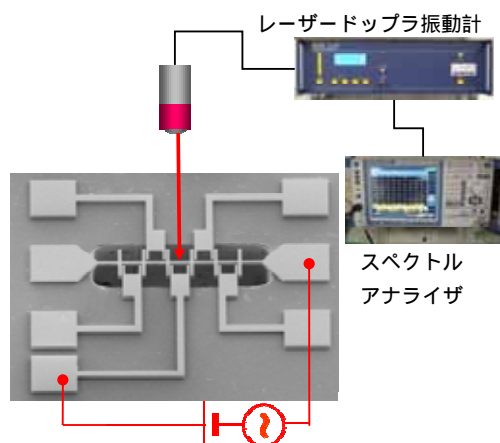


図1 周波数ドリフト測定系

(3)(2)の振動素子の組み込まれた基板を宙吊りおよび物理特性のわかった基板に接着し(2)と同様の計測を行った。接着方法は粘性の高い接着剤である熱剥離シート(リプアルファ)およびほとんど粘性の無い熱硬化型樹脂(GRS-817)の2種類を用いた、また素子と基盤を全面接着および点接着の2種類の固定法で計測を行った。固定方法を図2に示す。

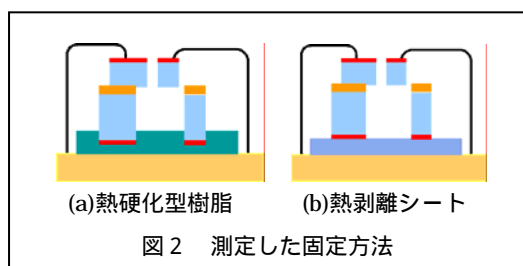


図2 測定した固定方法

(4) 金属基板に接合されたもの全体の弾性定数を共振法により求め、接合部のみの弾性定数を解析した。

(5) 縦波振動を派生させる振動子をMEMSにより作成した。縦波振動による評価は振動部分が振動中に基盤と接触接合し評価に十分な大きい信号が得られなかったため、素子の写真のみを最後に図7で示す。

(6) ナノインデントにより縦波用振動子の

の機械特性を計測した。

(7) 計測結果と比較するための微細領域の接着強度を実測する手法を開発した。

#### 4. 研究成果

研究方法で述べた各試料について試験を行い周波数ドリフト現象の測定結果は図3、図4、図5に示した。また、Q値の変化は表1にそれぞれ示した。周波数ドリフト現象は宙釣り構造によるデバイスでは発生しなかったものの、かなり不安定であった。パッケージと基板の固定を行うと周波数ドリフトが発生することが確認された。また、固定方法によりQ値が変化することも確認された。

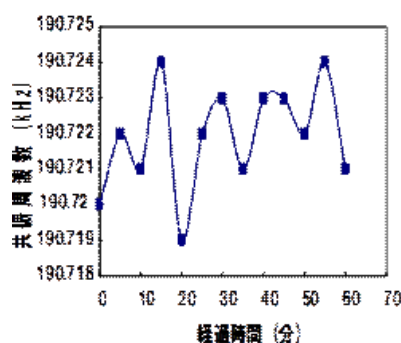


図3 宙釣り固定での時間変化

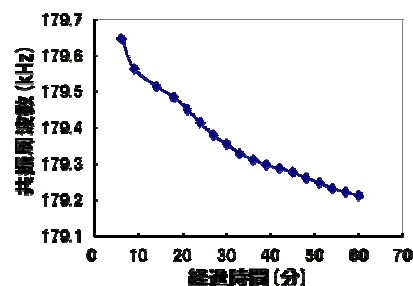


図4 熱硬化型樹脂の時間変化

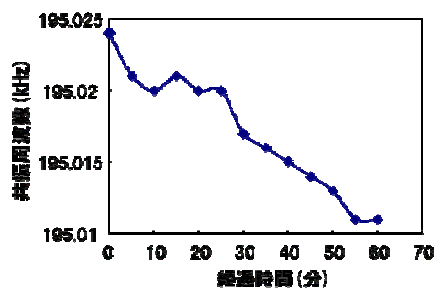


図5 熱剥離シートの時間変化

固定方法	Q値
宙釣り	10,000
熱硬化型樹脂	13,000
熱剥離シート	7,000

周波数ドリフトはデバイスが剛性が高く、しっかりと固定されていればいるほど変化の幅が大きくなるがQ値は高く鋭い共振特性を示すことが確認された。これは、基板に固

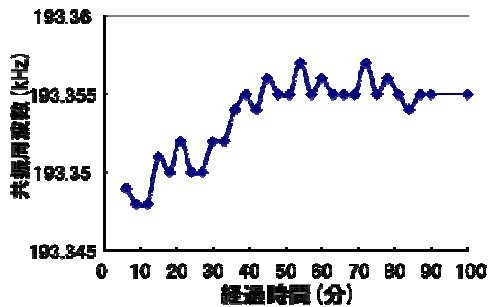


図6 陽極接合固定の結果

定をする際の接合部の剛性がそのまま振動子の特性に影響するものと考えられる。また、Q値の変化に関しては、熱剥離シートでは基板を伝わる振動が減衰されるために低くなり、一方で熱硬化型樹脂では剛性の高い方法で固定されているために高かったと考えられる。そこで、周波数ドリフトの影響が少なくQ値が高い固定方法として、図2に示す接

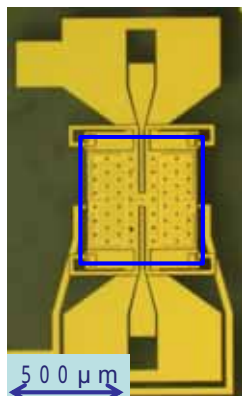


図7 縦波用振動子 中央の青線で囲った部分が紙面に垂直に振動

着剤の代わりにデバイスを500μm厚のパイレックスガラス(#7740)に陽極接合を行い、パイレックスガラスの中央のみを熱硬化型樹脂により基板と固定したものを作成し、測定した。この構造は中央のみで固定されたため、宙釣り固定に近い状態になると考えられる。その結果を図6に示す。

このような剛性の高い接合と低い方法を複合的に用いた接合方法を用いた結果、図6に示すように周波数ドリフトがほとんど発生せず、わずかな上昇の後に安定して変化しなくなる。しかもQ値は9000という高い値を得た。

以上の結果より微細接合状態は被接合材である微細振動子の動的特性に顕著に反映されていることが明らかとなった。このことは従来未知であった微細領域の接合の動的機能を明らかにする手法が求められた。特に接合部のみならず被接合素子などの動的機能変化をも定量的に計測・評価する手法の開発と検証が行われた。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計6件)

- 著者名：R.Tarumi, T. Matsuhisa and Y. Shibutani、論文表題：Low temperature elastic constants and piezoelectric coefficients of LiNbO<sub>3</sub> and LiTaO<sub>3</sub>: RUS measurement and lattice dynamics analysis、雑誌名：Japanese Journal of Applied Physics、査読：有、in printing、著者名：R.Tarumi, S. Yamada and Y. Shibutani、論文表題：Acoustic resonance of a two-dimensional isotropic medium studied by Airy stress function、雑誌名：Japanese Journal of Applied Physics、査読：有、in printing、著者名：R.Tarumi, T. Matsuhisa and Y. Shibutani、論文表題：Numerical analysis for acoustic resonance of one-dimensional nonlinear elastic bar、雑誌名：Japanese Journal of Applied Physics、査読：有、2012、07HB02

[学会発表](計7件)

- 著者名：R. Sumitomo, R. Kitamura, Y. Higo, T. Furutsuka, and K. Suzuki、論文表題：Adhesion for MEMS Switches with Platinum Bumps、会議予稿名：Proceedings of the 28th Sensor Symposium、査読：有、Tokyo, The Institute of Electrical Engineers of Japan, タワーホール船橋(東京)2011年9

月 27 日.

著者名 : Y. Nishii, K. Hashimoto, H. Tanigawa, Y. Higo, and K. Suzuki、論文表題 : A 300 MHz Metal Resonator Utilizing the Extensional (1,2) Mode、会議予稿名 : Proceedings of the 28th Sensor Symposium, Tokyo, The Institute of Electrical Engineers of Japan、査読 : 有、タワーホール船橋(東京)2011 年 9 月 27 日.

著者名 : Chiemi Ishiyama, Chiaki Miyasaka, Ik Keun Park、論文表題 : “Development of an adhesive testing method for two-dimensional fine patterns on Silicon substrate using a photoresist column、会議予稿名: The BCC Berliner congress center, ベルリン 2011 年 9 月 21 日

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

肥後 矢吉 (HIGO YAKICHI)  
立命館大学・総合理工学研究機構・教授  
研究者番号 : 30016802

### (2)研究分担者

垂水 竜一 (TARUMI RYUJICHIROU)  
大阪大学 ・ 工学研究科・准教授  
研究者番号 : 30362643

石山 千恵美 (ISHIYAMA CHIEMI)  
東京工業大学・精密工学研究所・助教  
研究者番号 : 00311663

鈴木 健一郎 (SUZUKI KENICHIROU)  
立命館大学 理工学部・教授  
研究者番号 : 70388122