

# 超小型軽量薄膜材料マニピュレータの開発

機械システム科 主任研究員 入江直樹  
長崎大学大学院 教授 石松隆和

近年、ノート型パーソナルコンピュータや携帯電話の高性能化、小型薄型化に伴い、内装する電子デバイスの高性能化、小型薄型化も進んでいる。多くの電子デバイスメーカーは電子デバイスの小型薄型化が進むにつれ、その取り扱いに繊細な作業を必要とし製造工程は増加する傾向にある。これは生産の効率化を阻むハンドリング問題と呼ばれ、長崎県内においても顕在化されつつある。これを受けて、本研究は傷、ゴミ、汚れを付けずに小型で薄く、その材質から非常に脆性の高い水晶素板をハンドリングできる独自のマニピュレータを開発することで生産工程の効率化を図ることを目的とする。平成24年度においては、非接触式チャックを用いた水晶素板の把持、運搬装置について研究開発を行い、その有効性について検証を行った。

## 1. 緒言

近年におけるパーソナルコンピュータや携帯電話の普及は目覚しく、小型、薄型化は進み、内装する水晶発振子などの電子デバイスもよりいっそうの小型、薄型化を求められている。例えば、長崎県は水晶発振子の製造、販売を行っているメーカーを有し、その製造工程においては水晶発振子を構成する水晶素板の脆性の高さから、僅かな衝撃による破損を避けるべく精細な取扱いを必要とし精神的にきつい人手作業となっている。これは水晶素板に限らずウエハなどにおいても同様であり、電子デバイス製造分野における共通の課題として生産の効率化を阻むハンドリング問題と呼ばれている。本問題は、今後更なる電子デバイスの小型、薄型化が進むにつれ、更に顕在化してゆくことが予想されている<sup>[1]</sup>。

本ハンドリング問題を鑑み、本研究では様々な自動組立やロボットを用いた自動化システム<sup>[2]</sup>の中で、ワークを優しく取扱うことができる非接触式チャックを活用し水晶素板をハンドリングする研究開発を行う。平成24年度においては、小型で薄く、その材質から非常に脆性の高い水晶素板をワーク対象とし、非接触式チャックを備えた把持運搬装置を開発評価することにより有効性を検証した。

## 2. 実験方法

### 2.1 非接触式チャックを備えた把持運搬装置

#### 2.1.1 把持運搬装置の構成

図1に非接触式チャックを備えた把持運搬装置の構成を示す。水晶素板の把持を行う非接触式チャック、リニアモータを駆動源とし非接触式チャックを重力方向へ駆動するZ軸駆動ユニット、また、電動スライダ

によりX軸方向へZ軸駆動ユニットを運搬する構成としている。

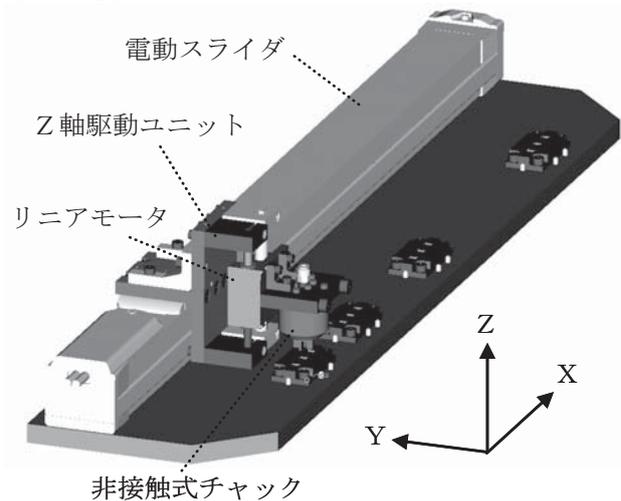


図1 把持運搬装置の構成

#### 2.1.2 把持運搬装置のシステム構成

図2に把持運搬装置のシステム構成を示す。制御装置はノート型パーソナルコンピュータ(NEC製 FC-N22A/CX6WS)を用いた。ノート型パーソナルコンピュータは、コンプレッサから非接触式チャックへの空気供給をON/OFF制御する電磁弁の駆動指令をI/Oボードを介して行い、Z軸駆動ユニットの駆動源であるリニアモータ(FAULHABER製)のコントローラへの駆動指令、また、Z軸駆動ユニットをX軸方向へ駆動するX軸駆動ユニットの駆動源となる電動シリンダ(ミスミ製)のコントローラへ駆動指令を行う。Z軸方向とX軸方向における所望の停止位置と加減速運転パターンは、予め各コントローラに入力しておきオープン制御を用いて水晶素板の把持運搬についての運動を行った。

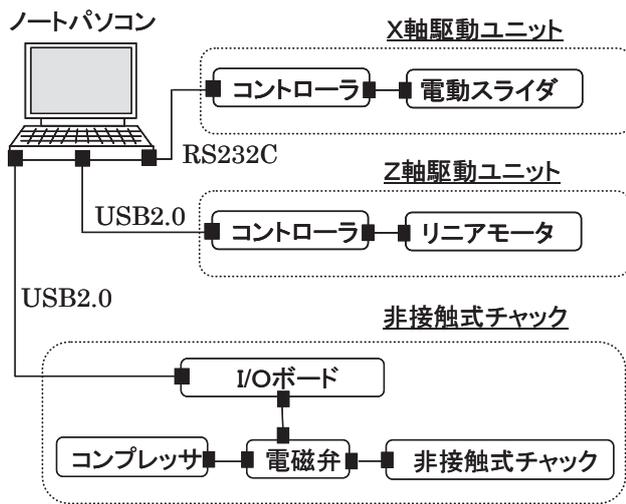


図2 把持運搬装置のシステム構成

### 2.1.3 非接触式チャックの構成と作動原理

非接触式チャックは、空気をワークに向かって噴出することにより、ワークを空中に浮遊した非接触の状態にて懸垂保持する機能を有する。非接触式チャックの方式としてベルヌーイの方法を利用したもの<sup>[3]</sup>や、旋回流を利用したもの<sup>[4]</sup>が報告されている。

本研究においては、比較的小型のワークに対して実績を有するベルヌーイの方法を利用した非接触式チャックを用いて実験を行った。図3に本非接触式チャックの構成を示す。噴出口から噴出した空気はワークに衝突し作動面とワークとの間隙から流出する。作動面とワークとの間隙が大きい場合、作動面とワークとの間隙を通る高速急流による減圧作用により、本間隙が負圧となりワークを引き寄せる吸引力を生じる。これを受けて、ワークは引き寄せられ、作動面との間隙が小さくなると、クッション室の圧力は急激に上昇し、ワークを引き離す反発力を生じる。本吸引力と反発力を繰り返し、ワークを空中に浮遊した非接触の状態にて懸垂保持を行う。

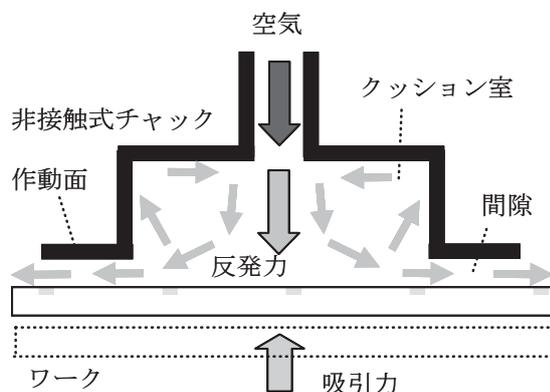


図3 非接触式チャックの構成

## 2.2 水晶素板の把持実験

試作した非接触式チャックの裏面形状を図4に示す。また、本非接触式チャックを用いた把持実験の手順を次に示す。①Z軸駆動ユニットを用いて本非接触式チャックを水晶素板へ近づける。②電磁弁を介して空気を非接触式チャックへ供給することにより水晶素板を非接触状態にて把持する。③把持状態を保ったまま、Z軸駆動ユニットを用いて反重力方向へ約50mm移動する。④水晶素板を把持した位置へ移動し、電磁弁により供給している空気を止め、水晶素板を初期位置へ設置する。⑤反重力方向へ水晶素板を把持していない状態で約50mm移動する。以上の動作を繰り返す実験を行った。なお、本研究報告において使用した水晶素板は、生産工程を考慮しレジスト付きである。

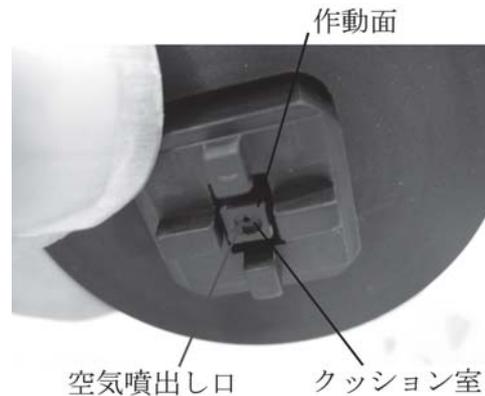


図4 試作した非接触式チャックの外観

## 2.3 水晶素板の運搬実験

試作した把持運搬装置を図5に示す。非接触式チャックを用いて水晶素板を把持し、その後、加減速運転による慣性力を負荷する運搬実験を行った。図6に本実験におけるX軸方向への加減速運転パターンを示す。急発進、急停止を繰り返すことにより慣性力による衝撃を大きくし、水晶素板の落下を招きやすいパターンとしている。

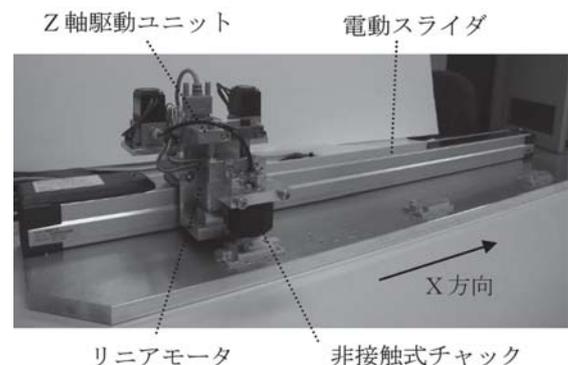


図5 試作した把持運搬装置の外観

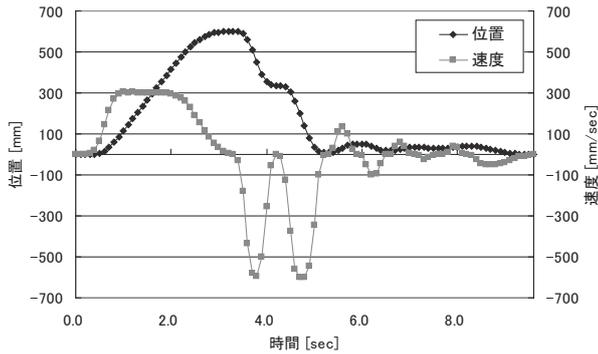


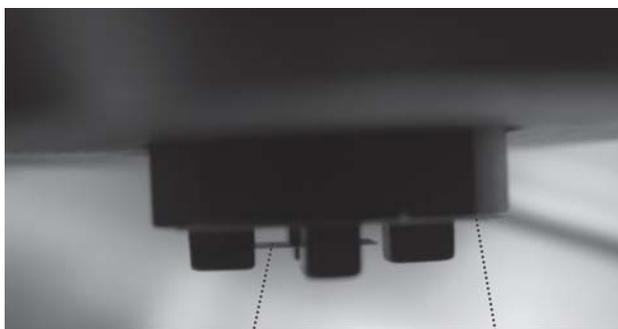
図6 本実験に用いた加減速運転パターン

### 3. 結果と考察

#### 3.1 水晶素板の把持実験結果と考察

図7に本非接触式チャックを用いて水晶素板を非接触状態にて把持した状況を示す。本把持実験を10回繰返し、水晶素板の破損の有無を目視により評価した結果、破損は見受けられなかった。

非接触式チャックへ供給する空気はコンプレッサを用いて圧縮しているが、その騒音や省エネルギーの観点から、より少ない空気量で所望の把持性能を得ることが重要となる。必要最小限の空気量を見極め可能な評価方法を検討していく必要がある。



水晶素板 非接触式チャック

図7 非接触式チャックを用いた水晶素板の把持

#### 3.2 水晶素板の運搬実験結果と考察

図6に示す加減速運転パターンを10回繰返し、水晶素板の落下や破損の有無について評価を行った。その結果、落下は無く、目視による破損についても見受けられなかった。

水晶素板の運搬は効率的な面から、より速い動作を求められ、それに伴い加減速運転時に発生する慣性力もより大きくなり、水晶素板の落下や破損を招き易くなる。必要とする非接触式チャックの把持力を確保しながら、供給する空気量を最小化する方法を検討してゆく必要がある。

## 4. 結言

本研究の成果について以下に要約する。

- 1) ベルヌーイの方法を利用した非接触式チャックを用いて、レジスト付きの水晶素板を把持する実験を行い、破損することなく着脱可能であった。
- 2) 非接触式チャックを用いてレジスト付きの水晶素板を把持し、運搬装置を用いて所望の加減速運転による慣性力を負荷した結果、水晶素板は非接触式チャックからの落下や破損を招くことなく把持状態を維持可能であった。

以上から、非接触式チャックを用いてレジスト付きの水晶素板を破損することなく所定の位置へ運搬し設置するハンドリング作業を行えることを確認し、人手による作業の代替を担える可能性を示した。

今後、レジストを塗布していない水晶素板を対象とした把持、運搬実験を実施してゆく予定にある。

## 参考文献

- [1] 中村：先端半導体用封止材料の技術動向，パナソニック電工技報，Vol. 56, No.4, 9-16, 2008.
- [2] 吉田：さまざまなチャッキングシステムと最新技術，機械設計，Vol. 40, No.15, 18-31, 1996.
- [3] 吉田：非接触搬送機器NCTシリーズ－噴出エアによる非接触搬送，油空圧技術，Vol. 42, No.4, 24-28, 2005.
- [4] 黎、徳永 蔡、船木、川嶋、香川：旋回流を用いた非接触搬送系に関する研究(第1報 ボルテックス・チャックの基礎特性)，日本フルードパワーシステム学会論文集，Vol. 38, No.1, 1-6, 2007.