

❏ 倣いステージ エアジャイロ

Air Gyro, the Tracing Stage

伊藤 秀和 Hidekazu Ito

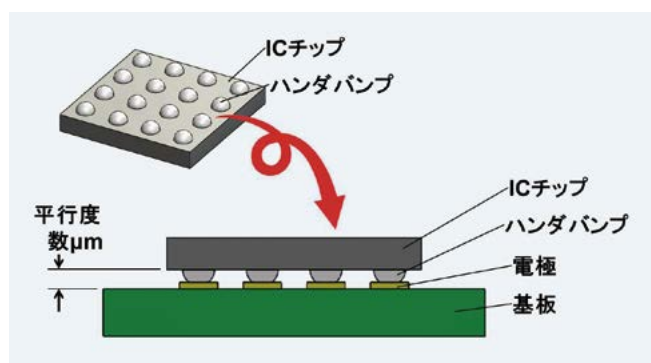
空気圧を用いた倣いステージ、エアジャイロを紹介する。エアジャイロは球面空気静圧軸受を内蔵した空気圧機器であり、フリップチップボンディング装置などの接合装置において接合面同士の平行調整を高精度かつ自動で行うことができる。高精度な接合を実現するために、エアジャイロには球面空気静圧軸受、保持装置、高精度回り止めなどの様々な技術が要求される。本稿ではエアジャイロの概要、要素技術の一例を紹介する。

This paper introduces Air Gyro, a tracing stage that uses air pressure. Air Gyro is a pneumatic component that incorporates a spherical aerostatic bearing and can perform parallel adjustment between bonding surfaces in a bonding device, such as a flip-chip bonding system, automatically and with high accuracy. In order to achieve high-precision bonding, Air Gyro requires various technologies such as spherical aerostatic bearing, holding mechanism, and high-precision rotation prevention. This paper presents an overview and key underlying technologies of Air Gyro.

1 はじめに

半導体プロセスの微細化により半導体デバイスは高集積化を果たしてきた。この半導体デバイスをさらに高集積化、高性能化するための技術として、複数の半導体チップをフリップチップ接合(Fig.1)して積層化、システム化する三次元実装技術が発展し実用化されている。安定したフリップチップ接合を行うには、接合するチップと基板の接合面の平行度を高精度に保つ必要があるため、ボンディング装置のボンディングヘッドと圧着ステージの平行度を数 μm 以下の高精度に調整することが要求される。

平行調整の手段にはゴニオステージと呼ばれる手動の角度調整機器や、シムを挟んで傾きを微調整する方法があるが、高精度の調整には高いスキルと多大な調整時間を必要とするため、段取り替え時のラインストップがしばしば問題となる。この他サーボ機構による自動調整ステージも知られているが、モータからの発熱があり、センサを含めた制御システムが高価で大型化する傾向がある。



当社は接合装置の平行調整の自動化に着目し、空気圧を使用して簡便な平行調整をコンパクトに実現する

倣いステージ「エアジャイロ」を開発した。本稿ではこのエアジャイロの特徴や要素技術について紹介する。

2 エアジャイロの概要

装置には軸や面の傾きのずれが存在する。エアジャイロは、ボンディング装置や貼り合わせ装置などでこれらのずれを補正し、接合面の平行度を高精度にかつ自動で調整する(Fig.2)。球面空気静圧軸受を内蔵し、可動部が自在に回転動作して任意の角度で保持することができる。エアジャイロの基本構造をFig.3に、外観写真をFig.4に示す。

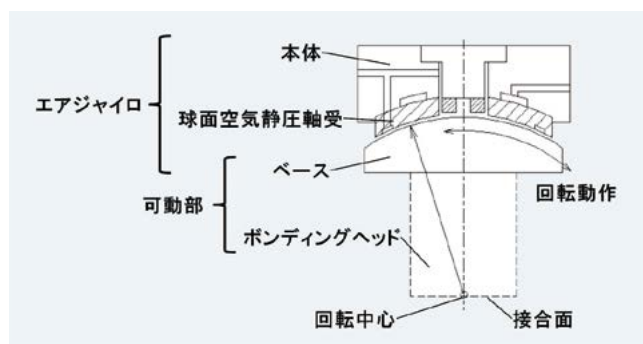
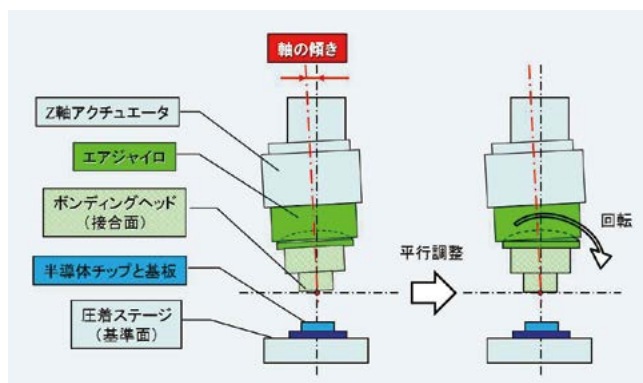




Fig. 4 エアジャイロの外観

2-1 平行調整の原理“面做い”

エアジャイロの平行調整の動作をFig.5に示す。可動部(接合面)は球面空気静圧軸受で非接触支持されており、接合面に基準面を押し当てると、可動部が回転して基準面の傾きが接合面に転写され(面做い)、調整した姿勢は保持装置によって固定することができる。面做い方式によれば、①押し当て・做い動作と②保持動作のわずか2ステップで平行調整が完了する。

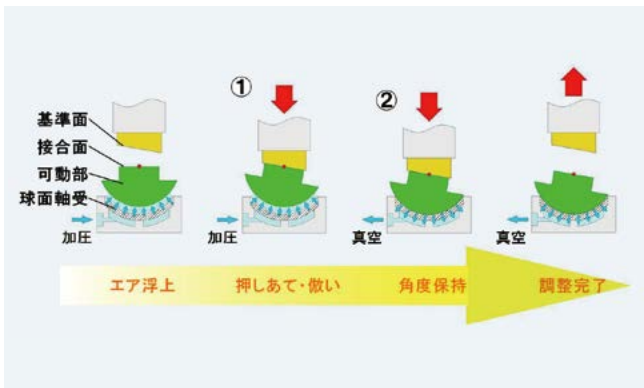


Fig. 5 面做い

2-2 エアジャイロに要求される特性

① 做い動作

- ・ 軽い押し当て荷重で可動部がスムーズに回転動作し、基準面の角度を接合面へ高精度に転写すること(做い精度(平行度)0~5 μ m)。
- ・ 垂直軸回転方向(θ)に回転しないこと($\pm 0.1^\circ$ 以下)。

② 保持動作

- ・ 転写した面の角度をずらさず保持すること。
- ・ 実装中の荷重によって調整した平行度にずれが生じないように強力に保持すること。

3 エアジャイロの要素技術

3-1 球面空気静圧軸受

軽快で精密な做い動作と強力な保持という二つの特性を両立するため、球面軸受には空気静圧軸受を採用している(Fig.6)。すなわち做い動作の時は軸受面から圧縮空気を噴出させることで可動部を浮上させて非接

触状態で支持することができ、摺動抵抗がゼロとなるためきわめて軽い力で精密に回転運動することが可能となる。保持動作の時は圧縮空気の供給を停止して真空吸引し、後述する保持装置を作動させることで軸受け面の摩擦力によって可動部を強力に固定することが可能となる。



Fig. 6 球面空気静圧軸受

球面空気静圧軸受には高い形状精度、浮上負荷容量、浮上剛性、浮上安定性が求められる。特に形状精度は平行調整の精度に直接影響するため、軸受面の寸法精度と幾何精度を μ mレベルで管理する加工技術と計測技術が不可欠である。重要工程である球面空気静圧軸受の精密加工は当社内で行っており、品質を高いレベルで管理している。

回転動作に必要な力(動作荷重)と可動部を保持する力(保持荷重)は球面軸受の寸法で決まるが、それぞれ相反する特性のため仕様に合わせたサイズ設計が必要である(Fig.7)。

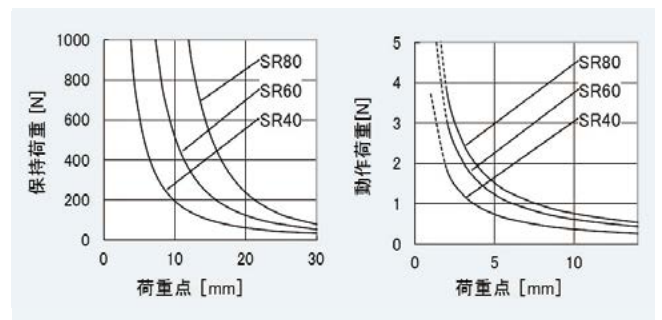


Fig. 7 保持荷重、動作荷重特性の一例

また高い浮上負荷容量、浮上剛性、浮上安定性を得るには軸受の隙間設計と流量管理が重要となる。

これらができること安定した做い動作と強力な保持を実現する球面空気静圧軸受を得ることができる。

3-2 保持装置の構造

保持装置の構造をFig.8に示す。可動部を保持するにはベースを球面軸受に真空吸着させる。同時に内蔵するダイヤフラムの推力でベースを球面軸受に押し付けて軸受面に強い摩擦力を発生させることでベースを本体に固定する。

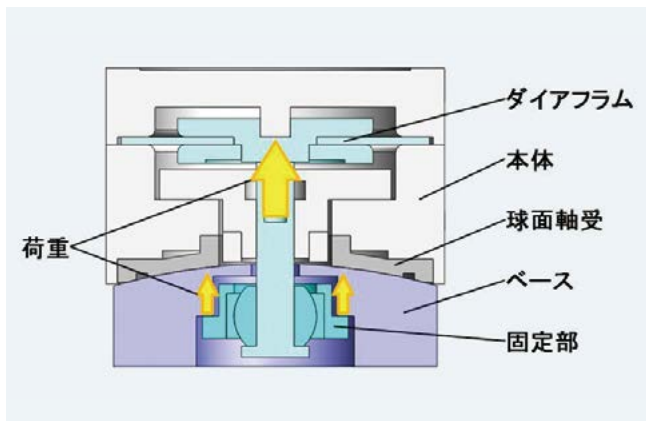


Fig. 8 保持装置の構造

固定部は首振りの可動式となっており、微い動作で生じるベースの傾きに追従する。これによりベースにかかる荷重は常に球面軸受の中心に均一にかかるため、保持動作によってベースの角度がずれることを防止している。

3-3 高精度回り止め

当社独自の高精度回り止め構造をFig.9に示す。ベースが α 方向へ回転する時はベースのみが回転、 β 方向へ回転する時はベースとリングがともに回転する。 θ 方向は、固定ピン(本体に固定)と可動ピン(ベースに固定)がリングに設けた溝を介して拘束されるため回転しない。これにより微い回転方向の動作角度(α 、 β)に影響することなく垂直軸回転方向(θ)の回転を抑制することができる。半導体デバイスの実装においては実装精度に影響するため θ 回転の抑制は重要な機能となっている。

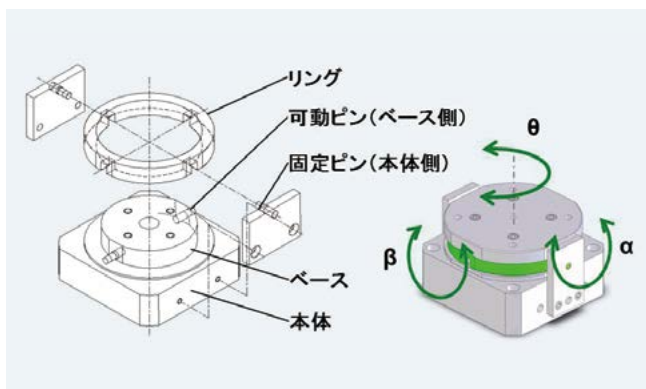


Fig. 9 高精度回り止めの構造

3-4 微い精度の評価

微い精度の評価方法には、基準面に対する微わせる面(接合面等)の変位量を変位計で測定する方法のほか、レーザー干渉計を使って基準面に対する接合面の傾きを直接測定する(干渉縞の本数から求める)方法がある。ただしこれらは汎用性がなく、レーザー干渉計の場合は基準面の材質がオプチカルフラットガラスに限定されるなど使い勝手が悪い。

ボンディング工程等の製造ラインでは一般的には感圧紙が多用されている。評価する2つの面(基準面と接

合面)で感圧紙を挟んで荷重をかけると荷重がかかった部分だけが発色する仕組みで、目視確認が容易にできる。ただし平行度 $5\mu\text{m}$ 以下の平行の評価は判別が困難である(Fig.10)。

平行度	0 μm	5 μm	10 μm
感圧紙			

Fig. 10 感圧紙評価

4 小型化への取り組み

半導体デバイスの小型化、実装の高密度化、装置の小型化、高速化の傾向から、ボンディングヘッドおよびエアジャイロをより小型化したいとの要望がある。しかし軸受けの性能はおよその大きさで決まるため、単に製品外形を小さくすれば、球面空気静圧軸受の能力低下をはじめ保持荷重の低下など製品性能を低下させてしまう。

このため、①球面空気静圧軸受の最大化と精度向上、②組立構造の最適化、③高精度回り止めの小型化、など構造の見直しを行い、保持荷重、回り止め精度を維持しつつ、体積従来比68%削減、横幅従来比38%削減した超小型エアジャイロを開発した(Fig.11、Table.1)。これによりこれまで不可能であった小型実装ヘッドの平行調整の自動化が可能となり、軽量化による高速化にも寄与する。



Fig. 11 超小型エアジャイロ

Table. 1 小型化の効果

	従来品	超小型ジャイロ	削減効果
設置スペース V [mm ³]	142.2	45.9	-68%
質量 M [g]	530	270	-49%
横幅 B [mm]	45	28	-38%

5 おわりに

以上紹介した倣いステージ、エアジャイロは当社独自のオリジナル製品である。空気圧機器でありながら半導体実装装置のキーパーツとしての機能と性能を備え、小型、簡単操作でサーボ機構を用いた高精度駆動機器にも引けを取らない。実装装置の平行調整はまだ手作業で行われる場面も多いと思われるが、自動化による品質の安定化、調整コスト削減を通してお客様の利益への貢献が可能であると確信している。

執筆者プロフィール



伊藤 秀和 Hidekazu Ito

コンポーネント本部

FAシステムBU 技術部

Engineering Department, FA System Business Unit, Components Business Division