豊かな未来社会を築く半導体デバイス製造のメンテナンスサービス

千葉頼弘 Yorihiro Chiba
古家英司 Eiji Furuie
白石和彦 Kazuhiko Shiraishi
髙野秀和 Hidekazu Takano

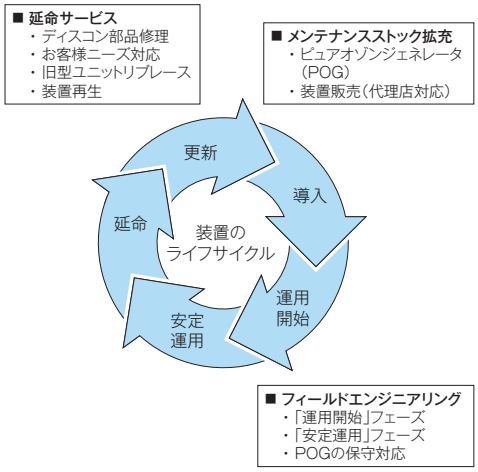
キーワード ライフサイクル，地球環境，省エネルギー

概　要

当社の半導体メンテナンスサービス部門は，持続可能な社会の実現に向けて必要不可欠なキーデバイスとなっている「半導体」の製造装置メンテナンスサービスを主業務としている。

半導体製造装置の「導入（装置納入・立上げ）」から「安定運用（保守メンテナンス）」，さらには装置の「延命（部品リペア）」まで装置のライフサイクル全般でサービスを提供する。

コロナ禍以降は部品の長納期化などの影響があり，市場では中古装置や装置延命への関心が高まっており，お客様から当社への期待が大きくなっている。多様化する要求に対して最適なメンテナンスを提案し，お客様のコスト低減と稼働率向上の使命を担っている。



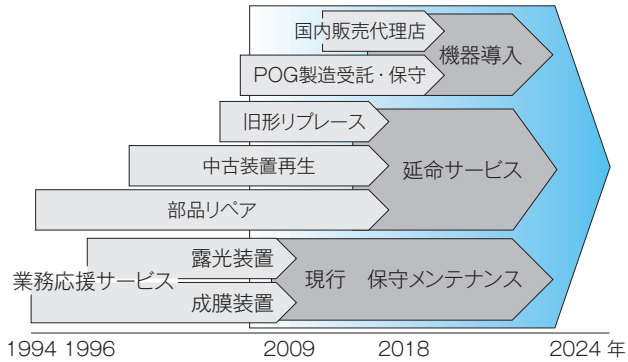
半導体製造装置のライフサイクルエンジニアリング

1　まえがき

当社の半導体製造装置メンテナンスサービス部門は，1994年に大手半導体製造装置メーカから業務応援を受けて始まった。1996年に事業化し，半導体製造装置のメンテナンス部隊として発足した。装置メーカへの業務応援サービスを通じてお客様に保守サービス業務を提供し，本業務を通じて技術を習得してきた。

そのような経緯の中，2009年のリーマンショックによる景気悪化の影響を受け，業績が大きく悪化した。それを機に，景気の影響を受けにくい体質づくりを目標に，半導体製造装置のライフサイクル全般での事業展開を，部門の重点実施事項として取り組んでいる。第 1 図に半導体技術サービスの沿革を示す。

業務応援サービスで培った技術から始まり，成膜装置や露光装置の保守メンテナンス分野に発展した。同時に始めた部品リペアが中古装置の再生や旧形リプレースにつながり，延命サービス分野に発展した。最近では，ピュアオゾンジェネレータ（POG）の製造・試験や販売が機器導入分野も手掛けてい



第 1 図　半導体技術サービスの沿革

沿革と事業展開を示す。

る。こうして現在では，幅広い分野の事業を展開している。**本稿では，ライフサイクルエンジニアリング活動をフェーズごとに紹介する。**

2　導入フェーズ

お客様に最適な半導体製造装置や付帯設備を提供することで，お客様の生産性向上や競争力強化に貢献している。また装置の導入後は，メンテナンストレーニングから始まり，定期点検や故障修理などの技術サービスを行い，お客様の効率的な運用を支えている。主な業務は，以下のとおりである。

2.1　POG

第２図にPOGの外観を示す。当社は，明電ナノプロセス・イノベーション㈱からPOGの組み立て・試験を受託し，最終需要家への納入・立ち上げを行っている。POGはオゾンを蓄積し，高純度・高濃度のオゾンガスを安全に連続供給する性能を有している。POGの活用によって，補機として採用された描画装置の光学系メンテナンス周期改善など，先端半導体デバイス製造に貢献している。本用途でのPOGは，2024年3月末時点で58台がワールドワイドで稼働しており，当社のメンテナンス事業の一翼を担っている。

第２図　POG

POGの製品イメージを示す。

2.2　装置販売（販売代理店対応）

これまでのサービス活動で付き合いのある全国のお客様を販売チャンネルとしてフル活用するため，装置メーカ2社と販売代理店契約を締結している。

1社は，「光」の専門メーカとして多くの産業分野で活躍している㈱オーク製作所である。2018年に同社製露光装置（PPSシリーズ）の国内販売代理店契約を締結し，新規装置販売と保守メンテナンスを開始した。当該装置は，ghi線を使用したブロードバンド露光で，可変NA機能を搭載し，1枚のレチクルをマルチフィールドで使用できる性能が特長となっている。

国内パワーデバイスメーカ各社のIGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）や車載アナログデバイスなど，主に有機絶縁膜や還流ダイオード工程で活躍している。

もう1社は，マレーシアに本社拠点を置くCREDEN TECHNOLOGIES SDN BHDである。2022年に同社製ウェハ自動搬送外観検査顕微鏡装置（AL3300シリーズ）の国内販売代理店契約を締結した。当該装置は，表面・裏面マクロ検査，表面ミクロ検査を行い，欠陥を検出・観察する装置である。

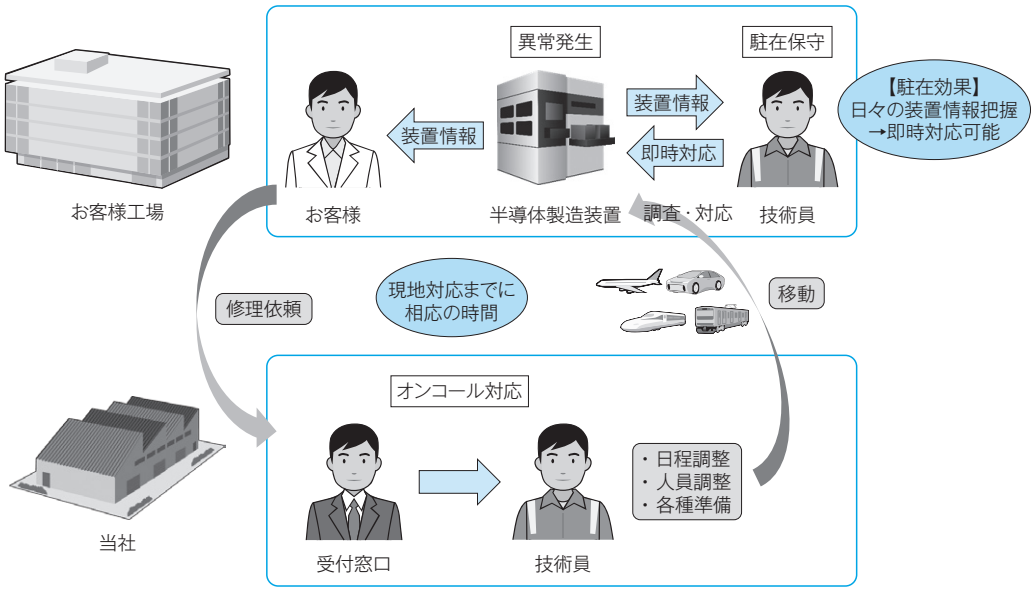
両装置ともに新規販売と保守メンテナンスを当社で実施することによって，本業のメンテナンスストックを自らが拡充する取り組みである。特に最先端の300mm半導体製造工場へのメンテナンスストック拡充を目指している。

3　運用開始・安定運用フェーズ

半導体製造装置のライフサイクルエンジアリングにおける「運用開始」から「安定運用」のフェーズに該当するサービス業務の取り組みを紹介する。

3.1　「運用開始」フェーズ

立ち上げ作業終了後，お客様向けオペレーション・メンテナンストレーニングのほか，保証期間中の修理対応を担っている。装置を速やかに立ち上げることに加え，運用に必要な基礎知識・技能をお客様が習得できるようサポートすることが当社の使命



第３図　駐在保守のメリット

「安定運用」フェーズの中で，近年要求が高まっている駐在保守のメリットを示す。

である。お客様は日常点検と装置故障時の初期対応，当社は定期保守と修理対応というように，お互いの役割分担を明確にすることが装置稼働率の維持・向上に欠かせない。

3.2 「安定運用」フェーズ

当社は，POG・半導体製造装置の「現地修理（オンコール対応）」や「予防保全（提案による対応）」を行っている。また，これらを総合したサービスを提供するために，特定のお客様先に技術者が駐在し，日々の点検・メンテナンス・故障対応を行う「駐在保守」も行っている。

「現地修理」では，故障症状のパターンに応じて適切に対応するため，報告・連絡・相談を密に行い，迅速な対応を実現している。

「予防保全」では，劣化が懸念される部位のオーバホール提案や機能回復に向けた提案・作業を行っている。技術員は「一作業一提案」を心掛けることで，お客様満足度の向上を図っている。

業界の慢性的な技術員不足の影響もあり，突発的な故障修理に迅速に対応できないことが課題となっている。このため，近年では「駐在保守」の要求が高まっている。この「駐在保守」では，日常点検・定期メンテナンス・所見からの装置改善などを行っている。駐在によって装置状況の把握が容易になり，装置故障時に迅速に対応できる。**第３図**に駐在保守のメリットを示す。

駐在保守では，お客様保守のサポート業務として様々な装置を担当する。これにより技術者の多能化をしており，お客様と当社の双方にメリットを生み出している。

3.3 POGの保守対応

当社は，半導体製造装置と同様に，POGの装置引き渡しとその後の点検・修理を行っている。納入先の約8割が海外の半導体工場であるため，ワールドワイドな活動が求められる。年次点検作業では，性能維持に欠かせない真空ポンプや冷凍機などの消耗品を交換している。**第１表**に年次交換部品リストを示す。また，安全を担保するためにオゾンセンサ（漏えい監視）やオゾン分解器（無害化）なども交換する。**第４図**にオゾンセンサ交換の様子を示す。

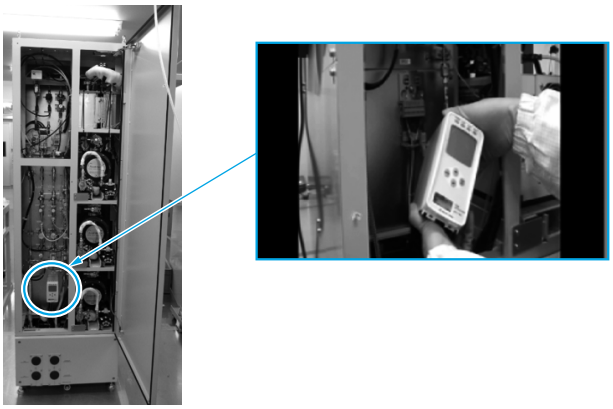
POG保守対象台数は，年々増加しており，今後も更に増えることが予想される。POG業務を開始した2014年以降，毎年確実に点検・保守を遂行し，2023年度は49台を完遂した。

前述のとおり，納入製品の8割が海外で稼働しているため，2019年末に感染が拡大した新型コロナウ

第 1 表　年次交換部品リスト

POG年次点検時での「性能維持」と「安全担保」に必要な部品を示す。

	交換部品	交換周期
安全担保	オゾンセンサ	1年
	オゾン分解器	
性能維持	真空ポンプ	1年
	冷凍機コールドヘッド	
	オゾナイザフィルタ	
	逆止弁	
	レギュレータ	
	ピラニーゲージ	
	APC（Auto Pressure Control）	2年
	出口用フィルタ	
	無停電電源装置（UPS）バッテリ	
	アドソーバ	3年
	タッチパネル用バッテリ	
	PLC（Programmable Logic Controller）用バッテリ	
	UPSバッテリ用ファン	4年



第 4 図　オゾンセンサ交換の様子

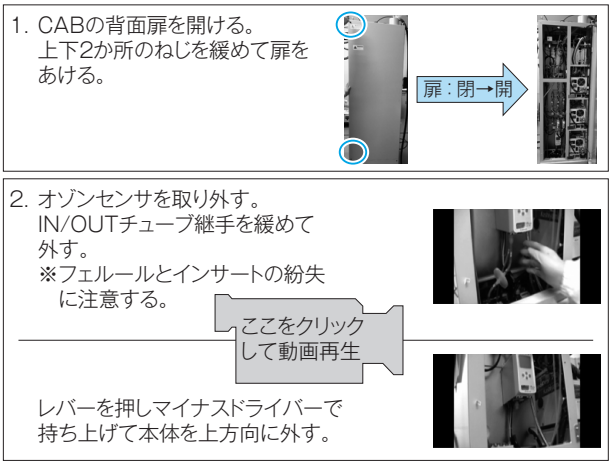
第 1 表で示した中で，「安全担保」に必要な部品交換の作業の様子を示す。

イルス（COVID-19）によって，海外での点検作業では多大な影響を受けた。渡航前には，特別な就労ビザの取得や陰性証明書などの必要書類の準備に多大な時間を要した。

渡航先では，各国の政府施設での隔離生活（2～4週間），帰国後の政府指定隔離施設での待機（2週間）を強いられた。交換部品は品薄状態が続き，部品の高騰や長納期化につながった。

これらの影響を受け部品入手や技術員の確保が困難となり，決められた周期での点検・保守が継続できなくなった。このような状況の中，確実に安全

5　オゾンセンサ交換手順（CAB）



第 5 図　ビデオ動画付き作業手順書

お客様自身で作業ができるように作成した手順書を示す。

を担保することを目的に，お客様自身でオゾンセンサ交換作業を実施できるよう，ビデオ動画を活用した手順書を作成し提供した。第 5 図にビデオ動画付き作業手順書を示す。これによりPOGの安全稼働が確保され，無事故でコロナ禍を乗り切ることができた。さらに部品の入手は，入手ルートの新規開拓や代替品への切り替えによって解決した。

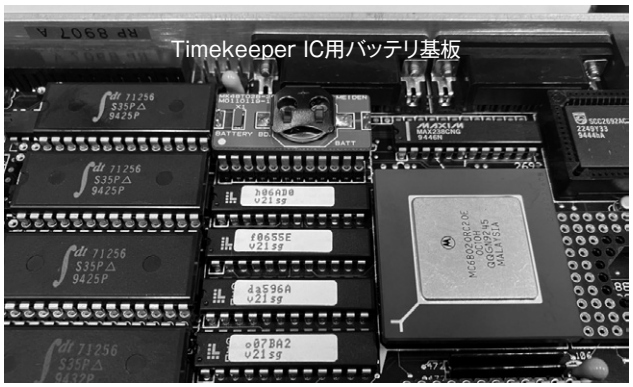
4　延命・更新フェーズ

半導体製造装置は，30年以上にわたり使用されることも珍しくはない。お客様にとって装置の延命は優先課題であり，「延命」から「更新」フェーズにおける延命技術がこれらを支えている。

4.1　ディスコン部品修理

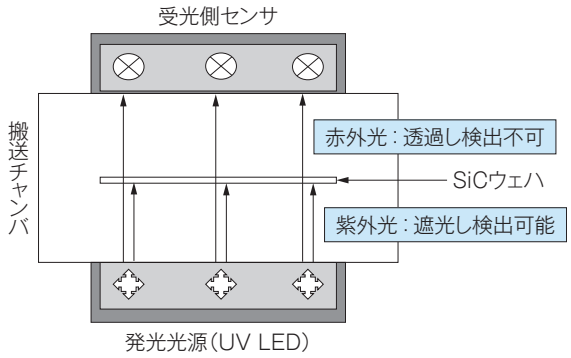
半導体製造装置には様々なユニットが搭載されているが，制御部は主にプリント基板（PCB）とDC電源ユニットから構成され，装置寿命はこれらに実装されている電子部品の影響を大きく受ける。メーカサポートを受けられなくなった装置の延命化への要求が高まる中，構成部品の調達が課題となり，レトロフィット部品で対応することが多い。

PCB修理では，代替部品がボルトオン装着できない場合があり，アダプタ基板の製作で対応している。また，機能を付加した追加基板も製作している。



第 6 図　Timekeeper IC用バッテリ基板

延命サービスとして基板製作で対応した実例を示す。バッテリ付きICの延命対策として，バッテリ基板を製作・追加している。



第 7 図　紫外線によるSiCウェハ検出イメージ

旧形装置の延命化についてお客様からの要望に応えるため，新たな技術を考案・実用化した実例を示す。

第 6 図にTimekeeper IC（Integrated Circuit）用バッテリ基板を示す。

PCBの集積度は年々高まり，近年では表面実装のPCBが採用されることが多く，高度なハンダ技術が必要不可欠となってきた。これらの技能伝承が今後の課題であり，教育・訓練にも力を入れている。

4.2　お客様要求対応

自動車業界では，電動化技術の要としてパワー半導体需要が大きく伸びている。近年，カーボンニュートラルに向けた取り組みが活発化しており，シリコン（Si）半導体から省エネ特性の高い炭化ケイ素（SiC）半導体への移行が進んでいる。現在パワー半導体製造で使用されている装置の大半が，Siウェハを処理することが前提で設計されている機齢20年以上の装置である。そのため，半透明で光を透過するSiCウェハに対応させるためには，搬送系の改造が必要になる。しかしながら，メーカサポートが終了していることが多いため，SiCウェハへの対応が実現できないことが多い。

当社ではこれらの要求に応えるため，10年以上前からSiCウェハへの対応に取り組み，現在も多くの引き合いがある。一般的なウェハの検出光源として赤外線や可視光線が使用されているが，これらはSiCウェハを透過してしまうため正常に検出することができない。これを解決するため，検出光源にSiCを透過しない紫外線を採用することを考案・実用化した。これにより，装置のウェハ検出機構を大きく変更することなく，SiCウェハ対応を実現した。**第 7 図**に紫外線によるSiCウェハ検出イメージを示す。

4.3　旧形ユニットリプレース

汎用ロジックデバイスや車載用途のデバイスは，高性能な最新鋭の製造装置を必要としない。製造ラインでは90年代に納入された装置が主力となり，これら旧世代装置向け保守部品の枯渇が課題となっている。

装置メーカが機能同等品を新規開発することは，投資回収が難しいため現実的ではない。製造当時の設計に基づき再製作する場合，生産終了となっている構成部品があっても，高い技術力と豊富なサプライチェーンによって復刻に近い形で再開発できる。PCB構成部品のICを例に挙げると，信頼できる調達ルートで国内外の市場在庫を捜索し，入手困難な場合には仕様や形状に応じた代替品を選定し，特別に採用と品質管理を行っている。

実績として，製造当時の部品構成に基づくコントローラユニットの再製作，インタフェースの更新による旧形操作モニタから最新カラータッチパネル式へのリプレースなどがある。半導体製造装置の延命化が求められる時代をこれらの取り組みが支えている。

4.4　装置再生

持続可能な社会を目指して廃棄物削減に取り組み，装置再生サービスを通じてリユースを促進することで，環境負荷低減に貢献している。

本サービスでは，老朽化した旧形装置を要求仕様に合わせて再生する。海外を含めた中古市場からベース装置を調達し，オーバホールなどの整備・改造や消耗部品交換を行い，各種検査を経てこれまでに約160台を納入した。

再生装置は，お客様にとって価格・納期面で大きなメリットがあり，製造プロセスの変更や生産性の向上を図ることができる。

5　むすび

半導体は，社会生活で欠かせない存在となっている。持続可能な社会の実現には，24時間フル稼働する現場を支える半導体製造装置のライフサイクルエンジニアリングが欠かせない。

今後も多様化するお客様からの要求に寄り添い，縁の下の力持ちとして確かな技術サービスで社会に貢献していく。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは，それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》

千葉頼弘
Yorihiro Chiba
㈱明電エンジニアリング
電子装置部の品質管理対応業務に従事

古家英司
Eiji Furuie
㈱明電エンジニアリング
電子装置部の技術サービス対応業務に従事

白石和彦
Kazuhiko Shiraishi
㈱明電エンジニアリング
電子装置部の技術サービス対応業務に従事

髙野秀和
Hidekazu Takano
㈱明電エンジニアリング
電子装置部（中部地区）の販売・技術サービス対応業務に従事