

キラリとかがやく！ 製品・ビジネスモデル



第10回

オンサイト型エキシマレーザ用 Neガスリサイクル装置

カンケンテクノ株式会社

● 2024 年度省エネ大賞経済産業大臣賞

カンケンテクノは、半導体露光プロセスにおけるエキシマレーザで使用されるネオンガスをリサイクルして活用する装置を開発した。希少にもかかわらず使用後は廃棄され、また、その製造に多くの電力エネルギーが必要なネオンガスを世界で初めてリサイクル化することに成功。その回収再生率は 90%を超える。
(編集部)

1. 開発の背景および目的

カンケンテクノは、半導体をはじめとするテクノロジー分野の製品を製造する際に排出される有害ガスの無害化と PFC ガスを分解する「大気環境保全装置」の製造・販売を手掛けている企業で、環境問題にも積極的に目を向けている。そうした中、同社は半導体製造プロセスにおいて必須であるレーザ装置に着目。エキシマレーザで使い捨てされているネオンガスのリサイクルに取り組んだ。

半導体製造設備のエキシマレーザで使用されるネオンガスは内需のほぼ全量を輸入に頼り、主要生産国はウクライナなどに集中。ロシアによるウクライナ侵攻の際には、ネオン価格が高騰するとともに、ネオンの調達そのものが危ぶまれるなど、調達におけるリスクが極めて高いものとなっている。

また、ネオンの製造供給サイドの構造的な要因から、定期的に需給ギャップが生じるガスであるといった側面も抱えている。こうした背景があるにもかかわらず、半導体製造工場において、エキシマレーザ用途のネオンガスは使い捨てされているのが現状である。

一方で、ネオンガスは製鉄や化学プラントの副産物として得られるものであるが、そのガスの精製・抽出プロセスと運搬において、相当の CO₂ を排出しているという現実もある。

以上のような社会的課題を捉えて、ネオンガスの安定供給の実現と、温暖化防止に向けた CO₂ 削減への寄与を目



写真-1 オンサイト型エキシマレーザ用 Ne ガスリサイクル装置

的として、エキシマレーザ用ネオンガスリサイクル装置を開発したものが本事例の「オンサイト型エキシマレーザ用 Ne ガスリサイクル装置」(写真-1)である。

2. 開発プロセス

同社は半導体工場向けに、毒性のあるガスならびに温室効果ガスを除害できる排ガス除害装置を設計・製造・販売してきたため、多くの半導体メーカーと取引があるが、同じ半導体工場向けとはいえ、ネオンリサイクル装置は、まったく新しい工程への新しい機能の提供である。こうした背景もあり、本製品の開発においては、技術開発本部内にキーパーソンで構成されるプロジェクトチームを別途に組

織。プロジェクトマネージャーには、代表取締役社長と技術開発本部長が就任し、プロジェクトチームを統括。製品コンセプトに①世界初の「ネオンガスリサイクル装置」②リサイクル装置としてはトップクラスの「ガス回収再生率90%以上」③エキシマレーザ5台までを接続できる「複数台対応」——といった3項目を掲げ取り組んだ。

ネオンガスリサイクル装置の展開による、CO₂排出量削減効果の想定については、リサイクル率90%以上を達成することにより、グローバル単位でのネオンガスの精製・抽出および輸送に伴うCO₂排出量削減を目指すこととした。ネオンガスリサイクル装置の普及・展開度に依存するが、グローバルで稼働しているエキシマレーザの30%に展開できれば、展開率30%×リサイクル率90%=27%となるので、ネオンガス製造等にかかわるCO₂をグローバル単位で27%削減できることとなる。

3. 製品の詳細

3.1 製品構成

エキシマレーザから排気されるネオンガスは、同社製品にて回収し、精製したのちに、エキシマレーザに供給する循環型フローとなる。

図-1のように、エキシマレーザが要求するクライテリアにおさまるように、Xeガスを微量添加した後、ガス精製を行い、タンク内に圧送し保管するプロセスを経るようになっている。保管されたガスは、エキシマレーザが要求するタイミングで供給できるように配慮されている。

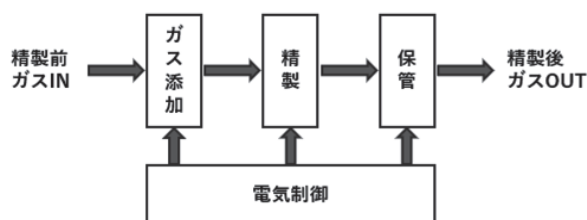


図-1 製品構成図

3.2 特徴

1) 自社開発ガス精製器（CF₄処理塔、H₂O処理塔）

同社は、設立当初から環境保全設備メーカーとして主に大気環境を保全する設備・装置の開発提供を主たる事業と捉え、各種ガスの無害化や、有害成分の除去を担う装置の、研究開発・設計・製造・販売・サービスを担ってきた。また、各種省エネ設備も手掛けており、その技術は各製品に盛り込まれている。

本製品においてもそれらのノウハウを用いており、従来

技術に比べてより省エネとなりうる省エネ型のガス精製器を開発し、製品の構成機器として配備。それが自社開発精製器であるCF₄処理塔並びにH₂O処理塔である。

CF₄処理塔は触媒式、H₂O処理塔は吸着式を採用。加熱方法はともに、IHヒータ方式（※H₂Oは吸着剤再生時のみ加熱）を採用した。

省エネの工夫として、従来においては触媒や吸着剤の加熱には、バーナや電熱ヒータが用いられるが、伝導伝熱・対流伝熱・輻射伝熱によるため加熱は間接的である。

一方、本装置に採用しているIHヒータ方式は、誘導加熱により直接的に触媒ないしは吸着剤が発熱し温度上昇するので、従来方式に比べ伝熱媒体を介しない分、エネルギー効率が高く、省エネにつながる。

2) Xe濃度を10ppm±2ppm以内に制御できるガス添加機構

エキシマレーザは、Xeが10ppm含まれるガス（Bi-Mixガス）と、Xeが含まれないガス（Tri-Mixガス）の二つのブレンドされたネオンガスを使用しており、使用割合はおおむね前者7に対して、後者が1の割合となっている。

エキシマレーザから排気され本製品に流入するガスは、上記2種類のガスが混合された状態となっているため、このガスのXe濃度は必然的に若干薄くなっている。本製品を用いてリサイクルを繰り返していくと、ゆくゆくはXe濃度がエキシマレーザの要求するクライテリアを外れることが予想される。

本製品は、エキシマレーザに対してBi-Mixガス用途として精製し供給することを目指しているため、Xe濃度をクライテリア内とするためには、高精度の微量Xe添加が必要となる。

当初は、マスフローコントローラを用いてのガス添加機構を構想していたが、エキシマレーザが要求するXe濃度のクライテリアは、10ppm±2ppmと、極めて濃度が低く許容幅も小さいことに鑑みると、マスフローコントローラでは、ガス溜り部容積が大きく、出だしの流量精度がその機構上担保することが難しいと推察され、微量添加は対応できないと判断した。

そこで、特殊なガス添加用バルブによる、1ppm単位でガスを添加する技術を開発した。

Xeガス添加のために、マスフローコントローラ方式より、同社独自方式（特殊ガス添加用バルブ）のガス溜り部が少なく、従って同社独自方式であれば、Xeを1ppm単位での精度で、添加することが可能となる。

3) Ne : 96.5%と, Xe:10ppm を同時に計測する計測技術

質量分析計の概要図を図-2 に示す。質量分析器を用いて Ne : 96.5%と, Xe:10ppm の濃度を同時に検出しなければならないが、濃度差が何十倍も異なる。低濃度の Xe を検出するためには、検出器電圧を相当レベルに上げなければならないが、電圧を上げた状態で Ne のピークを検出し続けると検出器の劣化を早めることとなり、長期運用を考慮すると好ましくない。よって、「いかに Ne の検出量を減らして、低濃度成分の Xe を効率よく検出できるか」が、解決すべき重要な技術課題として浮上することとなった。この課題を解決できるような測定条件を作り上げるためには、質量分析計の以下のパラメーターを調整する必要があった。

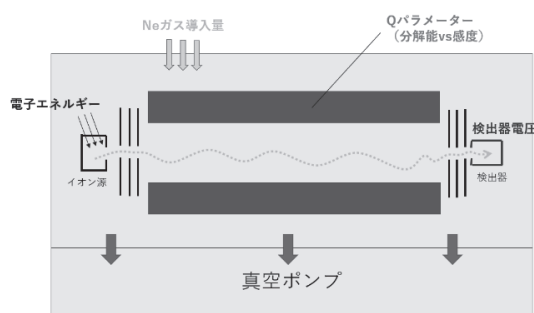


図-2 質量分析計の概念図

また、Xe の濃度が極端に低いため Ne や Ar の存在比最大の同位体を検出対象とすると Xe の測定精度が落ちることが想定されるため、地球上の存在比の小さい、Ne や Ar の同位体を検出することで Xe の測定精度向上を図った。

1. Ne ガス導入量の最適化

Xe をよりはっきり検出するためには、Ne ガスを質量分析計内に可能な限り、多く導入する必要がある。しかし Ne ガスを導入し過ぎると多量の Ne イオンによってイオン源内に飽和し、定量性（イオン強度と濃度の直線性）が得られなくなることが想定される。そのため質量分析計への Ne ガス導入量の最適化を図った。

2. 電子エネルギーの最適化

1. の方策に加えて、Ne のイオン化を可能な限り抑制し、イオン源の飽和をさらに軽減することができれば、Xe イオンを効率よくイオン源内で生成することが可能となる。そこで、Ne のイオン化をさらに抑制するために、電子エネルギーを調整した。

3. Q パラメーターの最適化

Xe は同位体分布を持っており、それらを個別に検出すると感度的に不利であるので、まとめて検出を行うこととした。また、Q パラメーターを調整し、分解能より感度優先で Xe を検出できるようにした。

4) Ne 及び Ar の存在比の小さい同位体を検出対象とすることで、Xe の測定精度向上

Ne や Ar の、地球上における存在比最大の同位体（Ne であれば Mass No.20, Ar であれば Mass No.40, 表-1）を検出対象とすると、Xe 濃度が極端に

表-1 Ne および Ar の同位体（抜粋）とその存在比

ガス種	Mass No.	存在比
Ne	20	0.9048
	21	0.0027
Ar	40	0.9960
	36	0.0034

低いこともあり、Xe の測定精度が相当程度落ちることが想定される。

そこで、地球上における存在比の小さい Ne や Ar の同位体（Ne であれば Mass No.21, Ar であれば Mass No.36, 表-1）を検出対象とすることで、Xe の測定精度向上を図った。

図-3 に示すように、存在比最大の同位体を測定対象とすると、Ar であれば約 3,500 倍、Ne であれば約 100,000 倍の落差があり、Xe 測定精度が実用を満足できる水準におさまらない可能性が高くなるが、存在比の小さい Ne や Ar の同位体を測定対象とすると、Ar で約 10 倍、Ne で約 1,000 倍となり、実用的な Xe 測定精度が得られる結果となった。

5) ガス回収再生率 90%の実現

上記 1) から 4) の技術を実現した結果、実質的には、ガス回収再生率は 100%を実現できる仕様となった。しかしながら、エキシマレーザのネオンガス導入・排気の特徴的な動作が起因して、回収精製率は 100%を下回ることが想定されている。

エキシマレーザのネオンガス導入・排気のやり方には 2 種類あり、1 日に百数十回程度 2~3L のネオンガスをエキシマレーザの二つのチャンバに注入する「インジェクション」と、定期的に二つのチャンバ内のネオンガスを全て入れ替える「リフィル」がある。両者の割合は「インジェクション」の 9 に対して、「リフィル」は 1 の割合である。

本製品は、「インジェクション」の 100%回収再生を想定しており、上記の「インジェクション」「リフィル」の割合から考えて、全体としてガス回収再生率は 90%にな

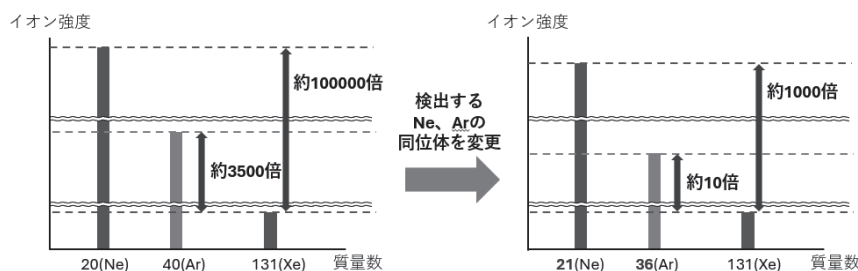


図-3 検出する Ne, Ar の同位体変更の効果

る勘定となる。

同社では、将来的には「リフィル」の回収再生も実現したいと考えており、二つのチャンバ内のネオンガスを全て受け入れ、なおかつ、二つのチャンバを満たし得る量のリサイクルガスを供給できるように、本製品プロセスフローの改善を図る予定である。こうすることにより、限りなく回収再生率を100%に近づけることができると考えている。

4. 省エネルギー性

ArF エキシマレーザの稼働台数増加に伴い、ネオンガスの需要も増加している。ネオンガスは製鉄や化学プラントの副産物として得られるが、精製・抽出プロセスには極低温（約70K）が必要で、大量の電力を消費する。ネオン

ガス需要の増加は、生成AIによる半導体産業の急成長と連動しており、この電力消費増加トレンドを抑えることがグローバルな省エネ施策として有益と考えられる。

本製品の普及・展開度に依存するが、グローバルで稼働しているエキシマレーザの30%に展開できれば、展開率30%×リサイクル率90%=27%となるので、ネオンガス製造などにかかわる電力をグローバル単位で27%削減できることとなる。

【事業者概要】

名称：カンケンテクノ株式会社
所在地：〒617-0833 京都府長岡京市神足太田30-2
担当：技術開発本部 開発部 加藤 義彦
連絡先：075-955-8823



省エネ大賞受賞者のコメント

カンケンテクノ株式会社 技術開発本部 開発部 麥谷知加

まず初めに、今回の受賞を祝っていただいたすべての方々に心から感謝申し上げます。

この装置は世界的に希少化しているエキシマレーザガスの回収精製装置です。これまで弊社は除害装置をメインに扱ってきましたが、この装置で半導体の主要工程である露光の一部分を担う装置を製作することができ、非常に嬉しく思います。

この装置のポイントを大きく分けると「精製」「分析」「添加」の3点が挙げられます。

この3つの中で最も苦勞した部分は「分析」です。リサイクル装置は分析器を内蔵しています。利点としては、精製後のガスが基準値に到達していることを確認できるため安心して供給することができる点などが挙げられます。分析器を内蔵していることの問題点としては難易度の高さでした。これまでガスを測定するときは人がサンプリング

し、人が測定し結果を判断します。しかしこの装置では自動でガスを測定し、可否を判断しているため人が干渉することは一切ありません。そのため測定のタイミング、判定基準の設定など試行錯誤してきました。現在は順調に分析器が動作しているためとても安心しています。

現在、受賞後各所から受注に結びつくようなお話をいただいております。今後は国内のみならず国外シェアの確立を目標にしています。シェア拡大のために生産能力の向上や、輸出するために様々な認証の取得、メンテナンスメンバーの育成などが必須です。弊社のリサイクル装置は、単なるコスト削減を目的としたものではなく、地球環境への責任を果たすための大きな一歩であると考えているため、持続可能な社会の実現を目指して全社員一丸となって精進してまいります。