

# 静電霧化装置の小型・省エネルギー化

## Miniaturization and Energy Conservation of Electrostatic Atomizers

平井 康一\* ・ 裏谷 豊\* ・ 辻本 豊彦\*\*  
Koichi Hirai Yutaka Uratani Toyohiko Tsujimoto

ペルチェ式静電霧化装置において、冷却効率が高くなるように封止構造の改善をすることで素子数を減らし、ペルチェモジュールの駆動電力を約 70 %削減して発熱を大幅に抑えることで、ヒートシンク容積を約 25 %まで小型化した。併せて、対向電極形状の改善により印加電圧を低減して絶縁距離を短縮することで、装置全体として 2005 年モデル比で約 27 %に小型化した。

また制御回路については、制御用 IC の開発により大幅に部品点数を削減し、回路全体として 2005 年モデル比で約 50 %に小型化した。

In the Peltier type electrostatic atomizers, the number of Peltier devices has been reduced by newly developed encapsulation structure to improve cooling efficiency, and the heat sink surface area has been reduced by 25% by substantially suppressing heat generation and reducing the drive power of the Peltier module by approx. 70%. In addition, the shape of the facing electrode was improved for reducing the applied voltage and the insulation distance was reduced, thereby achieving downsizing of the equipment by approx. 27% from the 2005 model.

The number of components used for control circuits has been substantially reduced by developing a control IC, thereby downsizing the circuit area to approx. 50% compared with the 2005 model.

### 1. ま え が き

当社では静電霧化技術を応用した帯電微粒子水（以下、「nanoe<sup>\*1)</sup>」イオンと記す）が付着臭脱臭に効果があることに着目し、独自のペルチェ式静電霧化装置（以下、霧化装置と記す）を開発して<sup>1), 2)</sup> 2005 年に初めて空気清浄機に搭載した。その後「nanoe」イオンが毛髪の損傷軽減や肌保湿、冷蔵庫内の野菜の保鮮に効果があることが明らかになり<sup>3), 4)</sup>、製品の新機能としてドライヤやスチーマなどの理美容機器だけでなくエアコンディショナや冷蔵庫などの家電製品を始めとして車載やトイレ空間用のパネルなど、応用範囲が広がっている。

より一層応用範囲を広げるためには、霧化装置の高性能化とコスト競争力を高めることと同時に、小型・省エネルギー化が求められる。またそのためには、冷却効率や放電効率の向上と駆動回路の小型化が課題となる。そこで筆者らは封止構造の改善による冷却効率、電極形状の改善による印加電圧の低電圧化、および駆動回路構成の再構築を行うことで小型かつ高効率の霧化装置を開発し、さまざまな

製品への応用展開が可能になったので報告する。

図 1 は 2009 年までに発売された霧化装置が搭載されている製品の事例である。



図 1 霧化装置を搭載した製品事例

### 2. 霧化装置の小型化

応用製品ごとに専用の霧化装置を開発していると開発段階での負担が大きく、コスト面でもロスが大きい。また製造段階においても、専用の治具や設備投資が必要になりコスト削減もしにくい。そのため、さまざまな製品に対応で

\* 電器事業本部 新規デバイス開発推進部 Devices Development Division, Home Appliances Manufacturing Business Unit

\*\* 先行技術開発研究所 Advanced Technologies Research Laboratory

きる共通デバイスとしての霧化装置が求められるが、その開発にあたっては小型化が大きな課題となる。

そこで筆者らは各製品に対応するため、目標容積を2005年モデルの $90\text{ cm}^3$ に対して $1/3$ となる $30\text{ cm}^3$ と設定して開発を進める。

## 2.1 霧化装置の基本構造

図2は2005年モデルの基本構造である。

ペルチェモジュールによって霧化電極を冷やすことで、その表面に空気中の水分が結露する。この状態で霧化電極に高電圧を印加すると電極表面の結露水が先端に集まり、静電霧化現象によりナノオーダーまで微細化した水が霧として生成される。

ペルチェモジュールは基板にペルチェ素子が実装された構成になっている。霧化電極の表面に結露した水がペルチェモジュールの基板に付着するとパターンが腐食してペルチェモジュールが破壊される。それを防ぐため、ペルチェモジュールを封止する必要がある。また霧化電極には高電圧が印加されるため、封止材には絶縁の機能も求められる。

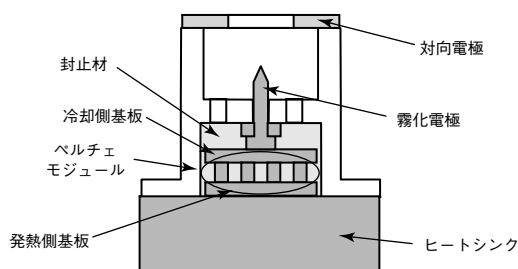


図2 2005年モデルの霧化装置

## 2.2 冷却効率の向上

### 2.2.1 基本構造の見直し

2005年モデルの封止構造は、ペルチェモジュール全体を封止材でポッティングしていた。そのため、冷却側と発熱側との間の熱移動によるロスが大きくなり、64素子から成るペルチェモジュールが必要であった。そこで2007年モデルでは、ペルチェモジュールとハウジングを接着することでペルチェモジュール内部への水の浸入を防止する構造に改善している（図3）。これにより熱ロスが小さくなり、ペルチェモジュールの素子数を18まで少なくすることができ、同等の冷却性能確保に要する駆動電力を4.6 Wから2.1 Wへと約55%削減している。

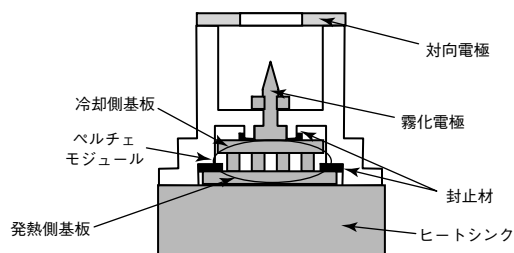


図3 2007年モデルの霧化装置

### 2.2.2 ペルチェ素子の改善

2009年モデルでは、さらにペルチェ素子の面積を約25%大きくすることで素子数を14まで少なくし、ペルチェモジュールの約10%小型化を実現している。

このペルチェ素子数の削減によりペルチェモジュールの駆動電力は1.4 Wになり、2005年モデルと比較して約70%削減でき、その分発熱量も小さくなる。その結果、ヒートシンクの容積は2005年モデルの $60\text{ cm}^3$ から $15\text{ cm}^3$ まで小型化できている。

## 2.3 放電条件の見直し

2005年モデルでは霧化電極に印加する電圧が $-4.8\text{ kV}$ であったが、霧化電極と対向電極の形状および電極間距離を改善することで、2009年モデルでは印加電圧を $-3.5\text{ kV}$ まで低減しながら霧化量を3倍まで増やせる放電条件を見いだしている<sup>5)</sup>。

霧化量は霧化電極先端の電界の強さに依存する。そこで筆者らは、電界解析により電気力線が集中する対向電極の形状を検討する。その結果、図4に示すように対向電極の内側の形状を半球型にすることで電気力線が集中することを解明し、2008年モデルから採用している。図5は2005年モデルと2008年モデルの対向電極である。発売年度ごとの霧化量と印加電圧の推移を見ると、2008年以降のモデルでは印加電圧が下がっているが霧化量は多くなっている（図6）。

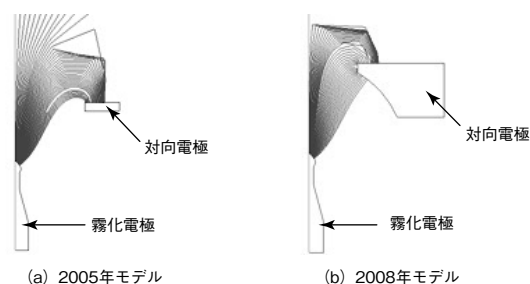


図4 電気力線の解析



図5 対向電極の形状

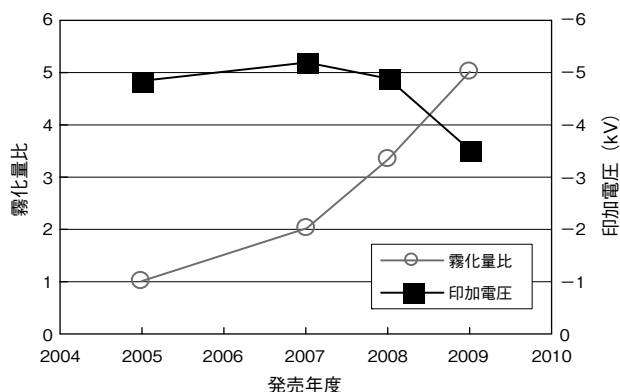


図6 霧化量比と印加電圧の推移

印加電圧を低くすることで、霧化電極とペルチェモジュールおよびヒートシンク間の絶縁距離を短くすることができる。

その結果、霧化装置全体の大きさは  $90 \text{ cm}^3$  から  $25 \text{ cm}^3$  となって2005年モデル比約27%まで小型化でき、またペルチェモジュールの駆動電力は4.6Wから1.4Wとなって約70%削減でき、共通デバイスとして多くの製品に搭載可能である(図7, 図8)。

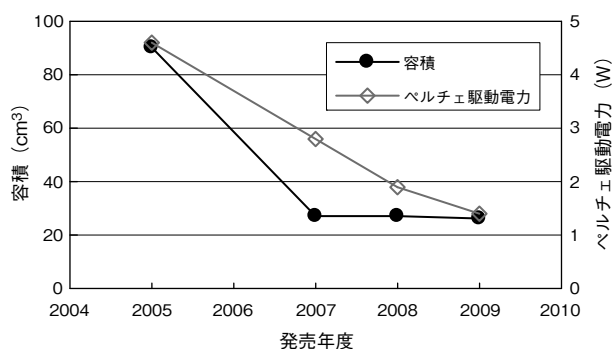


図7 霧化装置の容積と駆動電力の推移

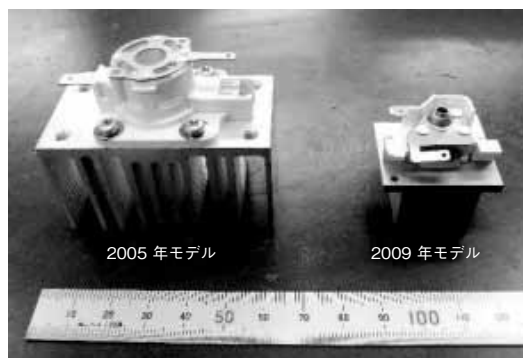


図8 霧化装置の比較

### 3. 回路小型化

回路は、ペルチェモジュール駆動回路、高圧電源回路、これらを制御する制御回路などから構成されている。従来の回路はマイクロコンピュータを使用しているものの、ディスクリート部品を多用していた。そこで筆者らは、部品点数の削減による部品コスト1/2と回路面積1/2を目標として回路の開発を行う。

部品点数を削減する方法として図9に示すように回路のIC化を検討する。これらの集積化により、大幅な部品点数の削減や回路の小型化が期待できる。

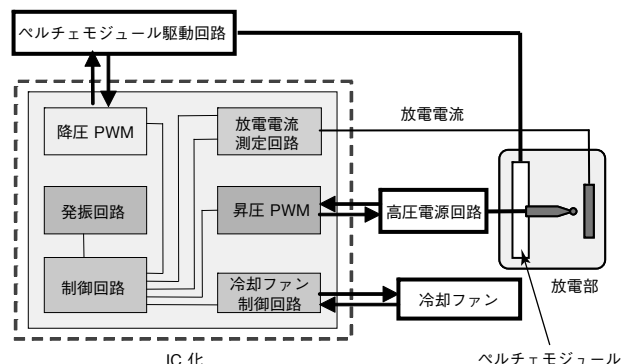


図9 回路構成

従来回路は外部電源が12Vであり、マイクロコンピュータを使用するために5Vを生成する電源回路が必要であったが、IC化により内部で5Vを生成することができる。

また、従来回路は外部電源で動作しているペルチェモジュールや高圧電源回路の駆動素子を直接ドライブすることができないため、ドライバ回路が必要であった。マイクロコンピュータを外部電源で直接駆動したり、ドライバ回路をIC化するにはICの高耐圧化が必須である。

そこで、製品ラインアップを考慮して最大20Vまで動作する仕様とする。これにより、外部電源が異なる環境下においても回路変更なく使用できる。なお、ペルチェモジュール駆動回路の駆動素子をIC化する検討も行ったが、数Aの電流駆動能力をもつ素子をIC化するとICのチッ

ブ面積増大でコストアップにつながるため採用しない。

周辺回路については、放電電流測定回路の IC 化、高圧電源回路の駆動を自励方式から IC の PWM 出力信号で直接駆動する他励方式にすることにより、部品点数を削減する。また、ペルチェモジュール駆動回路や高電圧電源回路の駆動素子を直接駆動できるドライバ回路を IC 化するとともに、その駆動素子をスイッチングロスが少ない FET で構成することで小型化する。

併せて将来の仕様変更への対応も考慮し、複数の高圧トランスに対応可能にする。

従来回路と IC 化した回路の面積比較を図 10 に示す。

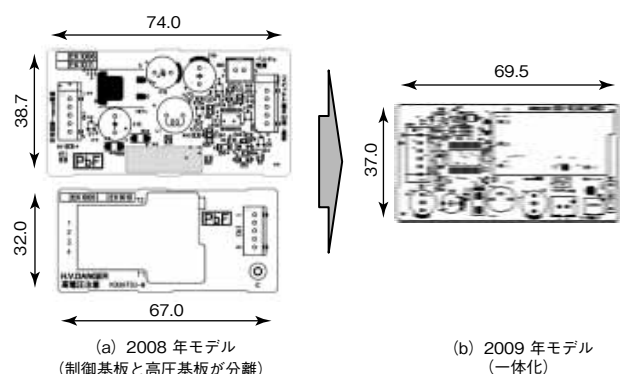


図 10 従来回路との比較

#### ●注

※ 1) nanoe：当社登録商標

#### \*参考文献

- 1) 須田 洋, 岩本 成正, 小豆沢 茂和, 山内 俊幸, 奥山 喜久夫, 佐橋 紀男, 高橋 裕一, 安部 悦子: 静電霧化による付着臭の除去と花粉抗原の不活化, 第 22 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集, p. 208-209 (2004)
- 2) 小林 健太郎, 秋定 昭輔, 平井 康一, 渡邊 純一, 宮田 隆弘: 熱電冷却を応用した静電霧化装置「ペルチェ式 nanoe システム」, 松下電工技報, Vol. 55, No. 1, p. 95-100 (2007)
- 3) 藤原 ゆり, 仲野 章生, 松井 康則, 山内 俊幸, 永廣 瑠璃子, 関 太輔: 静電霧化微粒子水 (nanoe イオン) による毛髪損傷低減作用効果, 第 31 回日本香粧品学会学術大会 (2006)
- 4) 中田 隆行, 和田 澄夫, 須田 洋, 山口 友宏, 町 昌治, 松元 宇宙: 帯電微粒子水の野菜鮮度保持効果と冷蔵庫への応用, 松下電工技報, Vol. 56, No. 1, p. 46-50 (2008)
- 5) 世戸 慎二郎, 伊東 幹夫, 高島 清, 小林 健太郎: 静電霧化装置と電源回路の小型化, 松下電工技報, Vol. 56, No. 1, p. 56-60 (2008)

#### ◆執筆者紹介



平井 康一

新規デバイス開発推進部



裏谷 豊

新規デバイス開発推進部



辻本 豊彦

先行技術開発研究所

## 4. あとがき

ペルチェ式静電霧化装置において、冷却効率が高くなるように封止構造の改善をすることで素子数を減らし、ペルチェモジュールの駆動電力を約 70 %削減して発熱を大幅に抑えることで、ヒートシンク容積を約 25 %まで小型化した。併せて、対向電極形状の改善により印加電圧を低減して絶縁距離を短縮することで、装置全体として 2005 年モデル比で約 27 %に小型化した。

また制御回路については、制御用 IC の開発により大幅に部品点数を削減し、回路全体として 2008 年モデル比で約 50 %に小型化した。

この霧化装置と回路の小型・低電力化は、製品の環境負荷を軽減するだけでなく、共通デバイスとして新たな製品にも応用展開が可能と考える。