

低コスト・大量処理に適したプラズマ殺菌装置

日本国では、**収穫後に殺菌・消毒を行う有効な方法がないため**、農産物の長距離輸送や貯蔵の際、カビや細菌類の繁殖による消費者の食害が問題視されている。また、例えば、熱帯、亜熱帯地方に位置する発展途上国からの輸入に依存している大部分の香辛料の現地での製造は微生物汚染防止等の対策が取られてなく、土壌由来のウイルス等を含む細菌、微生物やダニ及び害虫等の混入が不可避の状況にある。**このため、輸入、国産を問わず、収穫後の農産物を安全に殺菌・消毒できる技術として、プラズマ殺菌装置の実用化普及が求められている。**

APTは、独自技術である”粒状・粉状の食材等のプラズマ殺菌に適した低コスト、大量処理が可能なプラズマ殺菌装置“を提案します。

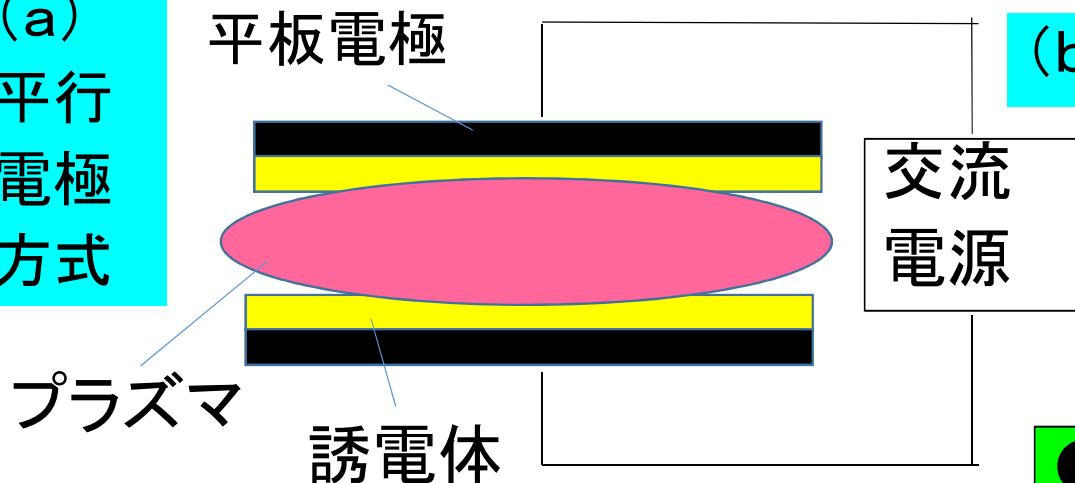
特許開2020-006261(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

令和2年2月17日

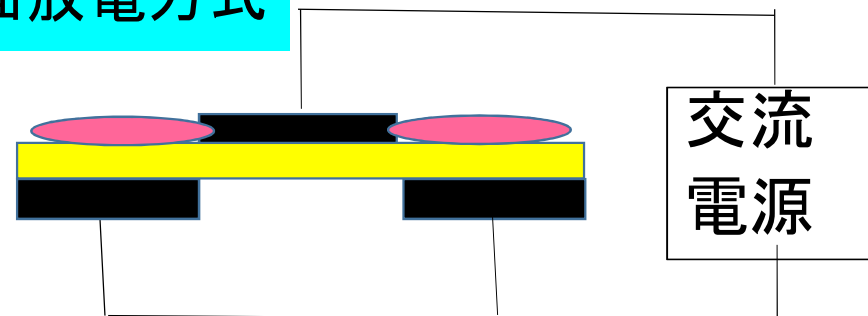
APT代表 村田正義

大気圧プラズマ殺菌装置の代表的プラズマ源及び応用上の問題点

(a)
平行
電極
方式



(b) 沿面放電方式



●沿面放電プラズマの厚み＝数mm

(応用上の問題点) ●平行平板電極の間隔＝数mm～8mm程度

- ①プラズマ殺菌処理の容積が狭い(プラズマ容積が小さい) ⇒プラズマ殺菌処理量は電極面積に依存 ⇒大量、迅速な殺菌処理が困難、かつ、装置大型化で高コスト
- ②プラズマパラメータ(電子・イオンの密度等)を制御できない ⇒プラズマ殺菌の強さ及び効果は、接触時間に依存 ⇒従来技術では大量、迅速な殺菌処理が困難

プラズマ殺菌装置実用化普及に関する課題と対応策

大気圧プラズマ殺菌装置の応用上の問題点(沿面放電プラズマの厚み=数mm、平行平板電極の間隔=数mm~8mm程度)を解決できるアイデアの創出



従来技術の代表例

- ・再表2016/190436(佐賀大学)
:プラズマ殺菌装置
- ・特開2019-087395(クメタ製作所、静岡大学):
プラズマ生成装置
およびプラズマ生成方法



新しい技術の提案

- ・特開2020-006261(村田正義)
:大気圧プラズマ殺菌処理装置

プラズマ殺菌装置実用化普及に関する課題と対応策

従来技術の代表例

- ・再表2016/190436(佐賀大学)
:プラズマ殺菌装置
- ・特開2019-087395(クメタ製作所、
静岡大学):プラズマ生成装置および
プラズマ生成方法



欠点(短所)

- (1)プラズマ殺菌処理の対象物を大量に、迅速に処理するのは、原理的に困難
- (2)装置の製造コストが高い

プラズマ殺菌装置実用化普及に関する課題と対応策

・特開2020-006261(村田正義)

大気圧プラズマ殺菌処理装置

(1) APT独自技術により、プラズマ殺菌処理の対象物を大量に、迅速に行うことが可能

(2) APT独自技術により、装置製造コストの低減化が可能／電極構造を多層化、多段化することにより、大気圧バリア放電プラズマ発生手段の応用上の問題点を解決可能。

メンテナンスや装置内部の清掃は、部品分解&クリーニングが容易に可能である。

反応容器及びプラズマ発生装置は、構造がシンプルなので、取り外し、分解、クリーニングが容易に可能。

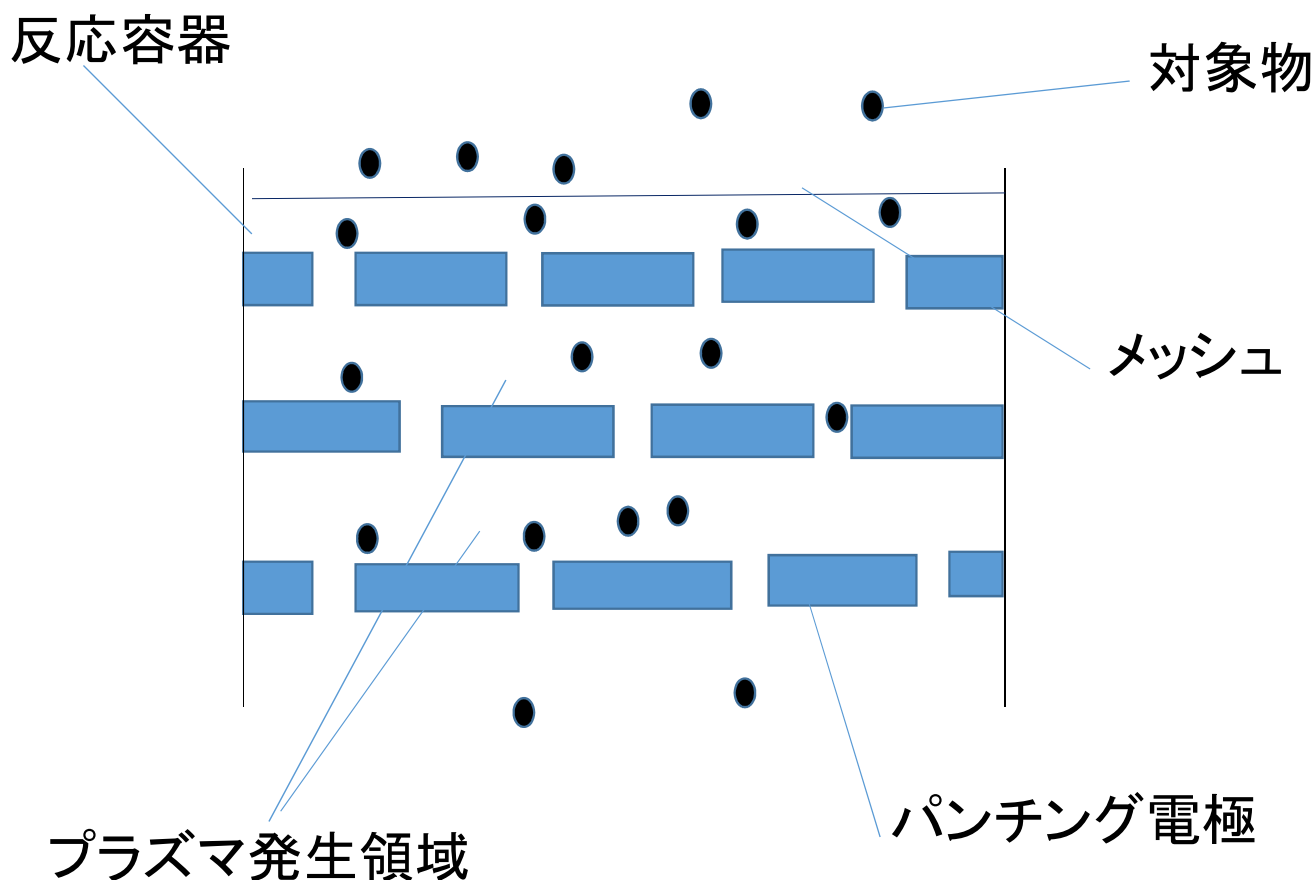
特開2020-006261(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

【特徴／プラズマ発生】

(イ)プラズマは多層構造の電極間で発生する。

(ロ)電極は、穴あるいは隙間を備え、対象物を鉛直方向へ落下させる。

(ハ)対象物は上記穴あるいは隙間を通り、電極表面を転がり、あるいは揺さぶられて移動しながら、プラズマ殺菌される。



特開2020-006261(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

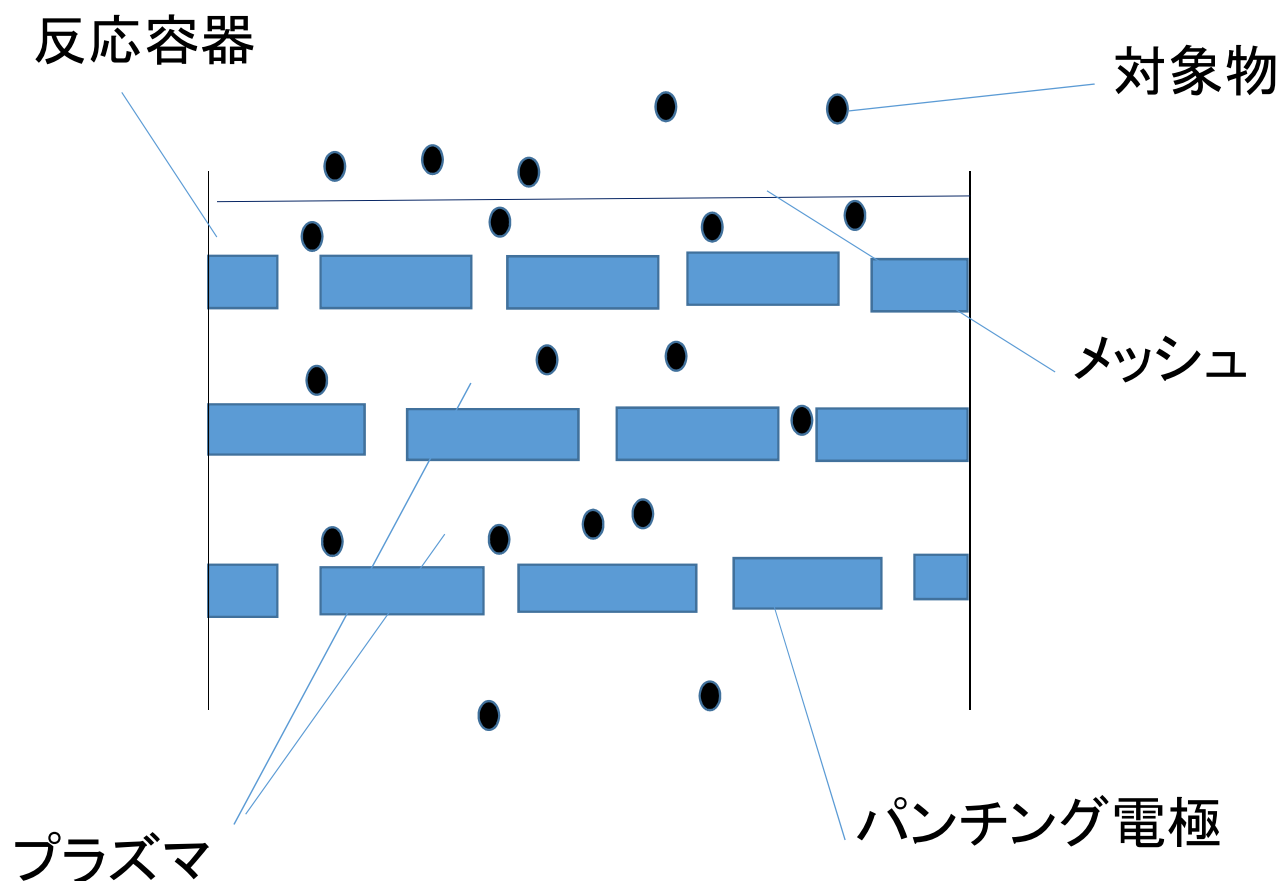
【特徴／メリット】

(a) **プラズマ容積の増大が容易**
⇒ 電極の層の数あるいは、面積を増大

(b) 対象物とプラズマの**接触時間の増大が容易** ⇒ 電極の層の数を増大

(c) **大量、迅速な殺菌処理が容易に可能** ⇒ 電極の穴あるいは隙間の開口率を増大、かつ、電極の段数を増大

(開口率の目安=30~70%)



特開2020-006261(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

技術的特徴

【請求項1】

処理対象物を収納する反応容器と、前記反応容器に大気を導入する大気導入口と、前記反応容器内部の大気を排出する大気排出口と、前記反応容器に設けられた前記処理対象物の受け入れ口と、前記処理対象物を前記反応容器から回収する回収口と、接地電極と、非接地電極と、前記接地電極及び前記非接地電極の少なくともいずれか一方に設けられた誘電体と、前記接地電極と前記非接地電極の間に交流あるいはパルス状の電圧を印加する電源と、を備え、前記接地電極と前記非接地電極の間に前記電源から高電圧を印加し前記電極間に大気圧プラズマを生成し、前記処理対象物をプラズマ処理する大気圧プラズマ殺菌処理装置において、前記接地電極と前記非接地電極のそれぞれに、鉛直方向に沿って上側から下側へ貫通する開口を配置し、前記処理対象物を略鉛直方向へ落下させながらプラズマ処理することを特徴とする大気圧プラズマ殺菌処理装置。

特開2020-006261(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

技術的特徴

【請求項2】

前記処理対象物の受け入れ口に、前記処理対象物に篩を掛けるメッシュを配置することを特徴とする請求項1に記載の大気圧プラズマ殺菌処理装置。

【請求項3】

前記接地電極及び前記非接地電極の少なくともいずれか一方の上側に、前記処理対象物を分散させるメッシュを配置することを特徴とする請求項1あるいは請求項2に記載の大気圧プラズマ殺菌処理装置。

【請求項4】

前記接地電極は略鉛直方向に沿って貫通した開口を有する金属板で形成され、前記非接地電極は誘電体で被覆された棒状の電極であることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の大気圧プラズマ殺菌処理装置。

特開2020-006261(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

技術的特徴

【請求項5】

前記接地電極はメッシュ状の金属で形成され、前記非接地電極は誘電体で被覆された棒状の電極であることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の大気圧プラズマ殺菌処理装置。

【請求項6】

前記接地電極はメッシュ状の金属で形成され、前記非接地電極は略鉛直方向に沿って貫通した開口を有し、かつ、誘電体で被覆された金属板で形成されることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の大気圧プラズマ殺菌処理装置。

【請求項7】

前記接地電極と前記非接地電極は、いずれも棒状金属で形成され、前記反応容器の中心線に略直交する一平面の略面内に配置されることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の大気圧プラズマ殺菌処理装置。

特開2020-006261(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

技術的特徴

【請求項8】

前記接地電極と前記非接地電極はいずれも平板型電極で形成され、前記接地電極の開口と前記非接地電極の開口は、鉛直方向から見て、両者が重ならないように配置されることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の大気圧プラズマ殺菌処理装置。

【請求項9】

前記接地電極として、第1の接地電極、第2の接地電極及び第Nの接地電極からなる複数N個の接地電極を備え、前記非接地電極として、第1の非接地電極、第2の非接地電極及び第Nの非接地電極からなる複数N個の非接地電極を備え、前記反応容器の中心線に略直交する互いに異なるN個の一平面の略面内に、それぞれ、前記第1の接地電極と第1の非接地電極を一对とし、前記第2の接地電極と第2の非接地電極を一对とし、前記第Nの接地電極と第Nの非接地電極を一对として配置することを特徴とする請求項1から請求項8のいずれか1項に記載の大気圧プラズマ殺菌処理装置。

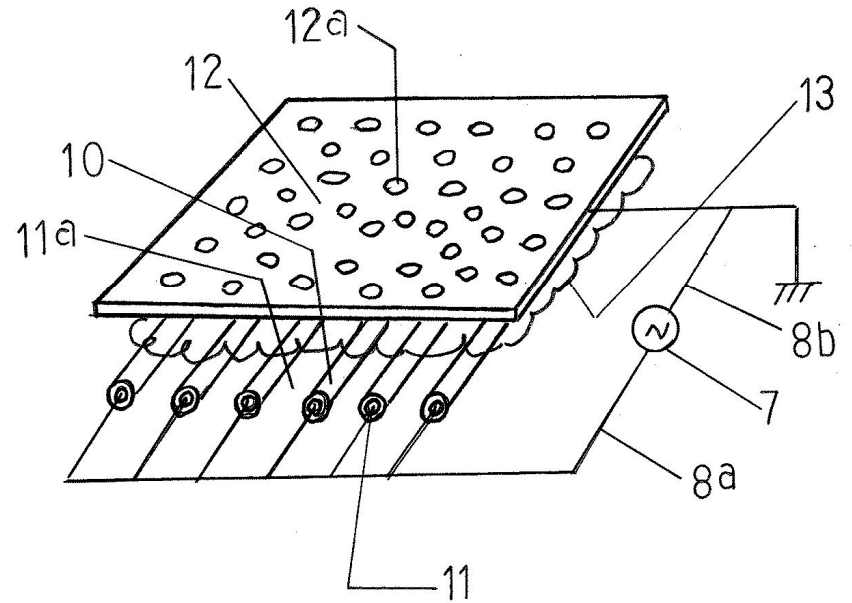
【請求項10】

前記反応容器は、加振機で加振されることを特徴とする請求項1から請求項9のいずれか1項に記載の大気圧プラズマ殺菌処理装置。

特開2020-006261(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

実施形態1

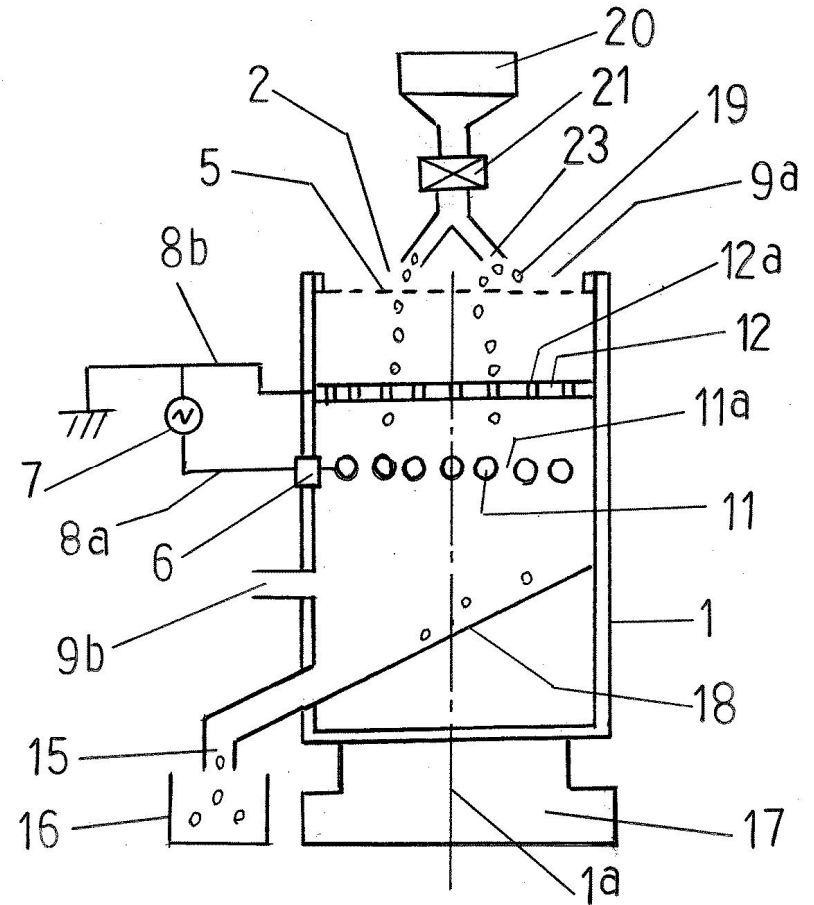
- 1・・・反応容器、1a・・・反応容器の中心線、
- 2・・・処理対象物の受け入れ口、
- 5・・・篩用メッシュ、6・・・接続端子、
- 7・・・交流電源、8a、8b・・・第1及び第2の電力供給線、
- 9a・・・大気導入口、9b・・・大気排出口、
- 10・・・誘電体、11・・・非接地電極、
- 11・・・非接地電極、11a・・・非接地電極11の開口
- 11b・・・第1の棒型非接地電極、
- 11c・・・第2の棒型非接地電極、
- 12・・・接地電極、
- 12a・・・接地電極12の開口、
- 12b・・・第1のメッシュ型接地電極、
- 12c・・・第2のメッシュ型接地電極、
- 13・・・バリア放電プラズマ、17・・・加振機、
- 18・・・処理対象物19の回収板、
- 19・・・処理対象物、
- 25a・・・第1の対象物分散用メッシュ、
- 25b・・・第2の対象物分散用メッシュ。



特開2020-006261(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

実施形態1

- 1・・・反応容器、1a・・・反応容器の中心線、
- 2・・・処理対象物の受け入れ口、
- 5・・・篩用メッシュ、6・・・接続端子、
- 7・・・交流電源、8a、8b・・・第1及び第2の電力供給線、
- 9a・・・大気導入口、9b・・・大気排出口、
- 10・・・誘電体、11・・・非接地電極、
- 11・・・非接地電極11、11a・・・非接地電極11の開口、
- 11b・・・第1の棒型非接地電極、
- 11c・・・第2の棒型非接地電極、
- 12・・・接地電極、
- 12a・・・接地電極12の開口、
- 12b・・・第1のメッシュ型接地電極、
- 12c・・・第2のメッシュ型接地電極、
- 13・・・バリア放電プラズマ、17・・・加振機、
- 18・・・処理対象物19の回収板、
- 19・・・処理対象物、
- 25a・・・第1の対象物分散用メッシュ、
- 25b・・・第2の対象物分散用メッシュ。

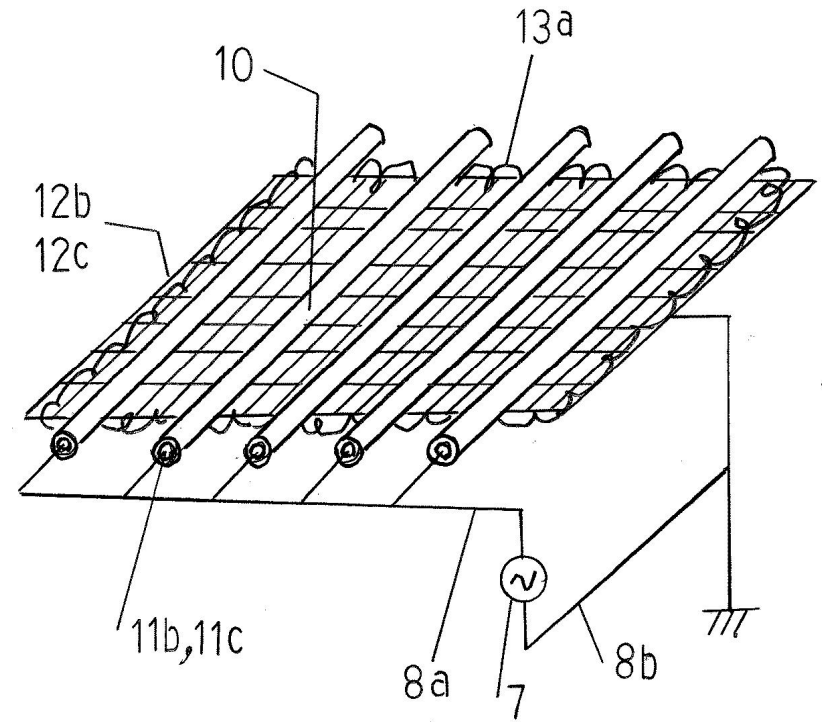


特開2020-006261(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

実施形態2

- 1・・・反応容器、1a・・・反応容器の中心線、
- 2・・・処理対象物の受け入れ口、
- 5・・・篩用メッシュ、6・・・接続端子、
- 7・・・交流電源、8a、8b・・・第1及び第2の電力供給線、
- 9a・・・大気導入口、9b・・・大気排出口、
- 10・・・誘電体、
- 11b・・・第1の棒型非接地電極、
- 11c・・・第2の棒型非接地電極、

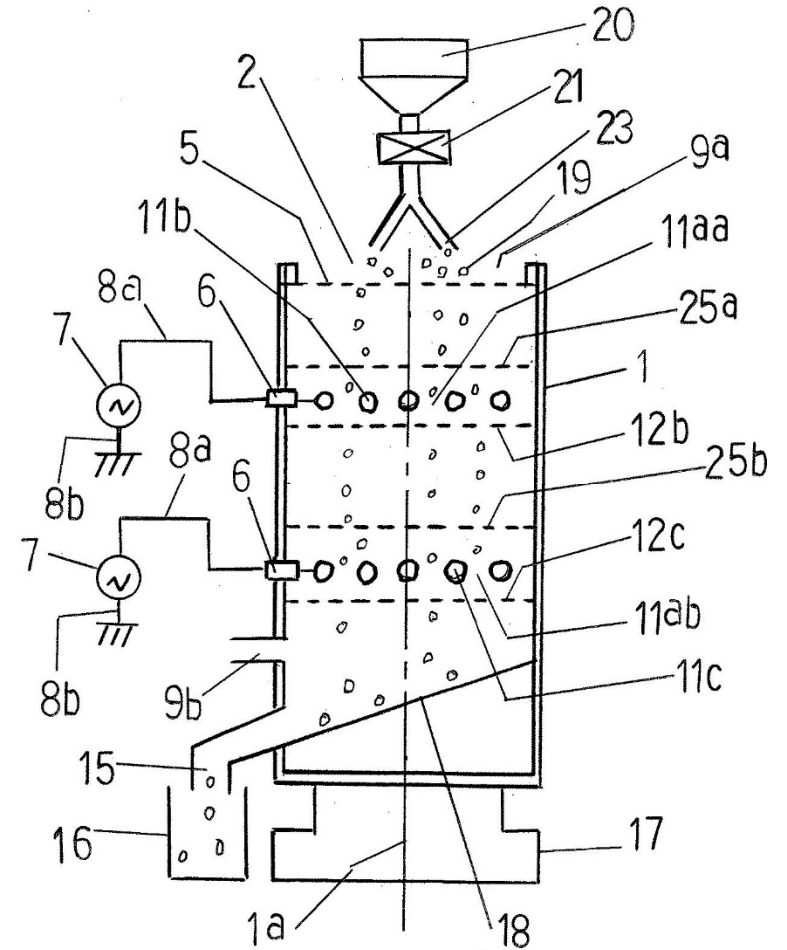
- 12b・・・第1のメッシュ型接地電極、
- 12c・・・第2のメッシュ型接地電極、
- 17・・・加振機、
- 18・・・処理対象物19の回収板、
- 19・・・処理対象物、
- 25a・・・第1の対象物分散用メッシュ、
- 25b・・・第2の対象物分散用メッシュ。



特開2020-006261(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

実施形態2

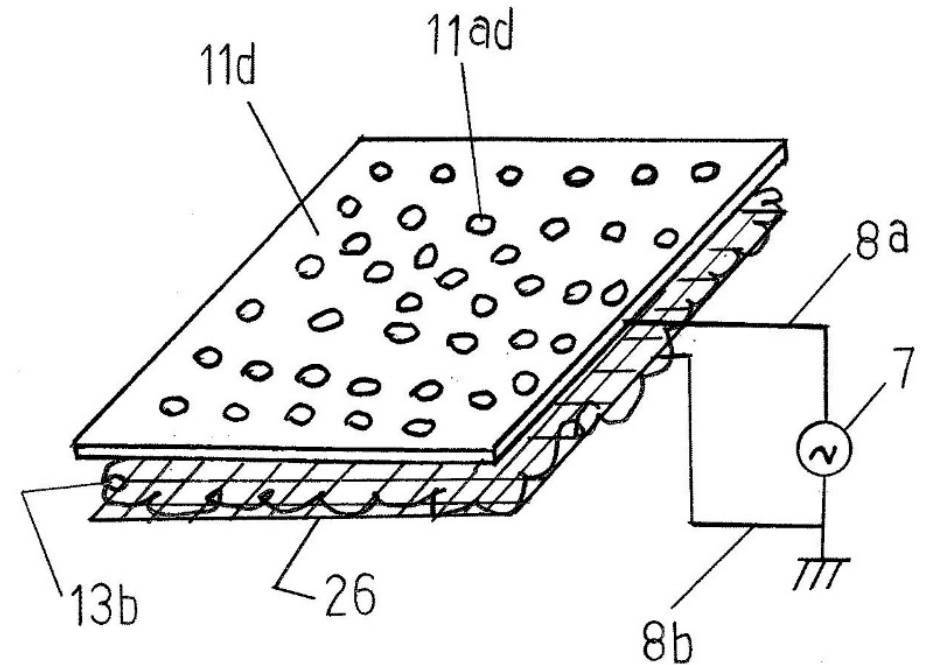
- 1・・・反応容器、1a・・・反応容器の中心線、
- 2・・・処理対象物の受け入れ口、
- 5・・・篩用メッシュ、6・・・接続端子、
- 7・・・交流電源、8a、8b・・・第1及び第2の電力供給線、
- 9a・・・大気導入口、9b・・・大気排出口、
- 10・・・誘電体、
- 11aa・・・非接地電極11bの開口、
- 11ab・・・非接地電極11bの開口、
- 11b・・・第1の棒型非接地電極、
- 11c・・・第2の棒型非接地電極、
- 12b・・・第1のメッシュ型接地電極、
- 12c・・・第2のメッシュ型接地電極、
- 17・・・加振機、
- 18・・・処理対象物19の回収板、
- 19・・・処理対象物、
- 25a・・・第1の対象物分散用メッシュ、
- 25b・・・第2の対象物分散用メッシュ。



特開2020-006261(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

実施形態3

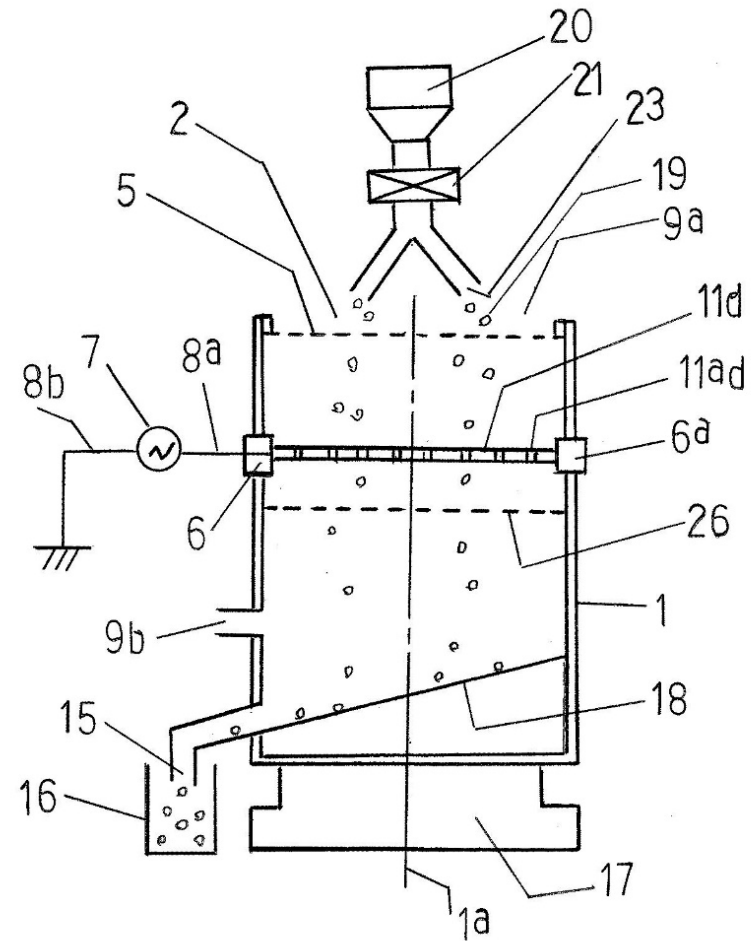
11d・・・開口を有する平板型非接地電極、
11ad・・・開口、
26・・・対象物分散用メッシュ型接地電極26、
13b・・・バリア放電プラズマ。



特開2020-006261(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

実施形態3

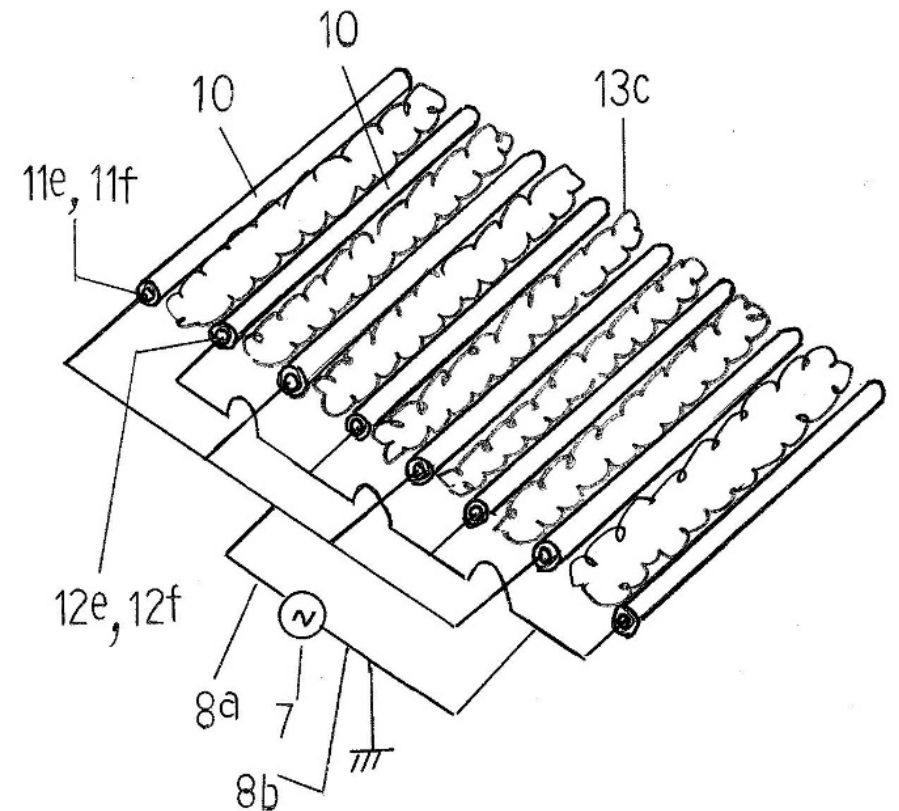
11d・・・開口を有する平板型非接地電極、
11ad・・・開口、
26・・・対象物分散用メッシュ型接地電極26、
13b・・・バリア放電プラズマ。



特開2020-006261(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

実施形態4

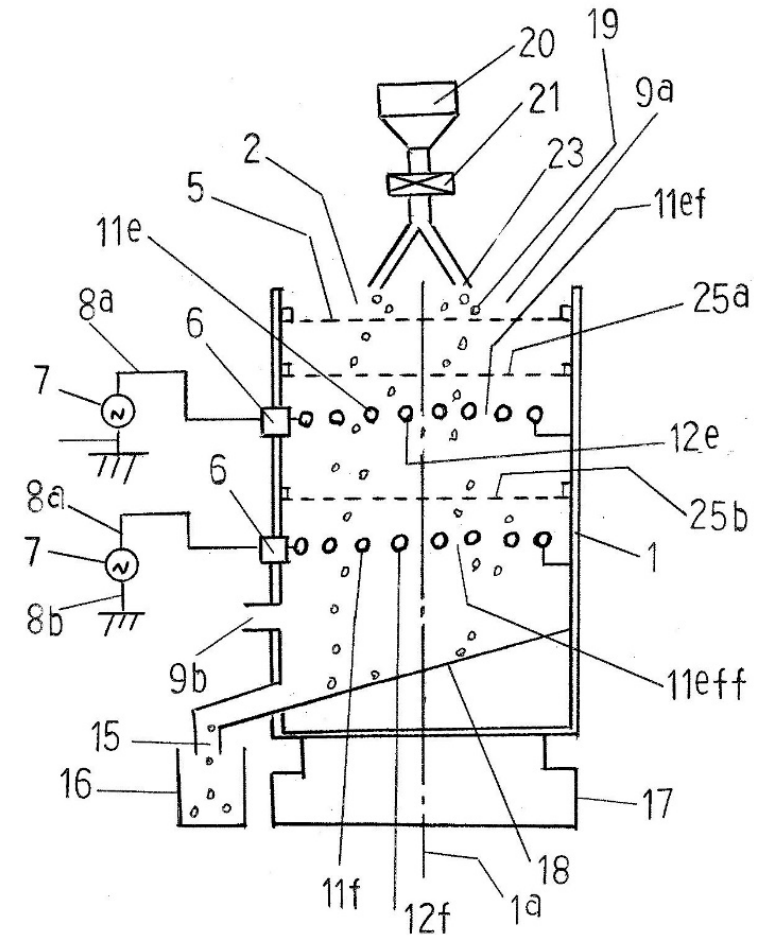
- 11e・・・第1の誘電体被覆棒型非接地電極、
- 11f・・・第2の誘電体被覆棒型非接地電極、
- 12e・・・第1の誘電体被覆棒型接地電極、
- 12f・・・第2の誘電体被覆棒型接地電極、
- 13c・・・バリア放電プラズマ。



特開2020-006261(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

実施形態4

- 11e・・・第1の誘電体被覆棒型非接地電極、
- 11f・・・第2の誘電体被覆棒型非接地電極、
- 11ef・・・開口、
- 11eff・・・開口、
- 12e・・・第1の誘電体被覆棒型接地電極、
- 12f・・・第2の誘電体被覆棒型接地電極、
- 13c・・・バリア放電プラズマ。



付録

1. 農産物のカビ菌及びカビ毒の現状
2. かび毒の特徴(問題)
3. ガスプラズマを用いた農産物の殺菌・消毒法の開発
4. プラズマ処理によるそば粉の殺菌効果

農産物のカビ菌及びカビ毒の現状

カビとカビ毒についての基礎的な情報

かび毒とは、植物病原菌であるカビや貯蔵穀物などを汚染するカビが産生する化学物質で、人や家畜の健康に悪影響を及ぼすものをいいます。

かび毒のことを "マイコトキシン(mycotoxin)" ということもあります。

食品の安全性を向上させるためには、生産から消費にわたって(「生産現場から食卓まで」)食品に含まれる有害物質の濃度を低くすることが重要です。

農産物中のかび毒については、

特に生産段階や貯蔵段階において、必要に応じて汚染を防止、低減するための対策を行うことが最も有効です。

(出典)農林水産省HP、平成31年4月9日更新

農産物のカビ菌及びカビ毒の現状

かび毒にはどのようなものがあるのでしょうか

●アフラトキシン類

(アフラトキシン B_1 、 B_2 、 G_1 、 G_2 、 M_1 、 M_2)

●オクラトキシンA

●トリコテセン類

(デオキシニバレノール、ニバレノール、
T-2トキシン、HT-2トキシンなど)

●ゼアラレノン、ステリグマトシスチン等

●フモニシン類(フモニシン B_1 、 B_2 、 B_3)

ナッツ類、**穀類**、乾燥果実、牛乳

穀類、豆類、果実、コーヒー豆、カカオ

穀類

とうもろこし

(出典)農林水産省HP、平成31年4月9日更新

かび毒の特徴(問題)

かび毒の特徴(問題)

- ① 熱に強く、通常の加工・調理では十分に減少しない
- ② 食品にかび毒が含まれているかどうかは見た目では判らない。
- ③ 食品からかび毒を取り除くことは困難であり、食品を通して微量のかび毒を摂取してしまう可能性がある。
- ④ かび毒を摂取すると、肝臓障害、肝臓癌、腎臓障害、腎臓ガン等を発症する恐れがある。

かび毒問題への対応策(汚染防止及び低減対策)

農産物中のかび毒については、特に生産段階や貯蔵段階において、必要に応じて汚染を防止、低減するための対策を行うことが最も有効である。

(出典)農林水産省、かびとかび毒についての基礎的な情報、平成31年4月9日更新

(出典)一般財団法人東京顕微鏡院 食と環境の科学センター 鈴木 昌宜

研究開発事例

ガスプラズマを用いた農産物の殺菌・消毒法の開発 (出典)農林水産技術会議HP

研究グループ 琉球大学医学部、佐世保高専、佐賀大学、大阪府立環境農林水産総合研究所

研究総括者 琉球大学医学部 作道章一

研究期間 平成23年～平成27年

研究の背景・目的・目標

・農産物の長距離輸送や貯蔵の際、カビや細菌の繁殖が問題となる。しかし、我が国では収穫後に殺菌・消毒を行う有効な方法がない。このため、農産物を安全に殺菌・消毒できる技術が求められている。

本研究では、窒素等の不活性ガス中で発生させたガスプラズマで処理することで、安全で効率的に農産物の殺菌・消毒を行う方法を開発する。これにより、安全な食品の供給に資することを目的とする。

研究開発事例
ガスプラズマを用いた農産物の殺菌・消毒法の開発
(出典)農林水産技術会議HP

研究の内容・主要な成果

- 1) 連続的に殺菌可能なプラズマ殺菌装置(ローラーコンベア型装置、種子用装置)を開発した。
- (2) 細菌、ウイルス、カビなど広範な病原体へのプラズマ殺菌の有効性を証明した。
- (3) 装置からのOHラジカル/Hラジカル発生と病原体の酸化修飾を確認し、プラズマ殺菌機構における酸化ストレスの重要性を明らかにした。
- (4) アフラトキシン B_1 や志賀毒素(VT-1、VT-2)がプラズマ照射で分解できることを明らかにした。
- (5) プラズマ処理では、加工処理で発生しやすい発がん物質の生成がほとんどないことを実証した。

研究開発事例 ガスプラズマを用いた農産物の殺菌・消毒法の開発 (出典)農林水産技術会議HP

今後の展開方向、見込まれる波及効果

- (1) 食品産業が求める、安全でかつコスト面でも優れた新しい高度殺菌・消毒技術の開発につながる。
- (2) 消費者の食の安全に対する意識の高まりに伴い強く求められている、**確実な殺菌・消毒法の構築に必要な基盤技術**となる。
- (3) 本技術の発展により、農薬を使用せずに長期貯蔵や長期輸送が可能になり、食の安全・安心への貢献が期待できる。

開発した技術・成果が活用されることによる国民生活への貢献

- (1) 輸送や貯蔵中におこる**微生物由来の食品変質を抑制することができ、消費者へ質の高い農産物を供給**できる。
- (2) 微生物汚染による農産物の生産・加工過程におけるロスを少なくすることができ、消費者の満足度の高い安全で高品質かつ安価な農産物が容易に手に入るようになる。

(出典)農林総合研究センター(農業試験場)
石川県農林水産研究成果集報 第19号(2017)

プラズマ処理によるそば粉の殺菌効果

1 背景・目的

そば粉など粉の食品素材の粒子表面の殺菌は、加熱殺菌での熱による変質や紫外線殺菌での粒子の重なり等の遮蔽により、従来の殺菌法では殺菌が不十分になる問題がある。

そこで、大気を高電圧処理(プラズマ処理)すると殺菌効果を持つ活性ガスが生成されることを利用して、そば粉の殺菌効果を確認する。

(出典) 農林総合研究センター(農業試験場)
石川県農林水産研究成果集報 第19号(2017)

2 技術のポイント

- (1) そば粉を殺菌処理容器に入れ、ヘリウムガスあるいは、ヘリウム99%と酸素1%の混合ガスを流しながら1万5千ボルトを23マイクロ秒通電するプラズマ処理を100マイクロ秒間隔で5分間行う(図1)。
- (2) ヘリウムガス、混合ガスともにプラズマ処理することで生菌数が1/100に減少し、そば粉が殺菌できる(図2)。
- (3) プラズマ処理してもそば粉のデンプンは殆ど変質しない(図3)。

3 成果の活用と残された問題点

- (1) 米粉、小麦粉などの殺菌にも利用が期待できる。
- (2) **実用化には、粉を流しながら連続処理できる装置が必要である。**

(出典)群馬大学大学院、稲田茂昭:研究成果普及計画書、低温プラズマ照射による香辛料の無毒性滅菌(助成年度 平成17年)

1. 研究課題・内容の主旨

外食産業で使われる大部分の香辛料は、熱帯、亜熱帯地方に位置する発展途上国からの輸入に依存している。現地での製造は微生物汚染防止等の対策を講じてなく、土壌由来の微生物やダニ及び害虫等の混入が不可避の状況にある。

本研究は、10～100Torr程度の真空度で発生する低温プラズマで、香辛料、スパイス、ハーブ等をその品質(風味、食味、見た目、香り)を損なうことなく、ドライの状態で、安全性のもとに、確実に滅菌を行うものである。

2. 研究成果のアピール・ポイント

黒ゴマの表面に付着している微生物(一般生菌、大腸菌群、真菌、低温細菌)を低減するには、窒素プラズマより、酸素プラズマの方が殺菌効果が大きいことが判明した。

(出典)群馬大学大学院、稲田茂昭:研究成果普及計画書、低温プラズマ照射による香辛料の無毒性滅菌(助成年度 平成17年)

3. 研究成果に対する進捗及びその発展性

特許出願番号:特願2005-164425. 低温プラズマ殺菌方法及び装置

4. 研究成果に対する活用と今後の展望

食品及び香辛料の殺菌方法として、放射線や殺菌剤を使用することなく、また加熱や水洗浄による品質の損傷を起こすことない安全な低温プラズマ法の優れた効果を活用し、食の安全性を確保する必要がある

プラズマ殺菌装置としては、冷蔵庫や洗濯機程度にコンパクト化し、また、

量産処理を可能とするため、プラズマ反応容器内に攪拌装置を備える必要がある。