

誘電体バリア放電プラズマを用いたイオナイザー(除電器) に係わるイオン発生メカニズム

令和3年9月5日

APT代表

村田正義

誘電体バリア放電プラズマとは？

【定義】

誘電体バリア放電は、大気圧グロー放電やストリーマ放電のような放電形態を表す言葉ではなく、電極構成を示している。

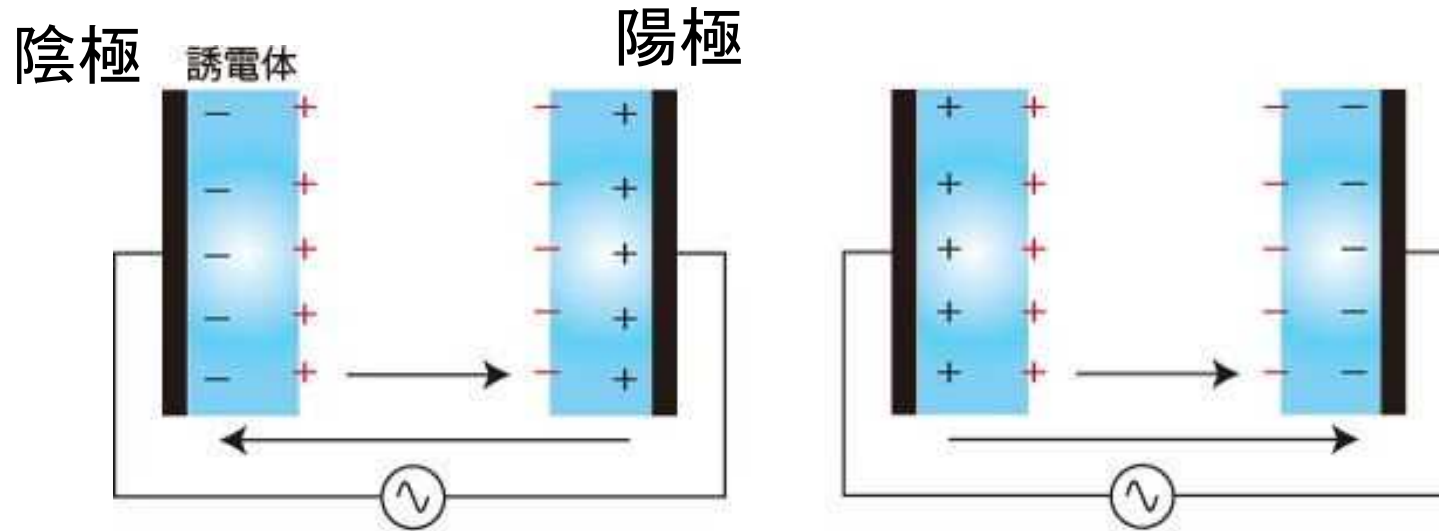
電極構成は、一対の電極の間に誘電体が配置されること、を特徴とする。

【特徴】

- ・誘電体表面に放電空間からの電荷が蓄積され、大電流が流れるアーク放電への移行を防ぎ、自動的に放電が消弧することである。
- ・放電空間に生成される放電の種類として、グロー放電、ストリーマ放電、沿面放電等がある。
- ・プラズマ生成上の重要なファクター：誘電率、二次電子放出係数

(出典)小田昭紀、小室淳史、明石治朗、非平衡大気圧プラズマのシミュレーション、J. Plasma Fusion Res. Vol.92, No.9 (2016)682 - 687

誘電体バリア放電プラズマ発生装置の原理



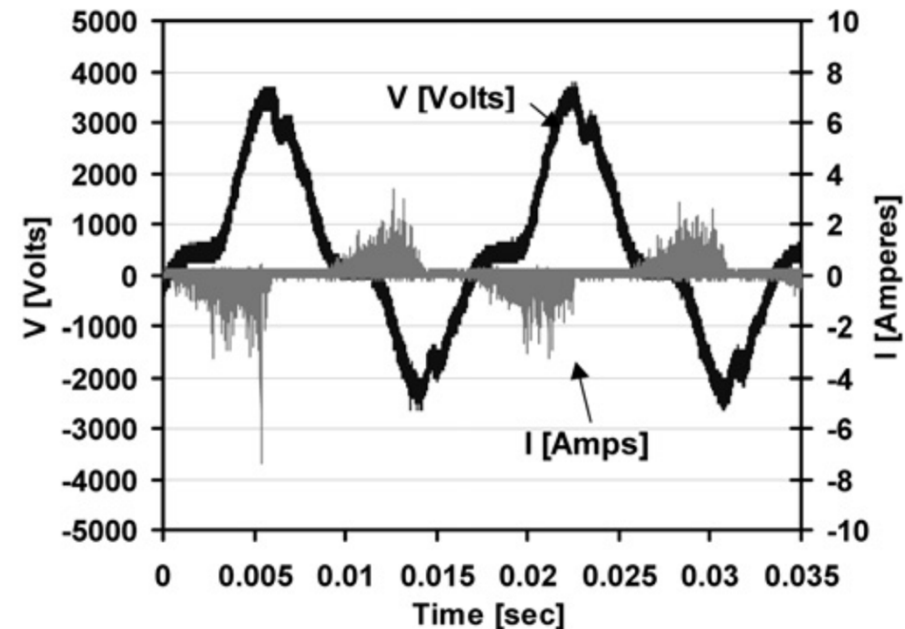
陽極と陰極に交流電圧を印加すると、

陽極に載せた誘電体の表面に負の電荷が蓄積(帯電)し、陰極に載せた誘電体の表面に正の電荷が蓄積(帯電)される。(コンデンサと同じ)。逆サイクルになると、電源の電界と蓄積された電界が同じ向きになり、重ね合わされる。その結果、高電界がかかるので、放電が容易に発生する。放電(電流が流れる)すると、気体分子がプラズマ状態(電子、イオン、発光現象、化学的に活性化)になる。

誘電体バリア放電プラズマ発生装置のメリット(自己制御ストリーマ放電)

誘電体バリア放電はストリーマコロナを安定化させることを目的としたもので、交流電圧を金属間に印加した場合、その金属電極の前面にある誘電体が帯電され、その電荷が局所的に大きくなった場所で電荷は誘電導体面で逆電界を形成するために、高電界で発生しているストリーマコロナは制限され、スパークの発生しない放電空間を得ることができる。

誘電体バリア放電：
電圧－電流波形

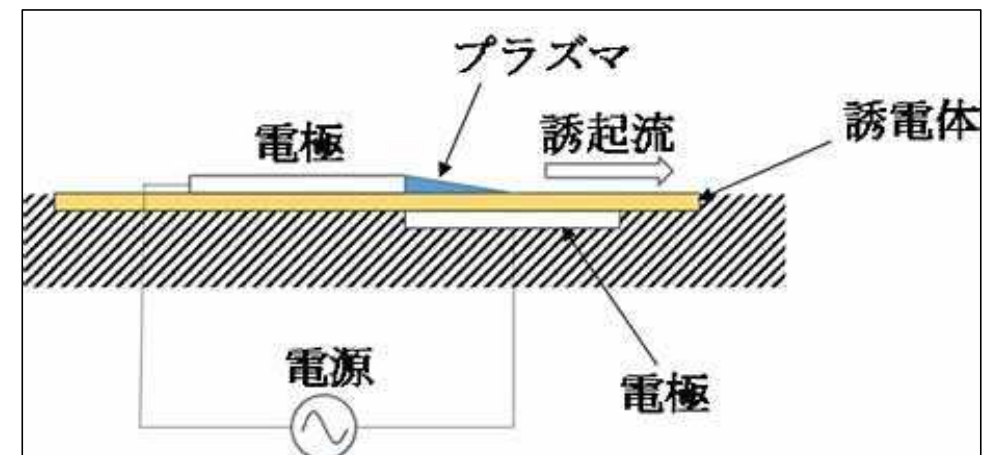
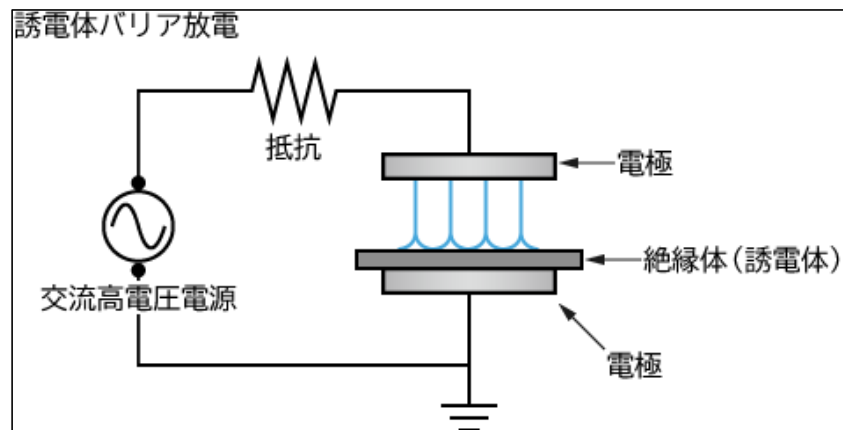


(出典)小田昭紀、小室淳史、明石治朗、非平衡大気圧プラズマのシミュレーション、
J. Plasma Fusion Res. Vol.92, No.9 (2016)682 - 687

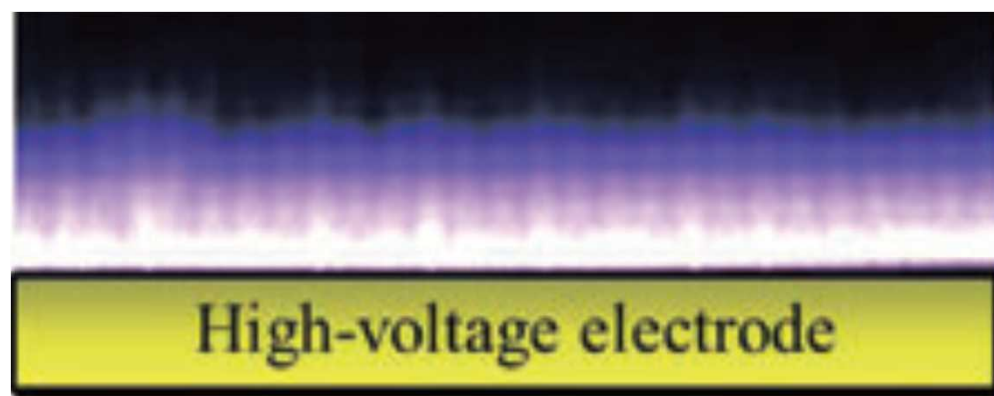
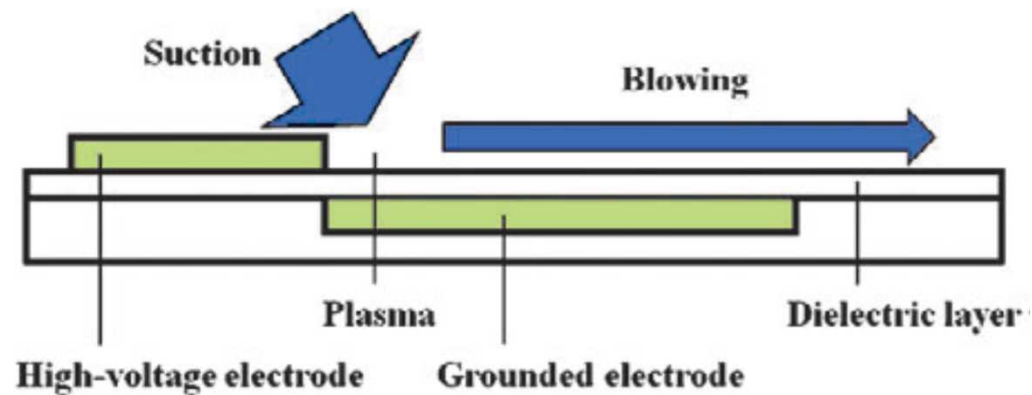
誘電体バリア放電プラズマ発生装置(放電形態)の種類

次の3種類に分類される.

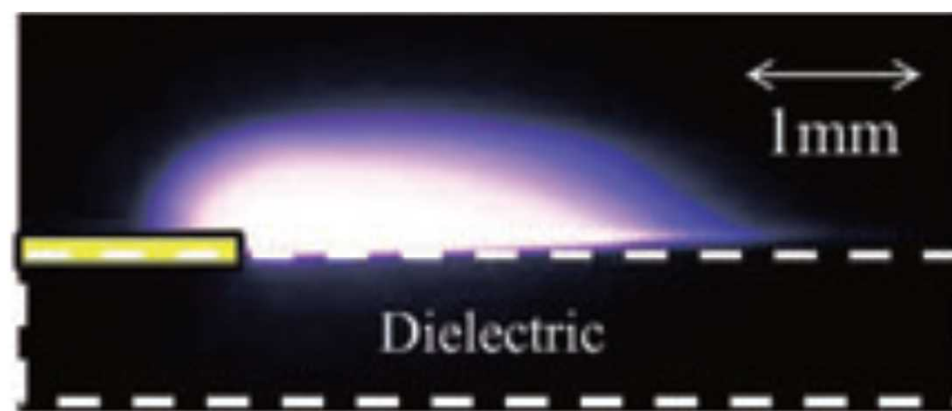
- (a) 平行電極方式 (Parallel Electrode Barrier Discharge / Silent Discharge)
- (b) 沿面放電方式 (Surface Discharge)
- (c) 充填および移動層方式 (Packed Bed Barrier Discharge)



沿面放電方式の一例



(a) 上面写真



(b) 側面写真

誘電体バリア放電プラズマの特性

DBD はナノ秒で生成と消滅を繰り返す微細なパルス放電の集合体で、電子温度は数万度、気体温度はほぼ常温といわれている。

DBDの特徴はストリーマ形式の絶縁破壊が生じることで、直径約 $100\ \mu\text{m}$ の微細放電が時間・空間にランダムに形成され、電極間の広い範囲を電離する。

ストリーマは、ナノ秒で生成と消滅を繰り返すため、ストリーマと電源は電氣的にほとんど結合しておらず、商用から高周波まで様々な電源を使って簡単に DBD を形成できる。

個々のストリーマにおける電子密度は、 $10^{12} \sim 10^{13}\ \text{cm}^{-3}$ 、電子エネルギーは、最大で $1 \sim 10\ \text{eV}$ といわれている。

個々のストリーマが非平衡プラズマ源に相当しており、オゾン生成、エキシマランプ、排ガス処理、有害物質の分解、除菌・殺菌、燃料改質など、気相反応を中心に幅広く利用されている。

(出典)野崎智洋、誘電体バリア放電におけるエネルギー分配機構とヒートマネジメント、J. Plasma Fusion Res. Vol.85, No.1 (2009)46 - 52

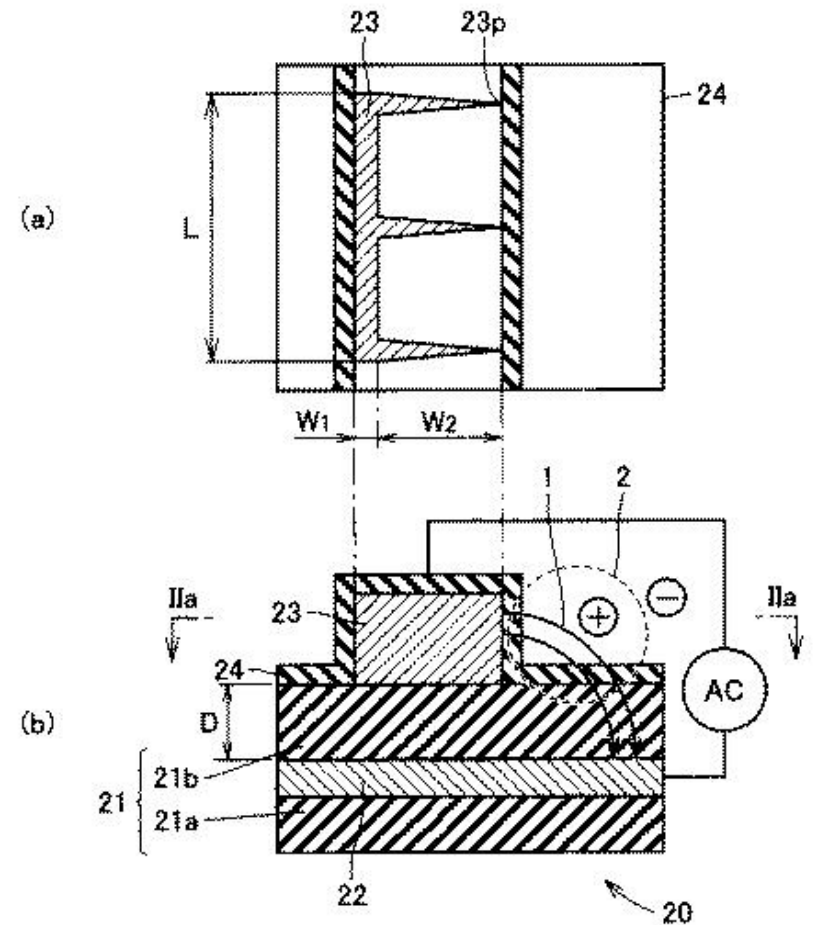
誘電体バリア放電プラズマのイオン発生特性

(出典)特許3438054(シャープ)

空気中に、 H^+ (H_2O)_n 及び O_2^- (H_2O)_m を発生させることを特徴とする。

イオン発生装置の構造

下部誘電体21aとなる Al_2O_3 (酸化アルミニウム)基板上にW(タングステン)からなる内部電極22をスクリーン印刷し、この内部電極22上に上部誘電体21bとして Al_2O_3 を積層し、この上部誘電体21b上にWからなる表面電極23をスクリーン印刷した後、上記表面電極23および上部誘電体21bを Al_2O_3 からなる誘電保護層24で被覆することにより形成される。



誘電体バリア放電プラズマのイオン発生特性

(出典)特許3438054(シャープ)

空気中に、プラスイオン H^+ (H_2O)_n及びマイナスイオン O_2^- (H_2O)_mを発生させることを特徴とする。

表1 表面電極の形状とイオン発生量、騒音の関係について

	ピッチ	横方向の 数量	縦方向の 数量	山形状		頂点間 距離 f	入力 電圧 (AC: V)	高圧電圧 (kV _{p-p})	プラス イオン (個/CC)	マイナス イオン (個/CC)	騒音値 (dBA)	オゾン (ppm)
				幅寸法 g	高さ 寸法 h							
試作品 (2)	1.5	19 (=28.5)	7 (=10.5)	0.45	0.45	0.35	90	6.28	22万	21万	42.1	0.002
							80	5.56	20万	19万	39.5	0.002
							70	5	16万	15万	33.4	0.003
試作品 (3)	1.2	23 (=27.6)	9 (=10.8)	0.35	0.3	0.35	90	6.2	20万	20万	39.9	0.001
							80	5.6	19万	18万	36.7	0.001
							70	4.96	15万	13万	32.1	0.002
試作品 (7)	0.8	35 (=28.0)	13 (=10.4)	単純格子		90	6.3	22万	20万	41	0.003	
						80	5.6	19万	18万	37.4	0.002	