

## 論 文

## 新しいセラミックエミッタ電極の開発

浅田 敏勝<sup>\*1</sup>, 笠谷祥之\*, 仁木隆志\*, 太田勲司\*\*

(2002年10月31日受付; 2003年3月14日受理)

Development of New Ceramic Emitter Electrode  
for a Cleanroom-IonizerToshikatsu ASADA,<sup>\*1</sup> Yoshinobu KASATANI,\* Takashi NIKI\* and Kunji OHTA\*\*

(Received October 31, 2002; Accepted March 14, 2003)

We have developed a corona discharge Ionizer using new ceramic emitter electrode, which composed of  $TiO_2/Y_2O_3$ . In this paper, we evaluate both charge elimination characteristics and manufacturing process of new ceramic emitter electrode. After continuous 3-month operation in the 0.36m/s down flow clean booth with the atmosphere of temp. ( $20 \pm 5^\circ C$ ) and R.H. ( $60 \pm 10\%$ ), we elucidate relationship between charge elimination characteristics and changes of the surface structure/composition of the emitter. With the SEM and EPMA analyses regarding the axial cross section of the emitter, it was confirmed that any deterioration of the emitter were not found out due to self-cleaning function of the ceramic composition.

## 1. 緒論

近年の半導体、液晶デバイスをはじめとする電子機器産業の歩留り向上にはめざましいものがある。この歩留り向上の主体となっているのが製造環境におけるクリーン化技術である。この中でも静電気の除電制御技術は、歩留りに対して多大な影響を与える。これは物体に静電気が帯電すると微粒子の吸引付着や静電気放電による微細電子回路破壊が発生するためである。

クリーンルーム内における物体の静電気帯電に対しての除電方法としては、コロナ放電式エミッタ電極除電器を用いて除電する制御技術が主に使用されている。これら除電器のエミッタ電極として現在市販されているのは金属線材の電極

(SUS・W・Ti)であり、これらは除電効率が悪く、自己発塵量も多いためクリーンルーム内での使用については技術的に問題が多い<sup>1,2)</sup>。当研究室では、スパッタリング収率の小さい半導体のセラミックスに着目し、5種類のエミッタ電極を試作して、現在クリーンルーム用の市販品として、よく使用されているTiエミッタ電極と、除電特性、自己発塵性、エミ

**キーワード:** コロナ放電、イオナイザ、除電特性、セラミックエミッタ電極

\* 福井工業大学工学部機械工学科(910-8505 福井県福井市学園3-6-1)

Fukui University of Technology, 3-6-1, Gakuen, Fukui, 910-8505, Japan

\*\* (株)北國新聞社 (920-8588 石川県金沢市香林坊2-5-1)

THE HOKKOKU SHIMBUN Inc., 2-5-1, Kourinbou, Kanazawa, 920-8588, Japan

<sup>1</sup> atoshi@ccmails.fukui-ut.ac.jp

ッタ電極先端部の劣化度の3項目について比較した結果<sup>1)</sup>、除電効率が良く自己発塵量も少ないチタニアン系セラミックス製エミッタ電極に着目し、組成、製品の加工条件をいろいろと変化させ、除電器としての評価を重ねてきた。その結果チタニアン系セラミックス製エミッタ電極  $Y_2O_3:TiO_2$  の 50:50 組成のエミッタ電極が初期特性として優秀であることが判った。表1に示す電極Dの製造方法では、市販時の価格が現在市販されている金属線材製エミッタ電極の約20~25倍になるためコスト面で不利である。そこで組成を同一にして製造方法を一部簡略化した電極D1を試作製造し、対コスト比で市販品に対抗できるか長期ランニング試験を通して市場性を検証した。

## 2. 実験目的

試作したチタニアン系セラミックス製エミッタ電極、D・D1のコストパフォーマンスを含めた市場性を検証するために、90日の連続長期ランニング試験を行い、30日ごとに除電装置としての除電特性・自己発塵性・イオンバランスの性能維持について評価を行い、エミッタ電極の形状、表面劣化との関連性についての検証を行うことを目的とする。

## 3. 実験方法

供試エミッタ電極D・D1の製造工程等については表1に示す。本実験はすべて温度  $20 \pm 5^\circ C$ ・湿度  $60 \pm 10\%$ ・風速 0.36m/s・清浄度クラス100のクリーンベンチ (JIS B 9922に準ずる) 内でD・D1を用いて連続長期ランニング試験は次の

条件で行う。印加条件は、電圧 6kV、極間距離 200 mm とする。除電特性については帶電プレートモニター：CPM210 (Ion system 社製) を使用し除電カーブの変化から評価する。自己発塵性については光散乱式自動微粒子計測器：ULPC-500 (PMS 社製) を使用し発塵量の変化から評価する。イオンバランスについては空気イオン濃度計：AIDM115 (Ion system 社製) を使用し 30 分間の土イオン濃度の変化から評価する。性能評価は初期、30 日後、60 日後、90 日後ごとに実施する。またその時、各エミッタ電極を固定板より取り外し SEM と EPMA で先端部とその表面状態の変化を追跡して除電特性への影響を調べる。図 1 に除電特性・自己発塵量・イオン濃度測定時の実験環境および実験器具の配置を示す。

表 1 供試セラミックエミッタの特性<sup>3)</sup>

Table 1 Properties of the tested ceramic emitter.

	D	D1
製品概要	CIP 品 2mm φ	押出し品 2mm φ
原料調合	スラリー作成	はい土作成
造粒	造粒	—
成型	CIP 成型	押出し成型
生加工	シャフト形状に加工	—
焼成	大気中加熱	大気中加熱
熱処理	不活性ガス中加熱	不活性ガス中加熱
仕上加工	仕上加工	—
価格比	20~25 倍	10~15 倍

—：未実施工程

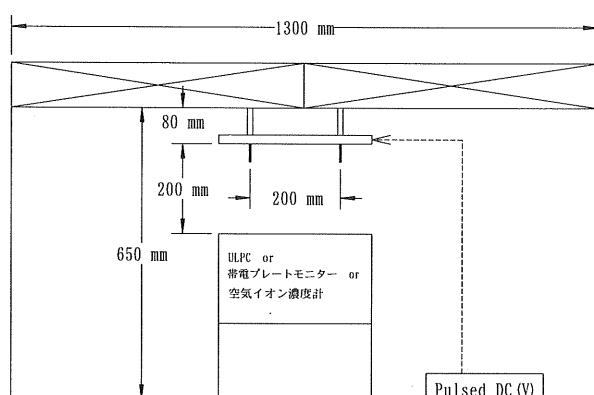


図 1 評価実験装置

Fig. 1 Schematic diagram of experimental setup.

#### 4. 実験結果及び考察

すべての実験項目について、30 日・60 日の結果は初期の結果及び状態と比較して議論するほどの差が現れなかったので、すべて初期と 90 日後の結果について比較・考察することにした。

#### 4.1 除電特性

初期状態・90 日後の電位減衰曲線を図 2 に示す。除電特性は、速く除電しているものが良いといえる。90 日後の除電についても初期状態に対し D・D1 のどちらもさほど性能低下がみられなく良好である。また初期状態では D と D1 がほぼ同時に減衰しているが、90 日後の減衰では D と D1 における電位減衰曲線の相違がみられる。この理由については、4.3 項で後述する。

#### 4.2 自己発塵性

D・D1 電極の自己発塵性を図 3 に示す。初期状態に対して D・D1 のどちらも総数ではさほど差がみられず低濃度で良好である。どちらの電極も時間経過に伴い 1 μm 以上の比較的大きな発塵が若干増加する傾向にあるが、金属線材製エミッタ<sup>1), 2)</sup>に比べて著しく少ない<sup>1), 2)</sup>。

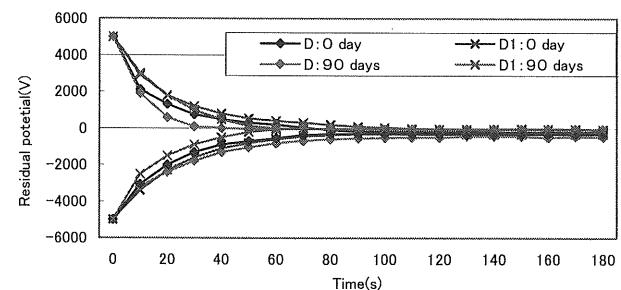


図 2 90 日間連続使用に対する D, D1 エミッタの除電曲線。  
Fig. 2 Relationship between charge-decay curve of D/D1 emitter and continuous running time.

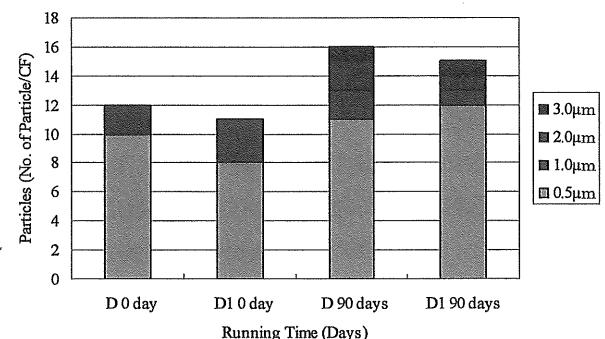


図 3 90 日間使用に対する D, D1 エミッタの自己発塵量  
Fig. 3 Particle generation for running time.

#### 4.3 イオンバランスと濃度

D・D1 電極のイオン濃度を図 4, 5 に示す。D 電極では 90 日経過時で、プラスイオンがマイナスイオンに対し、2 倍程度の減少がみられる。D1 電極では 90 日経過時で、プラスイオンとマイナスイオンで、ほぼ同程度の減少度合いで安定して、土のイオンバランスも良好であった。D 電極では、初期状態に対するプラスイオンの減少が若干多いため、イオンバランスが悪化したことにより、図 2 に示された 90 日経過時に

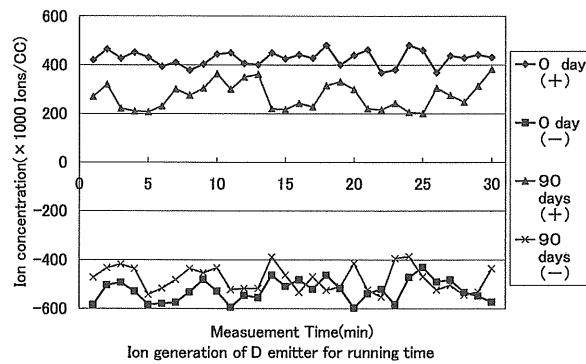


図4 90日間連続使用に対するDエミッタのイオン発生量  
Fig. 4 Ion generation of D emitter for running time.

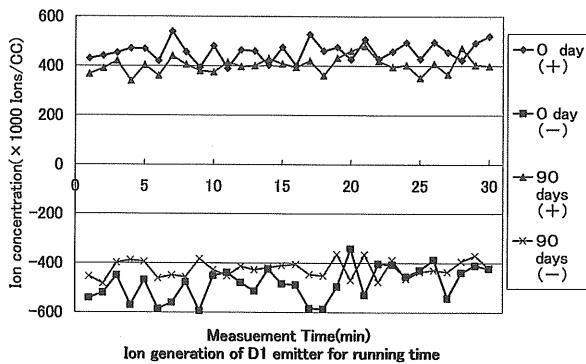


図5 90日間連続使用に対するD1エミッタのイオン発生量  
Fig. 5 Ion generation of D1 emitter for running time.

おける帶電電位減衰曲線のマイナス帶電の減衰が若干遅くなっている。D1電極ではイオン発生量は少ないものの、イオンバランスが良いために図2に示された電位減衰曲線の悪化がみられないと考えられる。

#### 4.4 表面組成変化

EPMAによる元素の定性分析を図6、7、8、9に示す。初期状態では当然のことであるが、組成元素の検出はYとTiのみであった。90日経過ではSi・S・Na・P・Fe等が微量検出されたが、金属線材製エミッタを使用した時と同種類の元素が検出されたが量的には著しく少なく殆ど変化がなかった。

#### 4.5 表面形状変化

エミッタ電極をSEMで側面から写した写真を図10に示す。どの電極の先端部分にも異物付着がみられず、90日経過時にもエミッタ全体に形状変化はみられない。エミッタ電極をSEMで垂直方向から写した写真を図11に示す。初期状態では異物付着はみられなかった。90日経過時では微量の異物付着がみられるが、金属線材製エミッタに比べて異物付着は著しく少ない<sup>1)</sup>。

以上のように優れた低発塵性、且つ低劣化電極が得られた理由として考えられることは、TiO<sub>2</sub>の光触媒反応を考慮して、TiO<sub>2</sub> : Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の配合組成をいろいろと変化させて、加工方法も

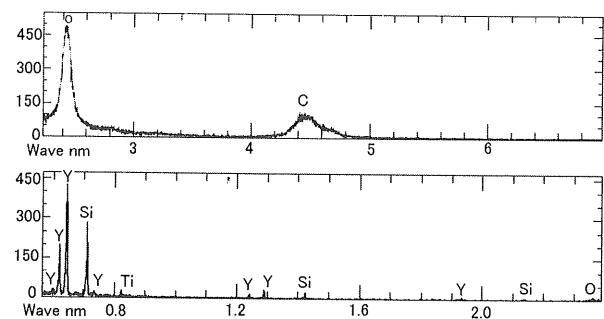


図6 使用前のエミッタ先端部に付着した元素分析結果  
Fig. 6 Results of element composition of emitter surface by EPMA before 90 Days running test.

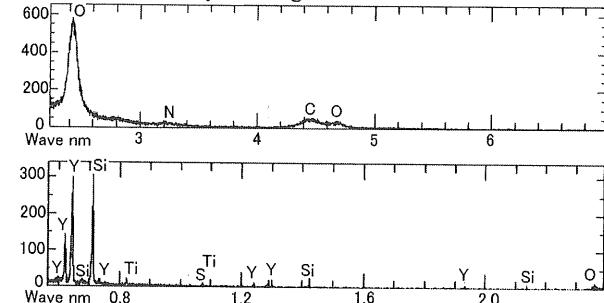


図7 90日間使用後のエミッタ先端部に付着した元素分析結果  
Fig. 7 Results of element composition of emitter surface by EPMA after 90 Days running test.

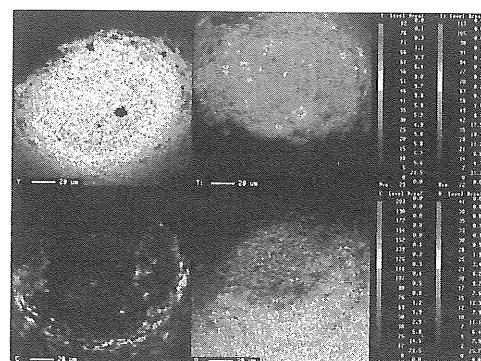


図8 使用前のエミッタ先端部の分析結果(EPMA法)  
Fig. 8 Results of analysis of element surface by EPMA before 90 Days running test.

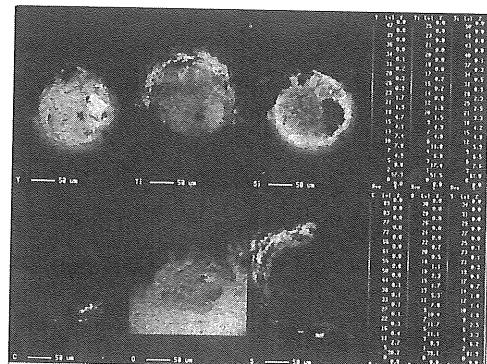


図9 90日間使用後のエミッタ先端部の分析結果(EPMA法)  
Fig. 9 Results of analysis of emitter surface by EPMA after 90 Days running test.

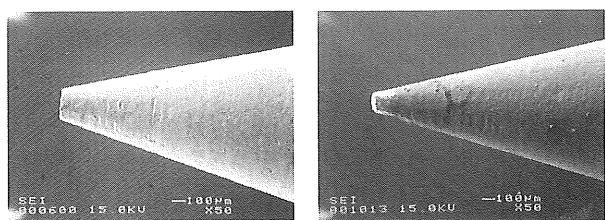


図 10 90 日間連続使用に対するエミッタ先端の形状変化  
Fig. 10 Shape of emitter for running test.

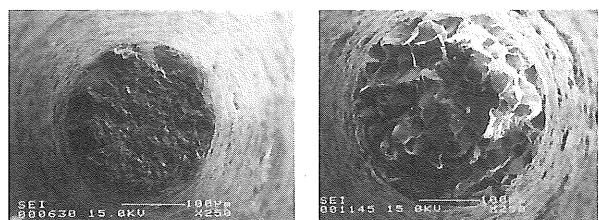


図 11 90 日間連続使用に対するエミッタ先端部の表面写真  
Fig. 11 Shape of emitter for running test.

工夫して、Non-porous 表面を持つ半導体エミッタを完成させた。この薄膜表面では光エネルギーを受けると活性を帯びる性質と、もらった光エネルギーの分だけ近くにある物質、即ち表面に付着する異物に対して電子を与えようとする力、還元力が強く働き、この強い酸化力をを利用して、有機物の分解を促進させ、エミッタの表面を浄化させたものと考えられる。このようにチタニアン系セラミックス製エミッタ電極では、自浄作用を持つ防汚効果を持っている可能性があると考えられる。次に、総合コスト比較について試算例を表 2、その時の条件を表 3 に示す。現在市販されている金属線材電極に対し除電特性の面以外でもメンテナンスの人工費などを加味した総合コスト比較で対抗することのできる製品であるといえることからクリーンルーム用エミッタとしての市場性があると思われる。

表 2 総合コスト比較表<sup>3)</sup>

Table 2 Cost estimation.

	市販品	試作品
初期投資	15,000 k¥	37,500 k¥
保守費用	15,000 k¥	0 k¥
電極更新費用	15,000 k¥	0 k¥
総合コスト／1年	45,000 k¥	37,500 k¥

表 3 総合コスト比較計算の条件設定

Table 3 Assumption.

Note : 300m<sup>2</sup> クリーンルーム

市販品 : L=100mm 30,000 本×0.5k¥

試作品 : L=200mm 7,500 本×5k¥

市販品 : 1ヶ月ごとに保守作業が必要

作業人員・年間 720 人

一人当たりの人工費・20k¥/Day

試作品 : 保守作業無し

市販品 : 電極更新率・8%/1カ月

試作品 : 電極更新率・0%/1カ月

## 5. 結論

- 1) 除電特性：どちらの電極も殆ど劣化が認められず電位減衰曲線も 90 日間経過しても安定しているので、除電装置の性能としては優秀である。
- 2) 自己発塵性：時間経過に伴い大径の塵埃が若干増加している。これはセラミックスの特徴として顆粒を成型し製造するため顆粒が剥離した可能性が考えられる。しかし発塵の総数では低濃度で良好である。
- 3) 発生イオンバランス性：D 電極では、イオンバランスが少し悪化している。D1 電極では、90 日連続運転後でもイオンバランスが良好である。
- 4) 表面の組成変化と形状変化：90 日経過後の SEM と EPMA の分析結果をみる限り、エミッタの表面形状変化はみられない組成については Si・S・Na・P・Fe 等の微量な元素の検出が認められるが、除電特性の低下はみられず優れている。
- 5) 電極のハンドリング性については、脱着時に電極が非常に破損しやすいので固定方法を改良するなどの、更なる研究が必要である。
- 6) 市場性については、スーパークリーンルームに多量に導入し、本報での性能評価結果が現場で十分反映されるか否か確認中である。

## 参考文献

- 1) T.ASADA: *Proceedings of 12th ISCC in YOKOHAMA*, p.673-678 (1994)
- 2) 浅田敏勝: 「第 17 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. 286-289(1999)
- 3) 株日本セラテックカタログ: “超鏡面” (セラテックボアフリー) (1998)