

# 移動帯電体の気中放電における放電ギャップ長の測定

高 義礼

## Measurement of Spark Length for Air Discharge due to Approaching Electrode

Yoshinori TAKA

**Abstract** – It has widely been accepted that the faster the approach speed of electrostatic discharge generators (ESD guns) is, the shorter the spark length becomes. In this study, to investigate this relation quantitatively, we developed a setup for electronically measuring a spark length in air discharges of ESD guns. As a result, we found that measured spark lengths agree well with those calculated by using an empirical formula derived from the Paschen's law and they have the same tendency with respect to approach speeds and charge voltages as other researcher's results and our previous studies.

**Key words** : Approaching Electrode, Air Discharge, Spark length

### 1. 研究背景と目的

半導体デバイスの飛躍的な進歩によりICの高集積・低消費電力化が進み、電子機器は大幅に高性能化されてきた。しかしながら、電子機器の電磁雑音に対する耐性は逆に低下してきており、その雑音対策が製品開発の現場で大きなウエイトを占めるようになってきている。近未来に差し迫るユビキタス社会ではこの傾向が一層顕著になる可能性が高く、その対策が急務とされている。この主たる原因として帯電人体からの静電気放電(ESD: Electrostatic discharge)が挙げられESDにより直接機器に流入する電流や放電により発生する過渡電磁界がICの破壊や機器の誤動作を引き起こすとされている。これに対し、国際電気標準会議(IEC: International Electrotechnical Commission)では電子機器の静電気放電に対する耐性試験法(IEC61000-4-2)を定め、電子機器はこれにもとづき市場に供給される以前に電磁雑音に対する耐性を検査されることになっている。この試験法では帯電した人体からのESDを模擬したとされる放電ガン(ESDガン)の使用が定められているが、その放電機構は実際の帯電した人体の指先などを通しておこる放電とは異なる。このため、試験をパスしてもなお誤動作が発生する問題があとを絶たない。上述の問題を克服するためにはまず気中放電の諸特性を明らかにすることが必要であり、筆者はこれまで、その解明に努めてきた。これまでの研究で浮かび上がってきた気中放電における未解明問題のひとつとして、帯電体が移動しながら衝

突および放電する際、移動速度が放電電流波形に影響するという現象がある。具体的には、帯電体の移動速度が速い場合は遅い場合に比べて放電ギャップ長(火花長)が短くなるという現象である。これより本課題の研究内容は気中放電における上記現象のメカニズム解明とし、またその成果をもとに

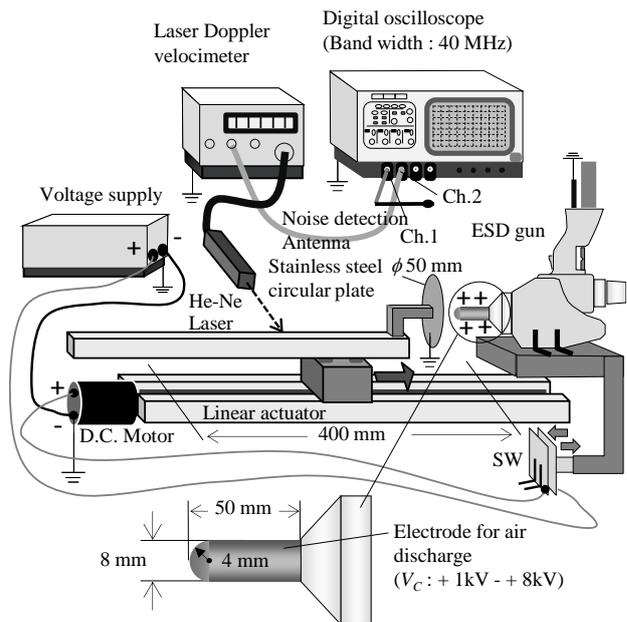


Fig. 1. Setup for measuring spark length between stainless circular plate and tip-electrode of ESD gun when stainless circular plate approaches.

\* 釧路高専電子工学科

将来の新たな国際的な静電気対策試験法の提案につなげていきたいと考えている。

## 2. 開発した火花長測定装置

本研究で開発した火花ギャップ長測定装置を図1に示す。気中放電用電極（直径8 mm, 長さ50mm, 先端は直径8 mmの半球面）を取り付けたESDガン（NoiseKen ESS-B3011, GT30R）を固定し、この電極先端にグラウンドに接地された直径50 mmのステンレス製円板電極を衝突・放電させる仕組みになっている。円板電極はモータに接続されたアクチュエータに取り付けられて直線的に移動し、その移動速度はレーザドップラ速度計（Canon LV-20Z, S-100Z, P-20Z）で測定される。速度データは電圧データとしてデジタルオシロスコープ（帯域40MHz）のch.2で測定される。なお、速度と出力電圧は比例関係にあり、校正グラフが提供されている。円板のESDガンへの衝突時刻は、速度データが急激に零に落ち込み始める時刻とした。一方、放電により発生する過渡電界をオシロスコープのch.1に取り付けたモノポールアンテナで電圧波形として測定し、その電圧波形の立ち上がりでトリガをかけることによって放電発生時刻を特定した。したがって、放電発生時刻から衝突時刻までの速度データを取得し、これを時間積分することで火花ギャップ長が求められる。

## 3. 火花長の測定結果

図2に各充電電圧および速度における10回分のデータの平均値を示す。記号の詳細な説明は4.「主な研究成果等」の査読有論文②を参照されたい。横軸は充電電圧、縦軸は火花ギャップ長を示す。同図の黒または灰色の実線はPaschen則にもとづく実験式である。図中◆は表面が磨かれている固定電極の場合、すなわち速度0 mm/sの測定結果を示している。■と●はステンレス円板をESDガンに100 mm/s（高速接近）または20 mm/s（低速接近）の速度で接近させた時の結果である。いずれの電圧においても火花ギャップ長は固定電極の場合に比べて短くなっていること、さらに、高速接近の方が低速接近のときよりも短くなること、などがわかった。これらの結果は、他の研究成果や筆者らの過去の実験データと比較することにより、ほぼ妥当なものであると結論付けられた。

上記のことから、火花長を測定可能な装置を開発し、火花長の速度依存性についてデータ取得をおこなったことは当初の研究目標をほぼ達成できたものとする。今後は火花長の速度依存性のメカニズム解明が課題となる。

## 4. 主な研究成果等

〔査読有論文〕（計 4件）

- ①高義礼, 加川義久, 藤原修, 帯電した人体からのESDにおける絶縁破壊電界の帯電電圧依存性, 電気学会論文誌A (基礎・材料・共通部門), 査読有, 133巻, No. 12, 2013, 2149-2154
- ②高義礼, 川又憲, 藤原修, ESDガンの気中放電に対する火花長の測定と検証, 電気学会論文誌A (基礎・材料・共通部門), 査読有, 135巻, No. 5, 2015, 259-264
- ③川又憲, 高義礼, 嶺岸茂樹, 藤原修, 球電極の低電圧ESDに伴うインパルス性放射電磁波の過渡特性と周波数スペクトル, 電気学会論文誌A (基礎・材料・共通部門), 査読有, 135巻, No. 5, 2015, 265-270
- ④高義礼, 加川義久, 森育子, 藤原修, 帯電人体の指先接触に伴う放電バーストの特性測定, 電気学会論文誌A (基礎・

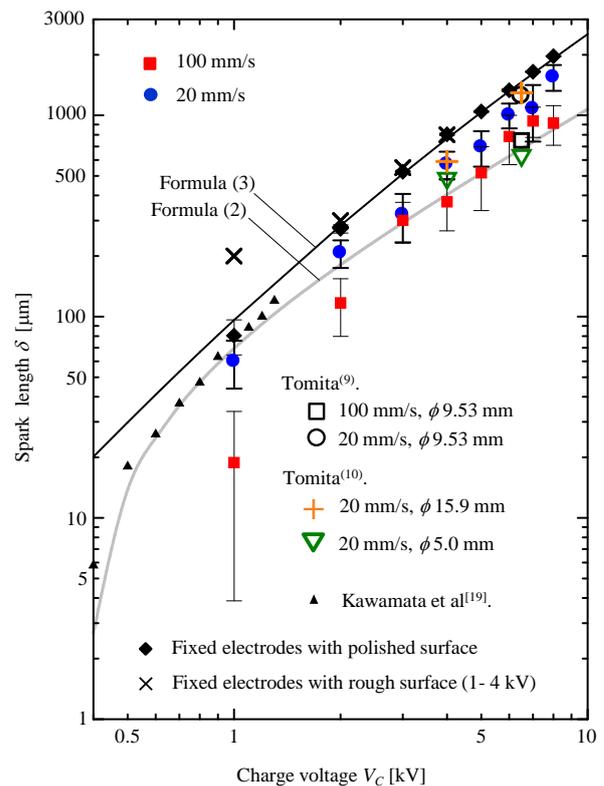


Fig. 2. Measured spark lengths at charge voltages from 1kV to 8kV.

材料・共通部門), 査読有, 135巻, No. 5, 2015, 253-258

- 〔学会発表〕（計 8件）（国際会議3, 研究会1, 大会4）
- ①Yoshinori Taka, Osamu Fujiwara, Measurement of Spark Length for Air Discharges of Electrostatic Discharge Generators, International Symposium on Electromagnetic Compatibility, May 12-16, 2014, Tokyo Hitotsubashi Hall, Chiyoda, Tokyo, Japan
  - ②Yoshihisa Kagawa, Ikuko Mori, Yoshinori Taka, Osamu Fujiwara, Statistical Measurement of Burst Discharge Currents through Fingertip from Charged Human, International Symposium on Electromagnetic Compatibility, May 12-16, 2014, Tokyo Hitotsubashi Hall, Chiyoda, Tokyo, Japan
  - ③高義礼, 川又憲, 藤原修, ESDガンを用いた静電気放電における火花ギャップ長計測装置の開発と測定精度検, 電子情報通信学会EMCJ研究会, 2014年9月, 北見工大
  - ④Yoshinori Taka, Ken Kawamata, Osamu Fujiwara, Dependence of Grounded Metal-Plate's Approach Speed on Spark Length for Air Discharges of Electrostatic Discharge Generator, APEMC 2015, May 25-29, 2015, The Grand Hotel, Taipei/Taiwan
  - ⑤藤原修, 川又憲, 高義礼, 静電気放電による放射電磁界の特異性とレベル限界, 2015年度電子情報通信学会通信ソサイエティ大会
  - ⑥川又憲, 安倍頭一朗, 高義礼, 嶺岸茂樹, 藤原修, 1kV以下の球電極ESDによる電磁波放射特性, 2015年度電子情報通信学会通信ソサイエティ大会
  - ⑦高義礼, 川又憲, 藤原修, 接近電極によるESDにおける絶縁破壊電位傾度測定, 2015年度電子情報通信学会通信ソサイエティ大会
  - ⑧高義礼, 川又憲, 富田一, 藤原修, 電気試験機の気中放電における放電遅れの接近速度依存性, 2015年度電気学会A部門大会