

# ESD ガン気中放電試験の開発を目指した 火花長制御法の検討

高 義礼\*

## Feasibility Study for Spark Length Control Aim to Develop ESD Immunity Test Based on Air Discharge

Yoshinori TAKA

**Abstract** — In order to estimate the feasibility of spark length control, we conducted the experiment of measuring spark length using needle electrode and cylindrical electrode we developed. Here, needle electrode emits electron or plus ion in the spark channel, and these charges facilitate spark phenomena and finally gives stable discharge, while cylindrical electrode forms capacitance between tip electrode of ESD-gun and itself gives effect of spark length decreasing. In this paper, effect of needle electrode and cylindrical electrode were confirmed.

### 1. はじめに

近年の電子機器は、ICの高集積・低消費電力化に伴い、高性能化が進んできている。しかしながらその結果、電子機器の電磁雑音に対する耐性の低下が深刻な問題となっている。機器の誤動作・破壊を引き起こす電磁雑音の発生原因は様々だが、特に帯電した人体からの静電気放電<sup>[1-5]</sup>によるものが主原因となる場合が多い。このことから、電子機器の静電気放電の耐性を調べるための試験法<sup>[6,7]</sup>が国際電気標準会議(IEC : International Electrotechnical Commission)によって定められてきた。しかし、この試験法は不十分であり、試験をパスしてもなお誤動作が発生する事例が後を絶たない。その原因は、当試験法では接触放電が用いられるが、実際の人体等からの放電は気中放電(火花放電)であり、両者の放電メカニズムが異なるからである。この様な背景から、筆者は気中放電(火花放電)の諸特性を明らかにし、これを電子機器の電磁雑音対策に役立てることを目指している。特に本研究では、新しい静電気耐性試験法を提案することを目的と

している。ところで、気中放電においては電極の接近(移動)速度により火花長が異なる(高速になるほど火花長が短縮される)ことが知られており<sup>[8,9]</sup>、このため、ESDガン(静電気耐性試験装置)の試験電極を試験機器に近づける速度によって試験結果にばらつきが生じる可能性がある。このため、針状電極からのコロナ放電を用いて速度によるばらつきを抑える手法を考案し、かつ、最も誤動作しやすい火花長で試験をおこなえるようにリング状の接地電極(以下、帯状電極と言う)を使って任意の火花長(パッシェン則よりも短い火花長)が設定できる手法を考案した。以下にこれらの効果について報告する。

### 2. 実験システム

図1に針電極と帯状電極の構造について示す。針電極は長さ1 cm、直径1 mmのステンレス製円柱の先端を鋭角に加工したもので、樹脂製のホルダを介して保持されグラウンドには接続されない。このため、電界の中に配置すると尖った先端からコロナ放電が発生する。また、帯状電極は幅5 mmのアルミ板を直径1 cmの円筒状に丸めたもので、グラウンドに接続される。なお表面は樹脂フィルムで覆われている。次に、火花長測定

---

\* 釧路高専創造工学科電子工学分野

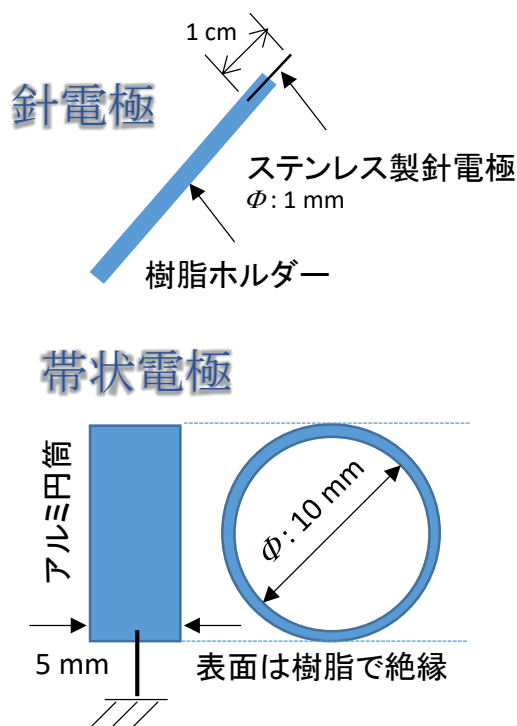


図1. 針電極と帯状電極の構造

のための実験装置を図2および図3に示す。気中放電用電極を取り付けたESDガンを固定し、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接近・放電させる仕組みである。ESDガンは気中放電モードで使用し、充電電圧は+8 kVとした。なお、このESDガンは150 pFのコンデンサユニットを持ち、放電の際はここに溜められた電荷が放出される仕組みである。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する<sup>[9]</sup>ように作られているが、今回この部分を微動ステージに置き換えて円板を手動で動かした。これはほぼ静止ギャップでの実験をおこなうためである。静止した状態から徐々に近づけていき、放電する距離を調べた。円板電極の移動速度はおよそ10 μm/sとした。以上の条件において、針電極（フローティング）も帯状電極（接地）も付けない場合、針電極のみ付けた場合、帯状電極のみ付けた場合の3通りで火花長を測定した。図2で針電極はESDガンと円板電極の間に配置され、高電界に曝されるために針の先端部分も電界が集中するので、針の先端からコロナ放電が発生する。このため、火花チャンネルに電子や+イオンの電荷が供給されるので、火花放電が促進され、よって、電極の移動による火花長の短縮効果が軽減されると考える。一方、図3の帯状電極はESDガンの先端電極に巻きつける形で配置（グラウンドに接続）するが、この帯状電極と先端電極の間に形成される容量（ $C_2$ ）に電荷（ $Q_2$ ）が蓄積されるため、

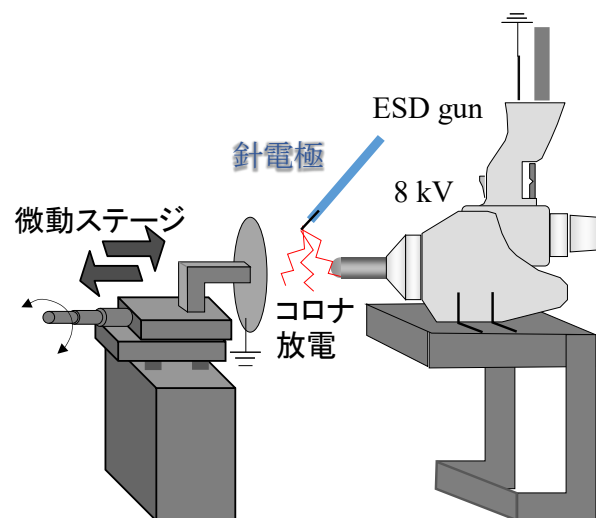


図2. 針電極の配置と火花長測定

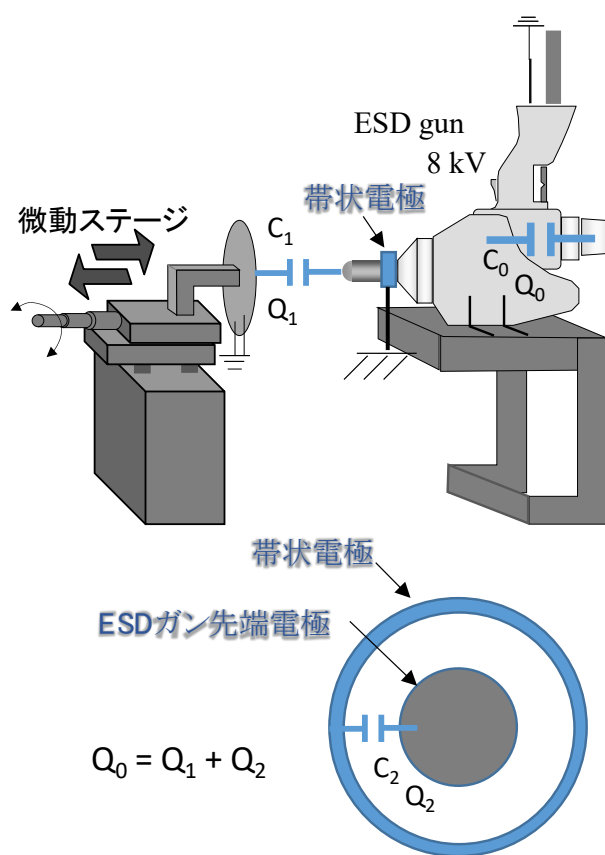


図2. 帯状電極の配置と火花長測定

先端電極と円板電極の間の容量（ $C_1$ ）に蓄えられる電荷（ $Q_1$ ）が減少する。このため先端電極と円板電極の間の電界が弱まるため、絶縁破壊電界となる火花長が短くなる。この効果は帯状電極のサイズを適宜変えることによって調整でき、結果として火花長を任意に調節できる。以上のことから、帯状電極で任意の火花長（パッシェン則よりは必ず短くなる）に設定し、針電極でESDガンの移動速度の影響を軽減できるようにす

れば、最も厳しい試験条件となる火花長に設定した上でESD耐性試験をおこなえるようになる。

## 参考文献

表1. 静止ギャップによる実験結果 (8 kV)

| 針電極, 帯状電極を不使用 | 針電極のみ  | 帯状電極のみ |
|---------------|--------|--------|
| 0.76mm        | 1.04mm | 0.53mm |

### 3. 実験結果

表1に火花長の測定結果を示す。静止ギャップでは、針電極も帯電極もつけない場合の0.76 mmに対して針電極を付けた場合は1.04 mmとなった。これは針電極からコロナ放電が発生し、火花発生が促進された結果と推察する。また、帯状電極を付けた場合は0.53 mmであり、帯状電極が作る静電容量によりESDガン先端電極の電荷量が低下し、絶縁破壊電界に達する距離が短くなったためと推察される。以上から、針電極および帯状電極の効果を確認できた。この効果は移動電極においても期待されるものである。

### 4. まとめと今後の課題

気中放電を用いる新たな静電気耐性試験法を開発することを目指し、針状電極および帯状電極を使った火花長制御の可能性について実験的に調べた。その結果、針状電極を用いることにより電極移動速度の影響を軽減しつつ試験をおこなえる可能性を示せた。また帯状電極により火花長をパッシェン則より短い任意の値に制御できることがわかった。この結果は、移動電極においても効果があると示唆され、今後調べる必要がある。さらに、最も厳しい試験となる火花長の解明等も必要である。

- [1] S. Minegishi, “Recent Topics on Electrostatic Discharge ESD from Viewpoint of EMC” , IEEJ Trans. FM, Vol.132, No.5, pp.335-338 (2012-5) (in Japanese)  
嶺岸茂樹, 「静電気放電ESD のEMC に関する研究動向」, 電気学会論文誌A (基礎・材料・共通部門), Vol.132, No.5, pp.335-338(2012).
- [2] G. P. Fotis et al., “Measurement of the electric field radiated by electrostatic discharges” , Measurement Science and Technology, Vol.17, pp.1292-1298(2006).
- [3] R. Jobava et al., “Computer simulation of ESD from voluminous objects compared to transient fields of humans” , IEEE Trans. EMC, Vol.42, No.1, pp.54-65 (2001).
- [4] G. Cerri et al., “Theoretical and experimental evaluation of electromagnetic fields radiated by ESD” , Proc. 2001 IEEE EMC International Symposium, Montreal, Canada, pp.1269-1272(2001).
- [5] O. Fujiwara, “An analytical approach to model indirect effect caused by electrostatic discharge” , IEICE Trans. COMMUN., Vol.E79-B, No.4, pp.483-489(1996)
- [6] IEC (International Electrotechnical Commission) : “IEC 61000: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4 : Testing and measurement techniques – Section2: Electrostatic discharge immunity test”, Edition 1.2(2001).
- [7] IEC (International Electrotechnical Commission), “IEC 61000: Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4 : Testing and measurement techniques - Section2: Electrostatic discharge immunity test,” Edition 2.0(2008).
- [8] Y. Taka, et al., “Measurement of Discharge Current through Hand-held Metal Piece from Charged Human Body”, IEEJ Trans FM, Vol.125, No. 7, pp. 600-601 (2005).
- [9] Y. Taka, et al., “Measurement and Validation of Spark Length for Air Discharge of Electrostatic Generator”, IEEJ Trans FM, Vol.135, No. 5, pp. 259-264(2015).