

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 20 日現在

機関番号：54101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24760306

研究課題名(和文) 静電気試験機からの気中放電に伴って発生する電磁界の厳しさ評価指標の確立

研究課題名(英文) Establishment of Severity Evaluation Index of EM Fields Accompanied by Air Discharges of ESD generator

研究代表者

森 育子 (Mori, Ikuko)

鈴鹿工業高等専門学校・その他部局等・准教授

研究者番号：20455140

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円、(間接経費) 1,050,000円

研究成果の概要(和文)：広帯域な過渡電磁界を伴う帯電人体からの静電気放電は電子機器にとって脅威であり、国際電気標準会議は電子機器の静電気放電に対するイミュニティ試験を定めている。だが気中放電詳細が規定されておらず、試験の厳しさ評価法の確立が望まれている。

本研究ではまず、2kV以下の気中放電の放電時のパワーおよびエネルギーを測定放電電流波形および等価回路モデルより計算した電位傾度から推定し、両者はそれぞれ充電電圧の1.7乗と2.1乗に比例して増大することを示した。次に間接放電試験について、先行研究が垂直結合版への接触放電で多重放電の存在を示しているが、水平結合板へのそれでも同様の現象が発生していることを示した。

研究成果の概要(英文)：ElectroStatic Discharges accompanied by broadband electromagnetic fields threaten electronic devices. Therefore, the International Electrotechnical Commission prescribes an ESD immunity test. Regarding the air discharge of ESD generator, however, the precise of the test method is not given and the establishment of the severity evaluation index of the test is anticipated.

In this study, firstly, using voltage potential gradient obtained by the measured discharge current waveforms and an equivalent circuit model, it is found that the peak value of the power and discharge energy are proportional to the 1.7th and 2.1th the power of charge voltage, respectively. Then, regarding the indirect discharge method, as a proceeding study shows existence of multiple discharges for the case of contact discharge on the Vertical Coupling Plane, it is found that for the case of one on the Horizontal Coupling Plane, the similar phenomena occur.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学、通信・ネットワーク工学

キーワード：静電気放電 イミュニティ 静電気試験機

1. 研究開始当初の背景

ユビキタス (Ubiquitous) 社会といわれる現在、静電気放電 (ESD) で生ずる GHz 帯にも及ぶ広帯域の過渡電磁雑音に対する機器耐性の劣化が重大な問題となっている [1]。これに関して、国際電気標準会議 (IEC:International Electrotechnical Commission) では、帯電人体からの ESD に対する電子機器の耐性試験 (IEC 61000-4-2) を定め、静電気試験機 (ESD ガン) による接触および気中放電の 2 種の放電電流注入法を定めている [2]。接触放電とは放電電流波形の再現性の良さから IEC 推奨の試験法で、ESD ガンの放電電極を供試機器に直接接触させ電流を注入する方法であり、気中放電は機器が絶縁塗装機器に対してなど接触放電が行えない場合に火花ギャップを介して電流を注入する試験法である。

けれども、この ESD に対する耐性試験に合格して市場に出された携帯情報端末などハイテク電子機器が、それでも誤動作することが、関連業界から指摘され続けている。

以前、その一因は耐性試験そのものにあり、かつ火花を伴う気中放電のほうが実際の ESD 現象に忠実であると考え、放電電流の広帯域測定に基づき耐性試験の厳しさを放電電流の最大勾配を用いて評価した [3]。

ESD に起因する機器誤動作の主因は過渡電流によって形成される機器内インダクタンスによって誘導電圧が生ずることや、誘導磁界回路結合で過渡電圧が生じることであるとされる。これらは、信号に重積したりグラウンド電位を変動させ、機器内回路の誤動作原因となる。この種の過渡電圧は注入電流の時間微分に比例することから、電流波形の最大勾配値が試験法の厳しさ評価指標になり得ると考えた。

ただし、その際には、特に低充電電圧の気中放電に伴って生ずる放電電流波形および過渡電磁界についての網羅的な計測データは示されていなかった。

同時に、IEC 規定の試験方法には、放電電流の注入対象の違いとして、直接放電法と間接放電法があるが、前者は帯電した人体から電子機器への直接の放電を、後者は帯電した人体から金属へ放電した際に、その金属から放射される過渡電磁界を模擬する試験方法と言われる。両者は供試機器に対しての放電電流の注入の仕方や電磁的な結合法が異なると予測されるが、電子機器の ESD に対するイミュニティ試験の厳しさの観点からの評価が期待されている。

参考文献：

[1] For example, G.P.Fotis, et.al., "Measurement of the electric field radiated by electrostatic discharges", Meas. Sci. Technol. 17, 2006, pp.1292-1298 (2006).

[2] IEC(International Electrotechnical Commission), IEC 61000: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part4: Testing and measurement techniques – Section2: Electrostatic discharge immunity test, Edition 2.0 (2008).

[3] 森育子, 藤原修, "放電電流の広帯域測定に基づく ESD に対する IEC イミュニティ試験の厳しさ評価" 電気学会論文誌 A, Vol.130, No.5, pp.457-461(2010)。

2. 研究の目的

先述のとおり、静電気放電 (ESD: Electrostatic discharge) に対する耐性試験に合格して市場に出ているにもかかわらず、とりわけ携帯情報端末などハイテク電子機器の ESD に起因する誤動作が絶えないといわれている。

もし、それら誤動作の一因とされる (およそ 3kV 以下の) 低電圧 ESD の発生機構および誤動作機構の解明が進み、放電時の電流波形及びそれに伴って発生する過渡電磁界の広帯域測定に基づく低電圧 ESD の発生機構モデルを構築することができるならば、関連業界から指摘されているような「イミュニティ試験をパスしているにも関わらず誤動作する」という事象に対して効果的な対策が可能になると考える。

静電気放電現象そのものは、電圧その他の条件により大きく異なる。例えば、数キロボルト以下の低電圧 ESD については、放電時の火花長がマイクロメーターのオーダーであるマイクロギャップ放電として知られている。このような場合の放電電流および過渡電磁界の特性把握が必要とされている。

また、静電気試験機によるイミュニティ試験については、試験の厳しさ評価を目的とした間接放電試験法の特性把握が必須とされている。

これらのことから本研究では、静電気試験機の直接放電試験に関しては、放電時のパワーとエネルギーの充電電圧依存性の把握を、間接放電試験に関してはその基本的な特性把握を目的とする。

3. 研究の方法

数キロボルト以下の静電気放電は先述のとおり、マイクロギャップ放電であることが知られている。そのような低電圧マイクロギャップ放電のうち、主に供試機器に直接放電電流を注入する直接放電に関して特性測定を行い、その発生機構解明を目指す。

次に、供試機器に対する直接放電ではなく帯電金属体からの間接放電に対する特性測定を行う。

(1) 静電気試験機を用いた直接放電試験に関する検討

本研究では、直接放電時の放電電流の測定波形と等価回路モデルを用いて充電電圧 2kV 以下の場合の放電時のパワーおよびエネルギーを、電位傾度の時間変化から推定した。なお、放電電流波形の測定配置は（国際電気標準会議の規定とは異なり）、図 1 に示すとおりとした。なお、静電気試験機は放電電流を注入するためのピストル型の装置（ESD ガン）とそれを充電するための高電圧発生器からなる。ESD ガンは、帯電人体の静電容量相当の集中コンデンサ（150pF）と皮膚抵抗相当の集中抵抗（330 Ω）とから構成されており、気中放電には専用の放電電極を使用する。

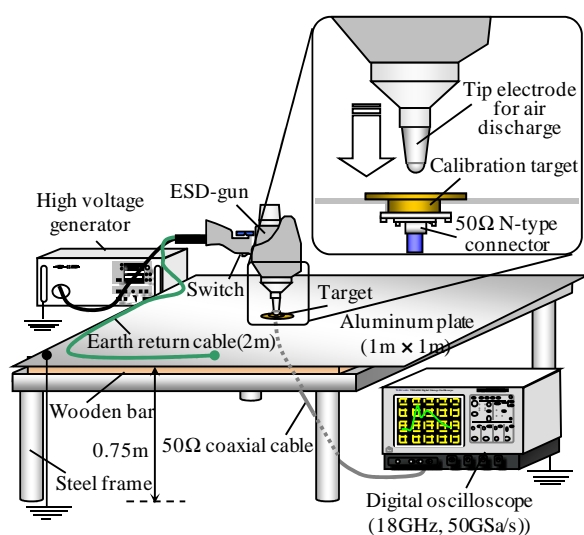


図 1 静電気試験機の直接放電の放電電流波形測定のための試験配置[4]

(2) 静電気試験機を用いた間接放電試験に関する検討

本研究では、間接放電試験の特性把握のため、国際電気標準会議規定の静電気試験機の測定配置に従った水平および垂直結合板への接触放電試験を行い、両結合板への接触放電の際の結合板の電位の時間変化を観測した。ただし、観測に用いたデジタルオシロスコプの入力電圧の制限から、充電電圧は 200V とした。電位の時間変化は、結合板にオシロスコプの受動プローブ（10:1，入力インピーダンス 1M Ω）を取り付け観測した。

参考文献：

[4] I. Mori, O. Fujiwara, “Study on evaluation methods for air discharges of

ESD generator”, XXII International Conference on Electromagnetic Disturbances (EMD’2012), 20-21, Sep, Vilnius, Lithuania (2012).

4. 研究成果

実験結果に基づく結果と考察について、以下に各検討結果についてそれぞれ示す。

(1) 静電気試験機を用いた直接放電試験に関する結果

静電気試験機の気中放電時に放電電極から供試機器へと注入されるパワーおよびエネルギーを、測定放電電流波形および等価回路モデルを用いた電位傾度の計算結果から推定した。それぞれ、充電電圧の概ね 1.7 乗および 2.1 乗に比例して増大することがわかり、接触放電とは異なることがわかった。なお、これに関しては、放電電極の接近速度が放電電流波形に与える影響の検討を、接近速度の正確な測定に基づいて行う必要性が残った。

(2) 静電気試験機を用いた間接放電試験に関する結果

辻らによる先行研究[5]では、静電気試験機の垂直結合板への接触放電において、多重放電が発生していることを述べていた。本研究においては、接触放電時の水平結合板上の電位の時間変化から、水平結合板においても同様の多重放電が発生していることがわかった。また、垂直結合板への放電時には、両結合板上の電位の同時測定により、水平結合板へ電位が誘導されていることがわかった。

(1) および (2) の結果から、直接放電に関しては放電時のパワーおよびエネルギーの充電電圧依存性を把握できた。また、間接放電試験に関しては、先行研究が発見した垂直結合板への多重放電現象が、水平結合板への接触放電においても発生していることを示した。ただし、これに関しては、より多くの観測を行い、定量的な評価を行う必要がある。また、垂直結合板への接触放電時には、水平結合板へも電位が誘導されており、通常供試機器は水平結合板上に絶縁シートを介して配置されることから、どちらへの放電がより厳しい試験法になり得るかの検討が必要であり、これらが今後の課題となる。

参考文献：

[5]辻, 藤原, “ESD ガンの垂直結合板への接触放電で生ずる多重放電”, 電学論 A, Vol.

132, No.5, pp.383-384 (2012).

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

1. Ikuko Mori, "Study on evaluation methods for air discharges of ESD generator", XXII International Conference on Electromagnetic Disturbances (EMD'2012), 2012年9月20日~2012年9月21日, ビリニユス, リトアニア.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

1. 鈴鹿工業高等専門学校研究者データベース:

<http://www.suzuka-ct.ac.jp/sangaku/DB/node/98>

(研究テーマ, 論文等研究成果などの紹介を行っている.)

6. 研究組織

(1)研究代表者

森 育子 (MORI, Ikuko)

鈴鹿工業高等専門学校・電子情報工学科・准教授

研究者番号: 20455140

(2)研究分担者 なし
()

研究者番号:

(3)連携研究者 なし
()

研究者番号:

以上.