

研究速報

水平結合板の間接放電時に対する ESD 試験法の供試品へ及ぼす影響比較

山本 典央^{†,††}(正員) 高 義礼^{††}(正員)

藤原 修^{††}(正員)

Influence of ESD Test Methods on Equipment-Under-Test for Indirect Discharges onto Horizontal Coupling Plane

Norio YAMAMOTO^{†,††}, Yoshinori TAKA^{††}, and Osamu FUJIWARA^{††}, Members

[†] 滋賀県工業技術総合センター, 栗東市

Industrial Research Center of Shiga Prefecture, 230 Kamitoyama, Ritto-shi, 520-3004 Japan

^{††} 名古屋工業大学, 名古屋市

Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology, Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya-shi, 466-8555 Japan

あらまし ESD ガンを水平結合板上面に鉛直下方(旧規格)と垂直方向(新規格)とで放電させ、回路基板パターン上の誘導電圧を測定した結果、後者の方がピークは数分の一小さく、放電位置依存性も小さいことから、新旧の規格で試験結果に差異の生じる可能性が分かった。

キーワード 静電気放電, IEC 規格, 水平結合板, 間接放電, ESD 試験法

1. ま え が き

近年の半導体技術の飛躍的な進歩に伴う IC の高速・高集積化の結果、高性能かつ高機能化された様々な電子機器が市場に供給されている。一方で、これら電子機器の電磁雑音に対する耐性の劣化が問題となってきた。特に、帯電した人体によって引き起こされる静電気放電(ESD: Electrostatic discharge)は、広帯域の過渡電磁雑音を含むため、ハイテク機器ほど深刻な誤作動を引き起こす[1], [2]。

このような背景から、ESD に関する電子機器の耐性(イミュニティ)試験法が国際電気標準会議(IEC: International Electrotechnical Commission)で既に標準化されている。例えば、IEC61000-4-2 2001-04 [3]では、帯電人体からの ESD を模擬した静電気試験法が示され、静電気放電試験器(以降は ESD ガンと呼ぶ)の典型的な放電波形が具体的に規定されている。また、ESD ガンによる供試品への ESD 印加方法についても、ESD ガンから供試品へ直接印加する方法(直接放電)と、供試品周辺に静電気放電が起きたときの供試品への影響を模擬するために、垂直及び水平結合板へ印加する方法(間接放電)が具体的に規定されている。これらの印加方法のうち、IEC1000-4-2 1995-01 [4]は

ESD ガンを水平結合板の上面对して鉛直下方へ接触放電させてきたが、IEC61000-4-2 2001-04 [3]では結合板の端(エッジ)に対して垂直方向に接触放電することに変更されたため、規格改訂前後で試験データに相関が取れないことが関連業界において経験的に知られている。また、水平結合板への印加時には、供試品の各面から 10 cm 離れた位置に ESD ガンの放電電極を接触させて放電することが規定されているが、各面の基準位置が規格に明記されていないため、印加位置が一意的に決まらず、同一供試品であっても試験サイトや試験実施者によって試験結果が異なるという問題が生じている。

本論文では、IEC 規格の ESD 試験法の改訂前後で変更となった ESD ガンの水平結合板に対する間接放電試験法が供試品へ及ぼす影響の比較結果を示す。

2. ESD ガンの水平結合板への間接放電

図 1 は改訂前の ESD 規格 IEC1000-4-2 1995-01 [4]による卓上機器に対する試験機器配置例を、現行規格 IEC61000-4-2 2001-04 [3]のそれ(図中の円内)と併せて示す。改訂前の ESD 規格では、水平結合板へ間接放電する場合、ESD ガンの放電電極を水平結合板に対して鉛直下向きの状態で結合板に接触させていたが、現行規格では、水平結合板の端(エッジ)の部分に対し垂直に放電電極を当てて印加することに改訂された。この改訂によって変更された ESD ガンの向きの違いにより、同一供試品であっても試験結果の異なることが経験的に知られている。

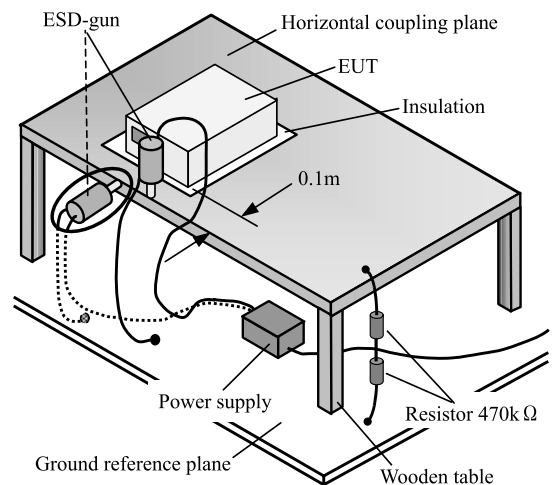


図 1 卓上機器に対する試験機器配置例
Fig.1 Example of test set-up for table-top equipment.

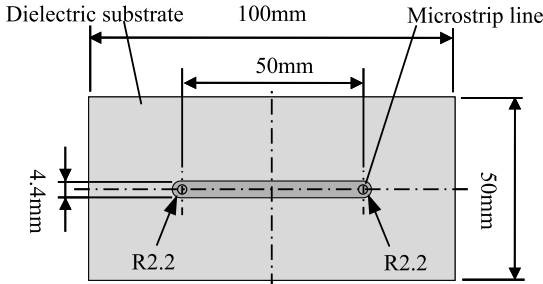


図2 供試品模擬用基板

Fig. 2 Printed circuit board (PCB) used as equipment under test (EUT) for evaluation of induced voltage.

3. 評価用回路基板と測定法

本章では、ESD ガンの向きによる供試品への影響の違いを評価するために、供試品内部の回路基板を模擬するための簡易基板を作製し、放電によって基板上のパターンに誘導される電圧波形を測定する。なお、ESD 規格改定前後においても、供試品に対する印加箇所は同じである。すなわち、供試品の各面に対して印加箇所は変更されず、それぞれの面から 10 cm 離れた箇所のままである。

図 2 に供試品とした評価用の簡易回路基板を示す。同基板は厚さ 1.6 mm のテフロン基板であり、その上にはマイクロストリップライン（特性インピーダンス：50 Ω 、長さ：50 mm）のパターンを形成し、両端にはスルーホールを設け、全面グラウンドとした基板裏面に取り付けた SMA コネクタの中心導体とパターンを接続している。なお、図の回路基板は、ノイズ抑制シートの特性評価法の国際規格 IEC62333-2 Ed.1.0 en:2006 [5] に基づいて製作したことを付記する。

図 3 (a) に測定系全体図、同図 (b) に ESD 印加点をそれぞれ示す。

測定系は、図 2 の基板パターン面を水平結合板に向けた状態で発泡スチロール上に設置、基板裏面にある SMA コネクタの片方に 50 Ω 終端を取り付け、他方のコネクタには 50 Ω 同軸ケーブルを介してデジタルオシロスコープ（入力インピーダンス：50 Ω 、帯域幅：1 GHz、サンプリング周波数 4 GHz、量子化ビット：8 ビット）に接続し、水平結合板への放電で回路基板上に誘導される電圧波形を観測した。水平結合板への間接放電に対する ESD ガンの印加位置については、供試品側面の各面に対して各々の面から 10 cm 離れた箇所と規定されている。しかしながら、IEC 規格には、

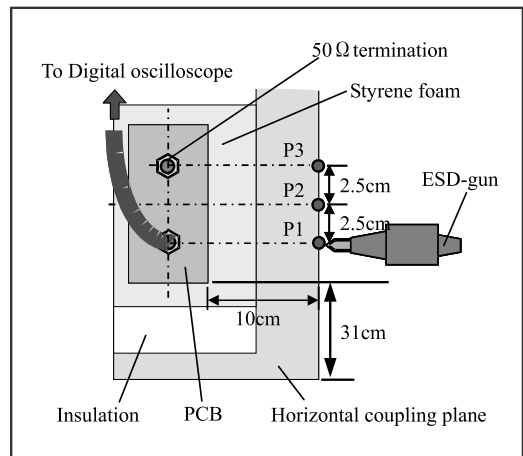
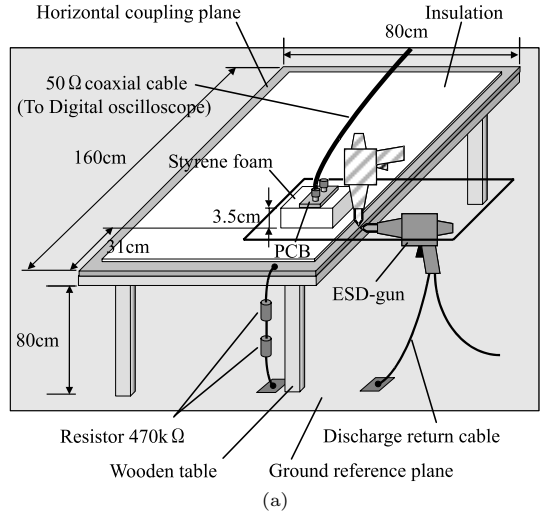


図3 測定系 (a) と ESD ガンの印加位置 (b)
Fig. 3 Measurement system (a) and positions of contact discharges of an ESD gun (b).

供試品の各面のどの点を基準として 10 cm の距離をとるのが明確な規定はないので、基準点の取り方によっては ESD 試験の結果が異なるおそれがある。したがって、ここでは、図 3 (b) の 3 点 (P1, P2, P3) に対して、それぞれ ESD ガンの配置を垂直及び水平の両方向で ESD を印加し、回路基板上のパターンの誘導電圧を測定した。なお、充電電圧は 10 kV とした。

4. 結果と考察

図 4 は、図 3 (b) 中の P1 への ESD ガンの間接放電に対して回路基板上のパターンに誘導された電圧波形の測定例を示す。薄い実線は ESD ガンを垂直に、濃い実線は水平に配置したときの観測波形をそれぞれ示

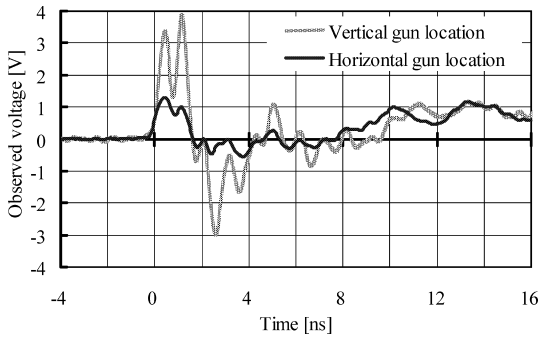
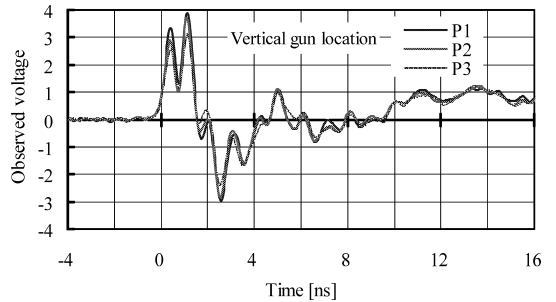


図 4 ESD ガンの垂直配置と水平配置に対する誘導電圧の測定波形
 Fig. 4 Measured waveforms of induced voltages for indirect contact discharges from vertical and horizontal locations of an ESD gun.

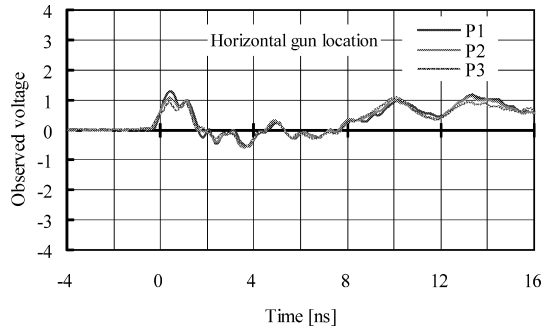
す。図から、ESD ガンが水平配置の場合の正の電圧ピークが最大 1.30 V に対して、垂直配置の場合は最大値が 3.89 V であることが分かる。また、負の電圧ピークは水平配置の場合が -0.54 V に対して、垂直配置の場合は -2.97 V と約 5.4 倍もの差がある。これらのことは、ESD 試験に関する IEC 規格の改定により、今回の配置では同じ供試品であっても旧規格での試験の方が厳しい試験であり、それゆえに試験結果に差異の生じる可能性が十分にあり得ることを意味する。

図 5 (a) は、ESD ガンを水平結合板に対して鉛直下方に接触させた状態で図 3 の 3 箇所印加点 (P1, P2, P3) へ放電したときに誘導された電圧波形を、同 (b) には ESD ガンを水平結合板の端面に対し垂直に接触・放電させた場合の測定例をそれぞれ示す。

これらの図から、正の電圧ピークは、ESD ガンの配置方向によらず、どちらも同軸ケーブルが接続されているコネクタに近い位置 (図 3 中の P1) に印加した場合がピーク値が最も大きく、コネクタから離れるにつれて小さくなる傾向のあることが分かる。一方、負の電圧ピークについては、水平配置の場合はほとんど変化がないのに対して、垂直配置の場合は正の電圧ピークと同様な傾向を示すことが分かる。このことから、水平結合板による間接放電試験の場合、供試品の同一面であっても、ESD ガンの放電電極を水平結合板に接触させる箇所によって IEC 規格改訂前後の試験結果が異なるおそれのあることが確認できた。なお、基板に対する ESD 放電点を変えたことによる測定電圧波形の違いは、第 1, 第 2 ピーク、垂直配置の場合には負のピークにも顕著に現れるが、その後続く波



(a) Measured waveforms of induced voltages when the ESD gun is placed vertically to the horizontal coupling plane.



(b) Measured waveforms of induced voltages when the ESD gun is placed horizontally to the edge of the horizontal coupling plane.

図 5 測定電圧波形の ESD 印加点依存性

Fig. 5 Dependence on observed voltage waveforms of discharge points from an ESD gun.

形にはそれほど差異はなかった。

5. むすび

IEC61000-4-2 の ESD 試験において、同規格の改定による水平結合板への間接放電に対する試験法の影響を、供試品とした簡易回路基板を用いて調べた。その結果、今回の配置では新規格の試験法は、旧規格のそれに比して回路基板パターンに誘導される電圧ピークが小さく、波形も大きく異なること、水平結合板への放電位置については新旧規格とも電圧ピークが場所により異なるが、その依存性は新規格の方が小さいこと、などが分かった。これらの結果は、同一供試品であっても、規格改定前後で試験結果に相関がとれないことを意味し、それゆえに ESD 試験を製品に実施する企業においては、改訂後の規格の試験条件のもとでの試験データを新たに蓄積する必要がある。

今後の課題として、水平結合板上の供試品の配置位置と同結合板への間接放電印加点の関係について実験を行うことが挙げられる。

文 献

- [1] R. Jobava, D. Pommerenke, D. Karkashadze, P. Shubitidze, R. Zarize, S. Frei, and M. Aidam, "Computer simulation of ESD from voluminous objects compared to transient fields of humans," *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, vol.42, no.1, pp.54–65, Jan. 2001.
- [2] G.P. Fotis, I.F. Gonos, and I.A. Stathopoulos, "Measurement of the electric field radiated by electrostatic discharges," *Measurement Science and Technology*, vol.17, pp.1292–1298, 2006.
- [3] IEC (International Electrotechnical Commission), "IEC 61000 Ed. 1.2: Electromagnetic compatibility (EMC)- Part 4-2: Testing and measurement techniques — Electrostatic discharge immunity test," 2001.
- [4] IEC (International Electrotechnical Commission), "IEC 1000-4-2 Ed. 1: Electromagnetic compatibility (EMC)- Part 4: Testing and measurement techniques — Section 2: Electrostatic discharge immunity test," 1995.
- [5] IEC (International Electrotechnical Commission), "IEC 62333-2 Ed. 1: Noise suppression sheet for digital devices and equipment — Part 2: Measuring methods," 2006.

(平成 20 年 7 月 25 日受付, 8 月 23 日再受付)