

各世代静電気放電試験機の相違明確化

生産技術室 名和 礼成, 足達 幹雄
技術支援室 城之内 一茂

Difference clarification of each generation electrostatic discharge simulator

Yukinari NAWA, Mikio ADACHI and Kazushige JOUNOUCHI

電気・電子機器は、他機器や自然ノイズなどからの外来ノイズにより、誤動作を起こすことがあるため、耐ノイズ試験が種々規格化されており、特に静電気放電イミュニティ試験については歴史もあり、当所と東葛テクノプラザであわせて、新旧3機種の静電気放電試験機を有している。その放電電流波形の相違を、試験規格であるIEC¹⁾ 61000-4-2に記載されている波形観測用治具を用い、オシロスコープで波形観測を行い、さらに試験機の波形パラメータである放電抵抗値や蓄積容量値の違い、リターンケーブルの接地等の条件の違いによる変化の程度を検証した。

1. はじめに

電気・電子機器は、外来ノイズにより誤動作を起こすことがあるため、耐ノイズ（イミュニティ）試験が規格化されており、製品の開発途上で活用されている。特に静電気放電イミュニティ試験については、最も古い歴史があり、当所でも1986年に最初の試験機を導入している。その後、1995年にIEC61000-4-2として国際規格化され、2008年には改訂版のIEC61000-4-2 Ed. 2が発行され、当研究所や東葛テクノプラザにおいて、それぞれに対応した試験機を導入しており、現在、東葛テクノプラザを含めて、新旧3機種の試験機が存在している。規格には、放電電流波形の規定があるため、その検証を目的に波形観測用治具を導入し、オシロスコープで波形観測できるようにした。さらに種々の条件変化に対する波形変化の影響を検証し、新旧3機種の相違を明確にした。

ータである放電抵抗値と蓄積容量値は、 $R=330\Omega$ 、 $C=150\text{pF}$ だが、その他の組合せやリターンケーブルの接地の有無等、種々の条件変化のもとで波形観測を行った。なお放電出力は+2kVとし、オシロスコープの入力インピーダンスは 50Ω に設定し、実験を行った。波形観測用治具の外観と測定方法の概要を図1、図2に示す。また使用した静電気放電試験機とオシロスコープを表1、表2に示す。



図. 1 波形観測用治具

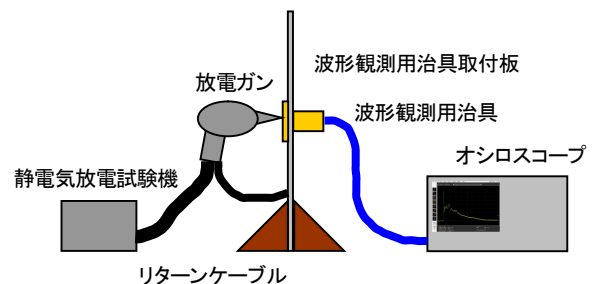


図. 2 波形観測イメージ

表. 1 使用機器一覧

機器名	製造者	型番	導入年
静電気放電許容 度試験装置	ノイズ研究所	ESS-2002EX	2010
	BIGBANG	5000型	1998
	ノイズ研究所	ESS-625S	1986

2. 実験

2.1 波形観測用治具の整備

IEC61000-4-2で規定されている負荷抵抗器、およびIEC61000-4-2 Ed. 2で規定されている電流波形観測ターゲットを導入し、1.2m角のアルミ板に取付け、静電気放電試験機の放電ガン波形観測用治具の中心に対し、接触放電し、治具の裏側から、同軸ケーブルを介して接続したオシロスコープで波形観測を行った。なおIEC規格の波形パラメ

表. 2 使用機器一覧

機器名	製造者	型番	帯域幅
オシロスコープ	Agilent Technologies	DSO9254A	2.5GHz
	Hewlett Packard	54845A	1.5GHz
	IWATSU	DS-5110	100MHz

2.2 種々の条件変化による波形観測

表1の新旧3機種種の静電気放電試験機の放電波形を表2で用意した3機種種のオシロスコープを使って確認した。条件変化のパラメータとして、波形パラメータの元となる、放電抵抗値や蓄積容量値の種類、リターンケーブルのグラウンド板への接地の有無の違いを考慮した。それぞれの場合における放電電流波形データを記録し、変化の程度を検証した。

3. 結果及び考察

3.1 放電抵抗値と蓄積容量値による違い

まず、波形パラメータの元となる放電抵抗値と蓄積容量値の種類について、当所で所持している放電抵抗 (330Ω, 500Ω, 2kΩ) と蓄積容量 (150pF, 330pF) の全組合せ6種類についての波形を図3～図8に示す。なおIEC61000-4-2では330Ω, 150pFが規定値である。なお、図は、静電気試験機はBIGBANG, オシロスコープは54845Aで、波形観測用治具はEd.2用ターゲットを使用した時のものである。



図. 3 330Ω, 150pF (IEC準拠)



図. 4 330Ω, 330pF



図. 5 500Ω, 150pF



図. 6 500Ω, 330pF



図. 7 2kΩ, 150pF



図. 8 2kΩ, 330pF

3.2 リターンケーブルの接地による違い

次に、リターンケーブルのグラウンド板への接地状態について、接地状態と非接地状態における波形を図9, 図10に示す。なお、図は、静電気試験機はBIGBANG, オシロスコープはDSO9254A5で、波形観測用治具はEd.2用ターゲットを使用した時のものである。

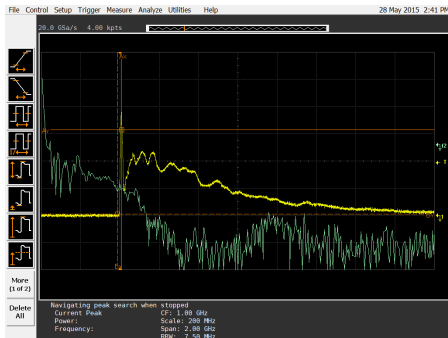


図. 9 リターンケーブル接地

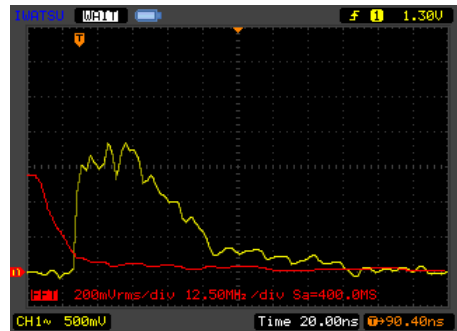


図. 13 DS-5110

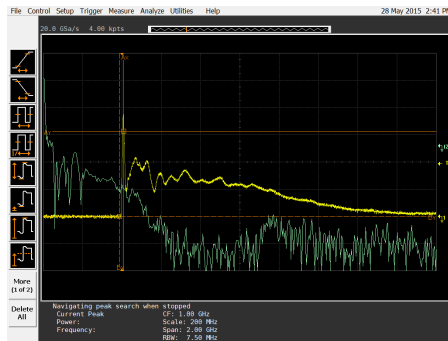


図. 10 リターンケーブル非接地

3. 3 オシロスコープによる違い

次に、帯域幅の違うオシロスコープ3機種による放電電流波形の違いを図11～図13に示す。なお、図は、静電気試験機はESS-2002EX、リターンケーブルは接地状態で、波形観測用治具はEd.2用ターゲットを使用した時のものである。

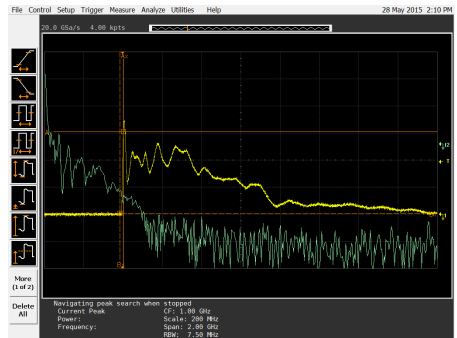


図. 14 ESS-2002EX

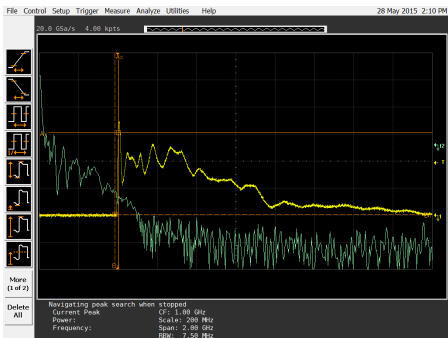


図. 11 DS09254A

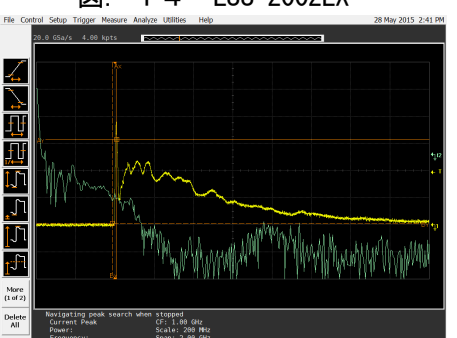


図. 15 BIGBANG3000

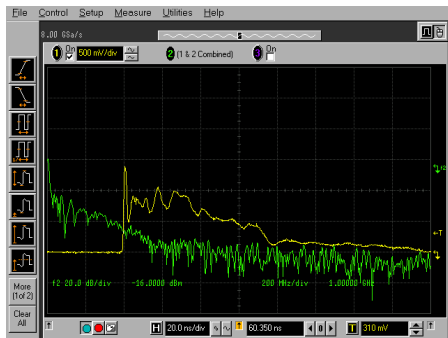


図. 12 54845A

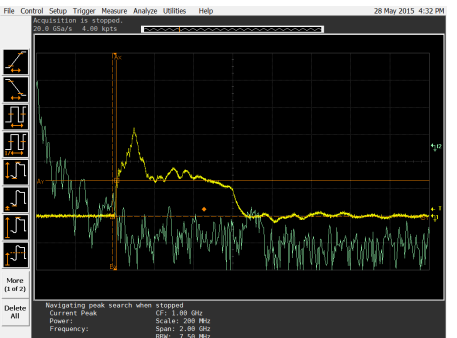


図. 16 ESS-625S

3. 4 静電気放電試験機による違い

次に、新旧3機種種の静電気放電試験機による放電電流波形の違いを図14～図16に示す。なお、図は、オシロスコープはDS09254A、リターンケーブルは接地状態で、波形観測用治具はEd.2用ターゲットを使用した時のものである。

3. 5 波形観測用治具による違い

最後に、波形観測用治具の違いによる放電電流波形の違いを図17、図18に示す。なお、図は、静電気試験機はBIGBANG、リターンケーブルは接地状態で、オシロスコープはDS09254Aを使用した時のものである。

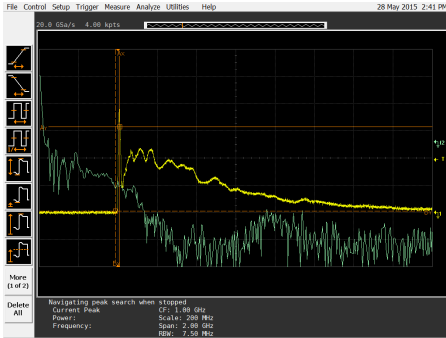


図. 17 Ed.2準拠ターゲット

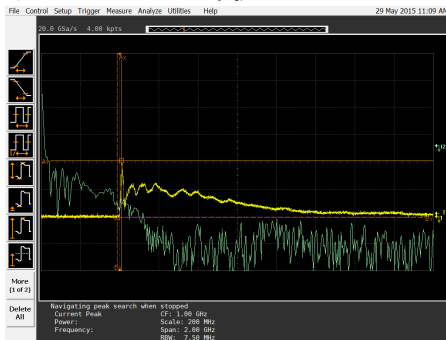


図. 18 Ed.1準拠負荷抵抗器

3. 1から、放電抵抗値は、抵抗が高いほど波形の高さを抑え、蓄積容量値は、容量値が大きいほど波形の波尾長が長くなることわかる。これは規格に記載されている等価回路が、RC直列回路であることから理解できる。

3. 2から、リターンケーブルの接地や配線の取り回しは、主に波形の後部に対し影響を与えることがわかる。

3. 3では、帯域幅の違いにより、DS-5110では第1ピークが捉えられないことがわかる(図13)。第1ピークはナノ秒オーダーの鋭い立上りを持つため、規格では、2GHz以上の帯域幅のオシロスコープを要求しているが、デイリーチェック等、簡易な用途においては、54845A (1.5GHz)でも問題なく使用できる。

3. 4から、ESS-2002EXとBIGBANG5000型は、ほぼ同様の波形出力であり、第1ピークの立上りも規格内に収まっているため、どちらの機種も、IEC61000-4-2 Ed.2の基準を満たしていることがわかる。一方、ESS-625Sは立上りが遅く(図16)、

IEC規格を全く満たしていないことがわかる。

3. 5は、インピーダンスの違いにより、観測される出力電圧は違ってくるが、ほぼ同じ波形形状で観測された。オシロスコープの時間軸を拡大すると、治具に起因するリングングを確認できるが、Ed.2のターゲットの方が小さいので、Ed.1の負荷抵抗器よりも周波数特性が改善されている。

以上をまとめると、図19の通りとなる。

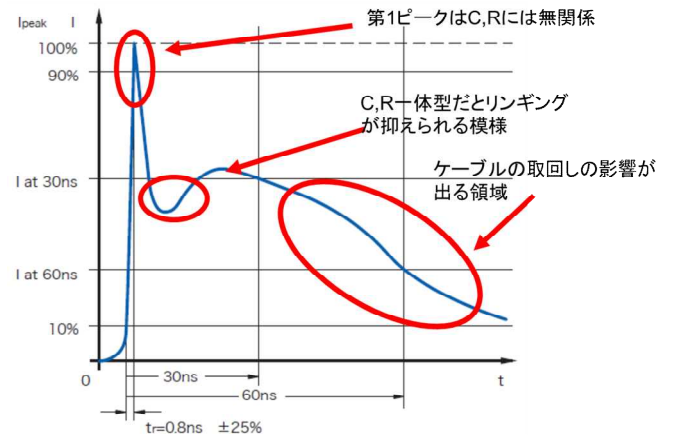


図. 19 波形変化の影響について

3. 6 第1ピークの鋭さの検証

規格に記載されている単純なRC直列の等価回路では、第1ピークの発生は再現できないため、放電チップやリターンケーブル自体が持つ自己インダクタンス成分と、グラウンド間との寄生容量成分も考慮した等価回路を作り、LTSpice²⁾で過渡解析を行ったところ、第1ピークを再現できるようになり、各々のパラメータ(抵抗・容量・インダクタンス値)を種々の要因と想定し、変化させることにより、実測との整合も得られた。図20に等価回路、図21に解析の一例を示す。

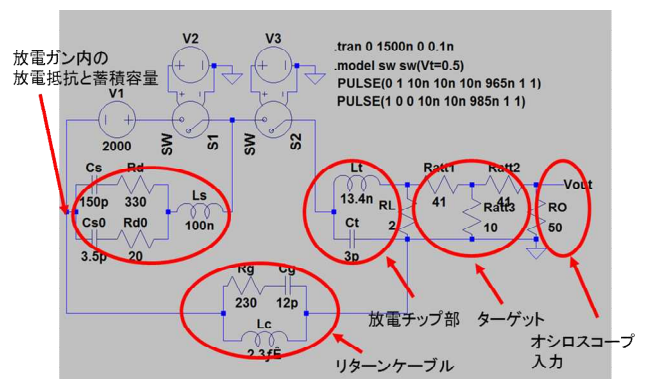


図. 20 LTSpice上の等価回路例

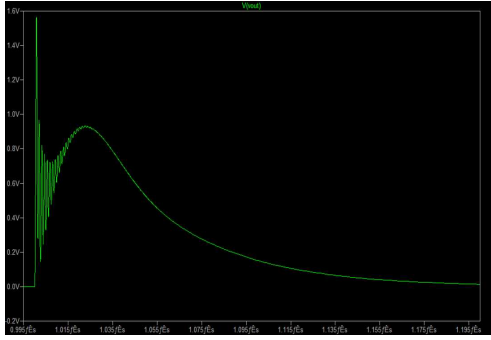


図. 2 1 解析例 ($L_t=13.4\text{nH}$, $L_c=2.3\mu\text{H}$)

からの静電気放電の等価回路の定数決定法：

静電気学会誌，36，1(2012)14-19

- 4) 秋山 雪治，戸澤 幸大，石田 武志：ESDガンの等価回路のモデル改良（IEC61000-4-2 Ed. 2.0対応）：エレクトロニクス実装学会誌 Vol14 No.4(2011)

4. まとめ

新旧3機種の新静電気放電試験機の、放電電流波形を、オシロスコープを使って確認し、当所の現有機種（BIGBANG5000型）が、試験規格IEC61000-4-2およびEd. 2で規定されている、出力電流波形に適合していることを確認した。また試験機の波形パラメータである、放電抵抗値や蓄積容量値の種類、リターンケーブルのグラウンドへの接地方法等、種々の条件変化における波形観測や、等価回路シミュレーションにより、波形変化の要因と傾向を把握することもでき、今後の再現性の高い試験実施の可能性が期待される。

IEC¹⁾ 国際電気標準会議，IEC (International Electrotechnical Commission) とは、電気・電子技術に関する規格を策定する国際的な標準化団体。1906年に設立され、約80カ国が参加している。本部は、スイス・ジュネーブ。各国の工業規格の標準化機関などが参加しており、日本からは日本工業標準調査会（JISC）が参加している。電気工学や電子工学、およびその応用分野、関連産業分野を対象に国際標準を定めている。

LTSpice²⁾ リニアテクノロジー社が提供している無料かつ素子数の制限のないSPICE系の回路シミュレータ。

参考文献

- 1) JIS C 61000-4-2:2012(IEC 61000-4-2:2008)
一般財団法人日本規格協会
- 2) 室田 修男：人体帯電モデル型静電気試験機の放電電流特性 電子情報通信学会論文誌 '96/11 Vol. J79-B-II No. 11
- 3) 廣瀬 元，吉田 孝博，増井 典明：各種放電源