ISSN 1349-6379

2023 第33回
RCJ信頼性シンポジウム発表論文集

・EOS/ESD/EMCシンポジウム
・電子デバイス・電子部品の信頼性シンポジウム

2023年11月

主催

一般財団法人 日本電子部品信頼性センター

協 賛

一般社団法人 電子情報技術産業協会
一般社団法人 日本電気計測器工業会
一般社団法人 電子情報通信学会
一般社団法人 電気学会
一般財団法人 光産業技術振興協会
一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会
公益社団法人 日本磁気学会
一般社団法人 日本電機工業会
一般財団法人 日本規格協会
一般社団法人 日本電子回路工業会
一般財団法人 日本科学技術連盟
一般社団法人 静電気学会
日本信頼性学会
IDEMA JAPAN

２０２３　第３３回　ＲＣＪ信頼性シンポジウム

（“EOS/ESD/EMCシンポジウム”、“電子デバイス・電子部品の信頼性シンポジウム”）

日時：　２０２３年１１月９日（木）～１１月１０日（金）　　開催場所：大田区産業プラザ

日時	11月9日（木）		11月10日（金）	
項目	EOS/ESD/EMC シンポジウム 優秀論文等表彰式	機能安全セミナー	EOS/ESD/EMC シンポジウム	電子デバイス・電子部品の 信頼性シンポジウム 信頼性セミナー
会場	４階コンベンションホール		４階コンベンションホール	
	Ａ会場	Ｂ会場	Ａ会場	Ｂ会場
午前	(9:45～10:00) 「開会挨拶」 (10:00～11:40) 「イオナイザー,静電気対策」 2件 「イミュニティ」2件		(9:30～10:30) 「モデリング技術」セミナー (10:30～10:45) 休憩 (10:45～12:00) 「基板・モジュールの静電気対策」セミナー(1)	(10:30～11:30) 「故障解析、積層セラミックコンデンサ信頼性」 ２件
昼	(11:40～12:00) 優秀論文等表彰式 (12:00～13:00) 休憩		(12:00～13:00) 休憩	(11:30～13:00) 休憩
午後 前半	(13:00～15:00) 「招待講演」２件	(13:15～14:45) 機能安全セミナー（1）	(13:00～14:30) 「基板・モジュールの静電気対策」セミナー(2)	(13:00～17:15) 「信頼性セミナー」 -SiCパワー半導体の信頼性及び先端LSIのNBTIと配線信頼性-
	(15:00～15:15) 休憩	(14:45～15:00) 休憩	(14:30～14:45) 休憩	
午後 後半	(15:15～17:30) 「招待講演」１件 「測定・システムレベル」 ３件	(15:00～17:15) 機能安全セミナー（2） 機能安全セミナー（3）	(14:45～16:15) 「基板・モジュールの静電気対策」セミナー(3) (16:15～16:30) 休憩 (16:30～17:00) 「パネルディスカッション」	
夜	(17:40～19:00) 情報交換会（軽食・ドリンク付き） ４階コンベンションホール　ロビー（ホワイエ）			
展示会	(10:00～17:00)　（2階小展示ホール） ESD関連装置の展示及びESD対策技術ワークショップ		(10:00～17:00)　（2階小展示ホール） ESD関連装置の展示及びESD対策技術ワークショップ	

ご　挨　拶

「EOS/ESD/EMCシンポジウム」、「電子デバイス・電子部品の信頼性シンポジウム」からなる第33回RCJ信頼性シンポジウムを令和5年11月9日（木）～11月10日（金）に大田区産業プラザで開催致します。

電子デバイスの進展は目覚しく、微細化・高機能化・高集積化・3次元化技術が急速に進んでいます。また、省エネルギー対応のSiに変わるSiCやGaNなどのワイドギャップ半導体を用いた低損失パワー半導体デバイスの開発も進んでいます。ワイドギャップ半導体の中で、SiCパワー半導体は、実用化が一歩進んでおり、既に使用されています。しかし、未解決な信頼性問題は多く残っており、これらの課題を解決しない限り、急速な普及には至らないと思われます。一方、LSI技術の進歩に伴い、信頼性保証方法の見直しも進められています。高信頼性が求められる車載用半導体や先端LSI技術では、設計段階における故障物理に基づく信頼性設計、信頼性検証が重要になっています。また、故障物理に基づく信頼性保証の標準的な手法も制定されつつあります。

半導体デバイスの高機能化・超微細化に伴い過電圧（EOS）や静電気放電（ESD）に対する耐性も確実に低下しており、歩留りや信頼性向上のためには、ESD耐性向上対策も不可欠となっています。LSI単独でのESD耐性向上も限界に近づいており、そのESD耐性低下を補うための半導体デバイスを取り扱うプリント基板実装工程におけるESD管理技術の高度化が要求されています。更に高速化に伴いLSIから発生する電磁波対策、外部から進入する電磁波に対する装置の誤動作対策などいわゆるEMI（電磁干渉）対策も問題となっています。このように部品レベルでの対策のみでなく、ボード、モジュール、システムレベルでのESD/EMI対策が重要視されてきています。これらの問題を克服してより一層の高信頼性を達成するためには、基本技術としての信頼性技術・故障解析技術の向上、EOS/ESD/EMC現象把握や更なる対策技術向上、さらに部品側とシステム側の相互の協調体制の確立も重要になります。

このような状況を鑑み、この分野の研究・技術発表と討論の場を提供し技術発展に寄与すること、またその中からIECやJISの新規格作成のためのテーマの発掘や資料の蓄積を図ることを目的として、本シンポジウムは企画され、平成3年度から開催されてきました。幸い多くの方々のご協力を得て、回を重ねる毎に内容が充実してきております。

本シンポジウムは、1994年以来米国EOS/ESDシンポジウムと優秀論文の交換を行っています。本シンポジウムで推薦され優秀論文は、米国EOS/ESDシンポジウムに招待論文として招待され、また、米国EOS/ESDシンポジウムの優秀論文は本シンポジウムに招待することで、国際技術交流を行っています。但し、今年度は、諸般の事情で、米国EOS/ESDシンポジウムの優秀論文の招待が実現できませんでしたが、海外からの1件の招待講演を実現できました。

今年の「EOS/ESD/EMCシンポジウム」のトピックスは、以下の通りです。

（1）海外招待講演
今回は、海外招待講演を復活することができました。
Marko Simicic（IMEC）「ESD in advanced IC bonding technologies」

（2）国内招待講演
最新のESD関連技術について、その分野の専門家による招待講演

・「直接放電試験の信頼性向上のためのTLP-HMM適用事例・課題とその改善検討」
　矢野 佑典（名古屋工業大学　大学院工学研究科）

・2022 RCJ EOS/ESD/EMCシンポジウム優秀論文　「高速IF向け信号端子におけるT-coilによるESDへの影響」
　加納　英樹、鈴木　輝夫（(株) ソシオネクスト）

（3）「基板・モジュールの静電気対策」セミナー
　RCJが運営している基板・モジュール静電気対策検討委員会メンバーによるセミナーです。コンポーネントレベルとは異なる電子システムレベルのESD対策に焦点をあてたセミナーです。

その他、「静電気対策」、「イミュニティ」に関する一般講演もあります。

電子デバイス・電子部品の信頼性シンポジウムでは、2 件の一般論文の発表があります。その他、RCJ 電子部品信頼性（機能安全）調査委員会による機能安全セミナー、さらに例年通り、RCJ 故障物理委員会で行っている調査活動成果の報告を中心とした信頼性セミナーを開催します。

（4）機能安全セミナー
RCJ が運営している電子部品信頼性調査委員会（通称：機能安全調査委員会）メンバーによるセミナーです。機能安全の親規格（IEC 61508）の動向、FTA の実践方法、自動車用機能安全（ISO 26262）で必須の安全分析に使用する故障率ハンドブックの動向と使用例に焦点をあてたセミナーです。

（5）信頼性セミナー：「SiC パワー半導体の信頼性及び先端 LSI の NBTI と配線信頼性」
RCJ が運営している RCJ 故障物理委員会で行っている調査活動成果を中心に報告するものです。今回の信頼性セミナーは、実用化が先行している SiC パワー半導体と先端 LSI の NBTI と配線信頼性の故障物理、信頼性保証方法等の課題と解決策を中心に報告します。

また、好評を頂いております「信頼性・ESD対策技術展示会」を、12社のご協力により、2階小展示場で、EOS/ESD/EMC対策用資材、評価装置、故障解析サービスに特化した展示会を開催いたします。また、展示各社の技術・製品紹介を中心とした「ESD対策技術ワークショップ」を開催いたします。皆様の期待に応えるべく例年に比べより内容を充実させ各社準備を進めてきました。是非ご参加いただき、ご質問、ご相談がありましたら遠慮なく出展社スタッフにお申しつけ下さい。

以上のように、今年は参加者のお役に立つことを願い、多くの企画をいたしました。本シンポジウムは参加者の討論への積極的参加により支えられておりますので、皆様のご協力をお願い致します。

最後に、企画や会場を始め種々ご尽力頂いた運営委員会、実行委員会、関連TC国内委員会ならびに招待講演者、講師、発表者及び出展会社各位、さらに米国ESD協会、協賛諸団体の方々に心からお礼申し上げます。

令和5年11月

RCJ信頼性シンポジウム運営委員会
委員長　木村　忠正

2023 第33回 RCJ信頼性シンポジウム発表論文集

（EOS/ESD/EMCシンポジウム、電子デバイス・電子部品の信頼性シンポジウム）

2023 33rd RCJ Reliability Symposium

目　　次

第33回 EOS/ESD/EMCシンポジウム

開催日: 2023年11月9日（木） 9:45～17:30
会 場: 大田区産業プラザ 4階コンベンションホール

セッション名：「イオナイザー、静電気対策」　司会：小山 明（ソニーセミコンダクタソリューションズ(株)）		
（10:00~10:25）	33E-01	**「交流コロナ放電方式バー型イオナイザの誘導電圧抑制と除電能力向上の検討」** **山口 晋一*，中田江里子**，高橋 克幸**，高木 浩一**，永田 秀海*，榎本 洋介*，松本 頼興***，松本 亘弘*** ** （シシド静電気*，岩手大学理工**，松本技研***） …… 1
（10:25~10:50）	33E-02	**「深層学習を用いた純水スプレー時に発生する静電気量の推測手法の確立」** **清家 善之**（愛知工業大学） …… 6
セッション名：「イミュニティ」　司会：石塚 裕康（FDD株式会社）		
（10:50~11:15）	33E-03	**「誘導ESDによる過渡電磁界の特徴」** **本田 昌實**（(株)インパルス物理研究所） …… 10
（11:15~11:40）	33E-04	**「超高感度紫外線カメラを用いた放電エネルギー解析」** **大津 孝佳、大畑 怜央、位田 直弥**（沼津工業高等専門学校） …… 16
第32回ＲＣＪ信頼性シンポジウム優秀論文賞等表彰式（11:40~12:00）		
挨拶　**木村 忠正（電気通信大学名誉教授 ＲＣＪ信頼性シンポジウム運営委員長）**		
木村 忠正（電気通信大学名誉教授 ＲＣＪ信頼性シンポジウム運営委員長）		
＜優秀論文賞＞ **「高速ＩＦ向け信号端子におけるT-coilによるESDへの影響」** **加納 英樹、鈴木 輝夫**（(株) ソシオネクスト）		
休憩（12:00~13:00）		
セッション名：招待講演-1　司会：奥島 基嗣（ルネサスエレクトロニクス(株)）		
（13:00~13:30）	招待-1	**2022 RCJ EOS/ESD/EMCシンポジウム優秀論文** **「高速ＩＦ向け信号端子におけるT-coilによるESDへの影響」** **加納 英樹、鈴木 輝夫**（(株) ソシオネクスト） …… 21
セッション名：招待講演-2　司会：鈴木 輝夫（(株)ソシオネクスト）		
（13:30~15:00）	招待-2	**「ESD in advanced IC bonding technologies」** **Marko Simicic, Shane Lin, Nicolas Pantano, Frank Gijbels, Serena Iacovo, Shih-Hung Chen, Geert Van der Plas, Gerald Bayer, Eric Beyne**（IMEC） …… 29
休憩（15:00~15:15）		
セッション名：招待講演-3　司会：澤田 真典（阪和電子工業(株)）		
（15:15~16:15）	招待-3	**「直接放電試験の信頼性向上のためのTLP-HMM適用事例・課題とその改善検討」** **矢野 佑典**（名古屋工業大学 大学院工学研究科） …… 39

セッション名：「測定・システムレベル」　司会：　若井 伸之（東芝デバイス&ストレージ（株））、 **佐土原　秀樹**（東京電子交易(株)）		
（16:15~16:40）	33E-05	**「自動CBE試験装置による放電波形解析」** ***澤田 真典、**福田 保裕、*三浦 秀明、*坂下 雄大** （*阪和電子工業株式会社 ** ESD コンサルタント） 51
（16:40~17:05）	33E-06	**「帯電ケーブルの放電モデル（Wire Harness Discharge model）」** **木之田 博　中村 裕広　鈴木 浩一 [*1)] 高野 修平　矢島 雄三　福田 康博 [*2)]** （[*1)]宇宙航空研究開発機構、[*2)]三菱電機株式会社） 55
（17:05~17:30）	33E-07	**「TVSを用いた高速伝送路の設計注意点と最適化設計」** **○河西　基文*、西尾　彰展**** （*Semtech Japan 合同会社、**EIZO株式会社） 61

開催日：　２０２３年１１月１０日（金）　９：３０～１７：００

会　場：　４階コンベンションホール（A会場）

セッション名：「モデリング技術」セミナー　司会：　徳永　英晃（パナソニックインダストリー(株)）		
（9:30~10:30）	セミナー	**「モデルベースによるEMCフロントローディングを加速するモデリング技術」** **嶌末 政憲**（株式会社モーデック） 69
休憩（10:30~10:45）		
セッション名：「基板・モジュールの静電気対策」セミナー　司会：　松本　雅俊（RCJ）		
（10:45~11:15）	セミナー 1	**「基板・モジュール静電気対策委員会活動概要及びセミナー趣旨」** **福田 保裕**（RCJ基板・モジュール静電気対策委員会　委員長） 77
（11:15~12:00）	セミナー 2	**「基板モジュールレベルの静電気障害分類、取り扱いにおけるESD障害/CBE現象の分析」** **福田 保裕**（RCJ基板・モジュール静電気対策委員会　委員長） 83
休憩（12:00~13:00）		
セッション名：「基板・モジュールの静電気対策」セミナー　司会：　奥島　基嗣（ルネサスエレクトロニクス(株)		
（13:00~13:45）	セミナー 3	**「工程におけるCBE取扱い方法」** **板垣　達也**（（株）東芝　生産技術センター） 91
（13:45~14:30）	セミナー 4	**「基板/モジュールレベルにおけるESD保護素子部品の選定方法とその注意点」** **河西　基文**（Semtech Japan 合同会社） 98
休憩（14:30~14:45）		
セッション名：「基板・モジュールの静電気対策」セミナー　司会：　澤田　真典（阪和電子工業(株)）		
（14:45~15:30）	セミナー 5	**「基板モジュールレベル、ESD耐性とノイズ耐性との関係調査」** **徳永　英晃**（パナソニックインダストリー(株)） 106
（15:30~16:15）	セミナー 6	**「半導体ICのコンポーネントレベルESD保護設計が基板・モジュールレベルESD保護設計へ与える影響と注意点」** **奥島　基嗣**（ルネサスエレクトロニクス(株)） 115
休憩（16:15~16:30）		
セッション名：「基板・モジュールの静電気対策」セミナー **司会：福田 保裕**（RCJ基板・モジュール静電気対策委員会　委員長）		
（16:30~17:00）	セミナー 7	**「パネルディスカッション」** **講師全員**

第33回　電子デバイス･電子部品の信頼性シンポジウム

機能安全セミナー

開催日：　２０２３年１１月9日（木）　１３：１５～１７：１５
会　場：　４階コンベンションホール（B会場）

司会　塩野　登（RCJ）	
(13:15~14:45)	**「IEC 61508 の改訂状況と住宅環境における協調システム（連携接続安全関連系）の機能安全規格の動向」** **佐藤　吉信** （元東京海洋大学教授、機能安全調査委員会委員長）…… 125
(14:45~15:00)	休憩
(15:00~16:00)	**「危険事象の生起が故障の生起順序/ハザードに依存するシステムの FTA」** **柴垣　光男** （日本信頼性学会安全学研究会）…… 135
(16:00~17:15)	**「ISO 26262 のハードウエアの機能安全分析手法と分析に使用する故障率ハンドブックの動向」** **塩野 登**　（RCJ）…… 146

開催日：　２０２３年１１月１０日（金）　１０：３０～１７：００
会 場：　４階コンベンションホール（B会場）

セッション名：「故障解析、積層セラミックコンデンサ信頼性」　司会：　塩野 登　（RCJ）		
(10:30~11:00)	33S-01	**「オージェ電子分光法を用いたSn化学状態分析事例」** **八巻 潤子[a], 荒川 史子[a], 為我井 晴子[a], 泉田 康彦[a], 津久井 博之[a]** **堤 建一[b], 鍋島 冬樹[b], 伊木田 木の実[b]** a)ルネサスエンジニアリングサービス株式会社, b)日本電子株式会社 …… 165
(11:00~11:30)	33S-02	**「積層セラミックコンデンサ のクラック発生による電気的特性の変化」** **宮竹 政実**（(株) スタッフサービス エンジニアリング事業本部）…… 169

信頼性セミナー 「SiCパワー半導体の信頼性及び先端LSIのNBTIと配線信頼性」

司会：　**塩野 登**　（RCJ）	
(13:00~13:15)	**「故障物理委員会活動状況」** **木村　忠正**（故障物理委員会委員長　電気通信大学）…… 175
(13:15~14:00)	**「4H SiCパワーMOSFETのゲート酸化膜起因信頼性」** **木村　忠正**（故障物理委員会委員長　電気通信大学）…… 176
(14:00~14:45)	**「SiCデバイスの閾値電圧測定方法とAC-BT試験規格の紹介」** **瀬戸屋　孝**（RCJ）…… 192
(14:45~15:00)	休憩
司会：　**木村　忠正**（故障物理委員会委員長、電気通信大学）	
(15:00~15:45)	**「パワー半導体パッケージングの信頼性評価方法と信頼性」** **塩野 登**　（RCJ）…… 202
(15:45~16:30)	**「NBTI劣化モデルの最新動向と最先端CMOSデバイスのBTI信頼性」** **大日方 浩二**（ソニーセミコンダクタソリューションズ（株））…… 212
(16:30~17:15)	**「Beyond 2nm の配線に求められる信頼性」** **横川 慎二**　（電気通信大学）…… 220