

シリコンパワーデバイス・パワーIC の 更なる進化および新材料パワーデバイスの 進展

シリコンならびに新材料パワーデバイス・パワーIC
技術調査専門委員会編

目 次			
1. はじめに	3	4. Si バイポーラ素子	43
		4.1 はじめに	43
2. パワーIC	4	4.2 IGBT	43
2.1 パワーIC 開発の概要と位置づけ	4	4.3 ダイオード(FWD)	49
2.2 低耐圧パワーIC の性能改善	11	4.4 サイリスタ	51
2.3 高耐圧パワーIC の性能改善	19	4.5 周辺技術：解析・シミュレーション	53
2.4 その他のインテグレーション技術	25	4.6 パッケージと実装技術	57
		4.7 まとめ	58
3. パワーMOSFET	27	5. ワイドバンドギャップパワーデバイス	59
3.1 はじめに	27	5.1 はじめに	59
3.2 トレンチフィールドプレート MOSFET	28	5.2 SiC パワーデバイス	59
3.3 スーパージャンクション (SJ) MOSFET	31	5.3 GaN パワーデバイス	63
3.4 横型構造パワーMOSFET	33	5.4 ダイヤモンドデバイス, 他	66
3.5 ホットキャリア対策の動向	36		
3.6 その他の動向	40		

シリコンならびに新材料パワーデバイス・パワーIC 技術調査専門委員会委員

委員長	岩室	憲幸(筑波大学)
幹事	九里	伸治(新電元工業(株))
幹事	齋藤	渉(株)東芝)
幹事補佐	山地	瑞枝(新電元工業(株))
委員	青木	正明(慶応義塾大学)
	赤木	泰文(東京工業大学)
	池田	成明(古河電気工業(株))
	石黒	毅(アイスマステクノロジー・システムズ(株))
	稲田	正樹(京セラ(株))
	上本	康裕(パナソニック(株))
	大西	泰彦(富士電機(株))
	大村	一郎(九州工業大学)
	小野田	道広(会津富士通セミコンダクター・マニュファクチャリング(株))
	鹿内	洋志(サンケン電気(株))
	坂野	順一(株)日立製作所)
	清水	尚博(名古屋大学)
	白石	正樹(株)日立製作所)
	白木	聡(株)デンソー)
	西脇	克彦(トヨタ自動車(株))
	西脇	達也(株)東芝)
	畑迫	健一(産業技術短期大学)
	坂東	章(昭和電工(株))
	平岩	篤(早稲田大学)
	藤井	宏基(ルネサスセミコンダクターMFS)
	松本	聡(九州工業大学)
	三浦	喜直(ルネサスシステム・サービスイン(株))
	湊	忠玄(三菱電機(株))
	宮澤	哲哉(電力中央研究所)
	矢野	浩司(山梨大学)
	山崎	みや(オリジン電気(株))
	山下	侑佑(株)豊田中央研究所)
	吉野	学(三菱電機(株))

途中退任	江口	博臣(トヨタ自動車(株))
委員	小西	正樹(トヨタ自動車(株))
	鈴木	嘉之(会津富士通セミコンダクター・マニュファクチャリング(株))
	土田	秀一(電力中央研究所)
	新田	哲也(ルネサスセミコンダクターMFS)
	藤原	広和(トヨタ自動車(株))
	山内	経則(西日本工業大学)

1. はじめに

地球規模での環境保全とエネルギー有効活用への機運の高まりの中で、最も環境負荷の小さな、電気エネルギー（電力）を効率良く使うことが不可欠となっており、電力変換装置のキーデバイスであるパワーデバイス・パワーICの性能改善と高機能化が強く求められている。

シリコンならびに新材料パワーデバイス・パワーIC 技術調査専門委員会では、このようにますます重要度を高めるパワーデバイス・パワーIC について、その研究・技術開発動向を把握、さらには今後取り組むべき課題を議論し方向性を指し示す事に重点を置き調査研究を3年間行ってきた。

同期間中に30回の調査専門委員会を開催し、30件以上の技術ヒアリングを行った。また、本技術領域と関連が深い半導体電力変換部門と、大学・企業間の技術交流を活性化させる事を主眼とし合同研究会を企画し、2014年度は産業技術総合研究所、2015年度は長崎大学、2016年度は九州工業大学にて開催、各年度とも延べ200名を超える参加者を頂き、各回とも盛況のうちに終える事が出来た。さらに、活動内容報告の一環として電気学会論文誌C部門誌（30周年記念）に解説論文2件を投稿し掲載された（2017年1月、2月号掲載）。

本技術領域の国際会議である ISPSD が2017年5月に札幌で開催が予定されており、当該委員会が運営側、発表側両面で深くかかわり、準備を進めてきた。

以上の活動を通じ、以下の事が明らかとなった。

この3年間において、シリコンをベースとしたパワーデバイス・パワーIC では各特性での性能向上と共に、各用途に応じた最適化がさらに高度化され、学術面ではデバイス内部の動的な挙動、信頼性等を様々な手法で詳細に解析し理論的に解明する動きが活発になっており、全体としては技術の成熟と深化、そして多様化が一層進んだ。一方、新材料パワーデバイスでは、シリコンカーバイド（SiC）パワーMOSFET の市場投入が進み、その高性能化が実製品に反映し始めている。具体的にはトレンチ MOSFET による低オン抵抗化の進展である。今後はこの性能を活かしきる回路技術、実装技術が発展すると考えられる。窒化ガリウム（GaN）においても High Electron Mobility Transistor (HEMT) の量産化が始まったが、ノーマリーオフ化ならびに信頼性確保等これから改善すべき技術課題を多く残しており、今後の技術進歩が強く期待されている。

本報告書では以上のように進展著しいパワーデバイス・パワーIC 技術につき、2016年度までの直近の3年間を中心として技術動向をまとめたものである。本報告書が読者の参考に供することができれば幸いである。

（岩室）