

# 大変革を遂げている パワーデバイス開発

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. ダイオード	22
2. IGBT	4	4.1 はじめに	22
2.1 はじめに	4	4.2 近年の開発動向概要	22
2.2 IGBT 開発の概要と位置づけ	4	4.3 最近のトピックス	22
2.3 IGBT の性能改善	5	4.4 アプリケーション動向	26
2.4 実装・パッケージ技術	8	4.5 今後の課題	27
2.5 破壊耐量と信頼性	10	5. SI デバイス	29
2.6 アプリケーションの変化	12	5.1 はじめに	29
2.7 まとめと今後の展望	13	5.2 最近確認された SI デバイスの特徴	30
3. パワーMOSFET	16	5.3 SI デバイスの応用事例と今後の見通し	33
3.1 はじめに	16	6. 横型パワーデバイス	35
3.2 トレンチ MOSFET (低圧 MOSFET) 技術	16	6.1 はじめに	35
3.3 スーパージャンクション (高圧 MOSFET) 技術	17	6.2 ディスクリットデバイス	35
3.4 アプリケーション	19	6.3 パワーIC	44
3.5 その他のトピックス	19	6.4 まとめ	52
		7. SiC 及び GaN 素子化技術の進展	55
		7.1 はじめに	55
		7.2 SiC 素子	55
		7.3 GaN 素子	61

## 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	関 康和 (富士日立パワーセミコンダクター株式会社)
幹 事	四戸 孝 (株式会社 東芝)
	高田 育紀 (三菱電機株式会社)
幹事補佐	岩室 憲幸 (富士日立パワーセミコンダクター株式会社)
委 員	菅井 昭彦 (新電元工業株式会社)
	石黒 毅 (アイスマステクノロジー・ジャパン株式会社)
	大川 克実 (三洋電機株式会社)
	宇野 利彦 (松下電器産業株式会社)
	武市 英司 (沖電気工業株式会社)
	木村 雅和 (静岡大学)
	濱田 公守 (トヨタ自動車株式会社)
	寺島 知秀 (三菱電機株式会社)
	大村 一郎 (株式会社 東芝)
	疋田 耕一 (サンケン電気株式会社)
	戸倉 規仁 (株式会社 デンソー)
	赤木 泰文 (東京工業大学)
	正田 英介 (東京理科大学)
	土田 秀一 (財団法人 電力中央研究所)
	松本 聡 (NTT 株式会社)
	藤本 慎治 (日本インター株式会社)
	高尾 典行 (NEC エレクトロニクス株式会社)
	小澤 秀清 (富士通 VLSI 株式会社)
	齋藤 隆一 (株式会社 日立製作所)
	山崎 みや (オリジン電気株式会社)
	清水 尚博 (日本ガイシ株式会社)
	福田 憲司 (独立行政法人 産業技術総合研究所)

### 途中退任委員

出崎 一石 (半導体研究振興会 半導体研究所)
松田 秀雄 (株式会社 東芝)
羽路 伸夫 (横浜国立大学)
篠原 信一 (オリジン電気株式会社)

## 1. はじめに

パワーデバイス・パワーIC 技術調査専門委員会では、急激に変化するパワーデバイスの技術動向を探り、次世代に向けて取り組むべき課題を明確にすることを目的とし、2002年4月から3年間にわたり調査研究を実施した。特に、MOSFET や IGBT などのデバイスまた新材料としての SiC など、進展の激しい技術動向に重点をおいて調査を進めてきた。同期間中約30回の調査専門委員会の開催と各分野の専門技術者からのヒヤリング、各委員による調査活動を行なった。活動の総まとめとして、2005年9月には電気学会 C 部門大会でのシンポジウムにおいてこの3年間の活動調査結果を報告した。

2002年には高知大学で、2003年には山口大学で、2004年には鹿児島大学でそれぞれ合同研究会を開催した。それぞれ各分野の研究者から最新技術動向の発表がなされ、活発な議論を展開することが出来た。2004年6月にはパワー半導体国際会議 (ISPSD'04) が北九州市小倉にて開催され、この開催についても当該委員会が強力にバックアップし大きな成功をおさめることができた。

以上の活動を通じて下記のことが明らかになった。この3年間においてパワーデバイスは大きな変革期にあり、激しい発展が認められた。特に IGBT では、プロセスの薄ウエハ化をさらに進化させたフィールドストップ型 IGBT の製品化などの革新的な技術の量産化が図られて、いよいよ理論限界に近い特性が得られるまでになった。

MOSFET では、更に微細化が進んだことは言うまでもないが、超接合構造の MOSFET が実用化されるに至り、耐圧クラス 100V～700V においてシリコン限界を超える  $R_{on} \cdot A$  が実現されてきた。

新材料としては SiC だけでなく GaN がパワーデバイスへの適用を鮮明化させ、特に SiC に関してはいよいよ実用化が図られるまでに進展し、ますますその可能性を強めた感がある。

本報告書は以上述べた著しい変化を示したパワーデバイスの他にダイオードやその他のパワーデバイスについてもその動向を纏めている。さらにデバイスそのものばかりでなく、デバイスの信頼性についても最新の調査報告結果を纏めた。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。