

Semiconductors／次世代半導体：パワー化合物半導体

日本の視点：

注目されるパワー化合物半導体の市場予測とSiCパワー半導体における変化点

はじめに

パワー化合物半導体は、自動車・産業機器・電力・鉄道などさまざまな機器の制御に使用されている。カーボンニュートラルに向けた電化社会にとって、これらの機器の省電力化は極めて重要であり、グローバルな規模で戦略物資として注目されている。日本の半導体メーカーはこの分野での技術競争力を維持しており、本稿では、日本の視点から、同市場の予測と特にシリコンとSiC（シリコンカーバイド）パワー半導体の変化点について予見を述べていきたい。

パワー化合物半導体の市場予測とSiCパワー半導体各社の動き

グローバル版では、高出力パワー半導体の材料であるGaN（窒化ガリウム）とSiCで作られたチップの2023年の売上高は33億米ドルで、22年から40%近く増加すると予測している。

とりわけSiCパワー半導体がサーバ電源、EV、充電インフラなどの用途で需要が拡大し、市場の注目度は高い。

SiC世界シェア上位のグローバル企業と日系メーカーの動きをそれぞれ見てみたい。

まず、グローバル企業の上位メーカーを見ると、ST Microelectronicsは、19年にSiCウエハメーカーのNorstelを買収し¹、材料からの一貫体制整備に注力している。20年にはローム²、21年にはWolfspeed製品によりSiC技術を牽引するCreeと既存のSiCウエハの複数年におよぶ長期供給契約を締結している³。一方、イタリア・カタールにウエハ工場を新設するなど5年間で7.3億ユーロの設備投資を行い、2024年までにSiCウエハの40%の内製化目標を掲げている⁴。当面は6インチウエハの製造を行うことになっているが、将来は8インチへと大口径化する予定である⁵。

Wolfspeed（Cree）は自社でSiCウエハとデバイスを生産している。ST Microelectronics以外にも、Infineonへも戦略的長期供給契約を締結している⁶。また23年2月にSiCデバイスの新工場をドイツ西部のザールランド州に建設する計画を発表している。ドイツ政府や自動車1次サプライヤーのZFから数億ドルの資金援助を受け、戦略的パートナーシップ締結を発表した。このドイツの工場も含めての一連の設備投資額は65億ドルに上る⁷。

Infineonは材料の損失を最小限に抑えながら結晶材料を効率的に処理するCold Split技術を保有するSilectraを買収している⁸。現在はWolfspeed以外にもGT Advanced Technologies⁹、昭和電工¹⁰からSiCウエハの供給を受けている。また、パワー半導体（SiC/GaN）の前工程生産能力を増強することを目的に20億ユーロ以上を投じ、マレーシアのKulim工場に第3製造棟を新設することを発表している¹¹。

一方、日系メーカーの中でトップを走るロームは09年にSicrystalを買収し、ST Microelectronics同様材料からの一貫体制整備に注力している¹²。最大1,700億円を投資し、25年度に売上1,000億円以上、生産能力を21年度から22年度比6倍に高め、世界シェア30%の目標を掲げている¹³。

富士電機は、パワー半導体の生産拠点の一つである富士電機津軽セミコンダクタにおけるSiCパワー半導体の増産に向けた設備投資を決定し、24年度に量産を開始する計画である¹⁴。中期経営計画においては8インチシリコンウエハ対応の前工程生産ラインの増強を中心にパワー半導体関連で合計1,200億円の設備投資を実施する計画を公表していたが、今回の津軽工場でのSiCパワー半導体生産ライン構築を含めた追加投資として最大1,900億円まで拡大する見通しである¹⁵。グローバル・日本メーカーの動きを見てもわかる通り、今後のさらなる需要拡大に備え、SiCウエハ供給元を確保すること、大口径化はパワー半導体メーカーにとっても極めて重要な課題となっている。また各社積極的な設備投資をおこなっており、日系メーカーはこの投資競争で勝ち抜くことも論点の一つであろう。

シリコンとSiCパワー半導体の変化点

ここまで、市場予測と半導体メーカー各社の動きをみてきたが、最後にシリコンとSiCパワー半導体の変化点についても考えてみたい。

<ウエハ調達>

SiCウエハはシリコンウエハの8倍以上の絶縁破壊電圧強度を有していることに加え、熱伝導性や電力変換効率などの性能面においてもシリコンウエハの特性を上回っている。

コストの約半分を占めるウエハ製造の大半がWolfspeed、II-VI、SiCrystal（ローム）などにより寡占されているため、各社は生産量を増やすための投資を積極的に行っているが、現状は圧倒的に米国勢が強く、ウエハ安定供給及びコストの面は非常に重要な要素である。

<ウエハの大口径化>

欧州ではシリコンウエハの12インチ化がすでに進んでおり、日系メーカーでも今後の需要増に対応するために検討が進められている。一方でSiCウエハは8インチ化の動きが進んでいるが、生産ラインの自動化や応力コントロールなどの課題が残る。応力コントロールについてはエピ膜成長やスパッタリング工程などでウエハの反りが発生すると次のプロセスに供給できなくなることから、歩留まり低下対策のためプロセスモニタリングなどが必要となる。シリコンは日系メーカーが大口径化に出遅れたが、SiCに関しては日系メーカーが大口径化の波に遅れないようグローバル企業に匹敵する投資規模が必要である。

最後に

日本の半導体メーカーはこの分野での技術競争力を維持しており、今後もさらなる需要拡大に備えた積極的な投資や研究開発を行っていくだろう。一方で、SiC ウェハ事業への参入障壁は高く、現在もごく限られた数の企業のみがパワーデバイスメーカー向けのSiC ウェハを量産でき、EV業界から求められる厳しいデバイス要件に対応できると考えられるが、SiC パワーデバイスに必要なサプライチェーンを構築する能力に対しては疑問が残るだろう。特にSiC ウェハの国内調達には困難であるため、SiC ウェハメーカーの囲い込みやスケールメリット創出によるコスト削減のためのパワー半導体メーカー同士の再編、シリコンウェハの大口径化や歩留まり改善のための新規設備投資による製造能力の強化など国内パワー半導体メーカーのシェア奪還のために今後、M&Aやさらなる設備投資などの大胆な施策が必要になるだろう。

1. STマイクロエレクトロニクス、SiCウェハ・メーカーであるNorstel ABの買収を完了、STマイクロエレクトロニクス, 2019/12/2: https://www.st.com/content/st_com/ja/about/media-center/press-item.html/c2930.html
2. ロームグループSiCrystalとSTマイクロエレクトロニクスが、シリコンカーバイド (SiC) ウェハの数年にわたる供給に合意、STマイクロエレクトロニクス, 2020/1/15: <https://newsroom.st.com/ja/media-center/press-item.html/c2936.html>
3. Cree | WolfspeedとSTマイクロエレクトロニクス、150mm SiCウェハ供給契約の拡大を発表、STマイクロエレクトロニクス, 2021/8/17: <https://newsroom.st.com/ja/media-center/press-item.html/c3026.html>
4. STマイクロエレクトロニクス、イタリアに統合型SiCウェハ工場を新設、STマイクロエレクトロニクス, 2022/10/5: <https://newsroom.st.com/ja/media-center/press-item.html/c3124.html>
5. STMicroがパワー半導体向けSiCウェハの工場をイタリアに新設、欧州初、日経クロステック, 2022/10/18: <https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/news/18/13938/>
6. インフィニオン、シリコンカーバイド専門企業のシルテクトラを買収、Infineon, 2018/3/16: <https://www.infineon.com/cms/jp/about-infineon/press/press-releases/2018/INFXX201802-035.html>
7. ウルフスピードが大規模SiC新工場をドイツに建設、27年生産開始、日経クロステック, 2023/2/28: <https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/news/18/14642/>
8. インフィニオン、シリコンカーバイド専門企業のシルテクトラを買収、Infineon, 2018/12/7: <https://www.infineon.com/cms/jp/about-infineon/press/press-releases/2018/INFXX201811-016.html>
9. インフィニオン、GT Advanced Technologiesと共同でシリコンカーバイドの供給基盤を拡大、Infineon, 2020/11/9: <https://www.infineon.com/cms/jp/about-infineon/press/press-releases/2020/INFXX202011-014.html>
10. パワー半導体向けSiCエピタキシャルウェハについて Infineon Technologiesと販売および共同開発契約を締結、昭和電工, 2021/5/6: <https://www.resonac.com/jp/news/2021/05/06/294.html>
11. InfineonがマレーシアにSiC/GaNデバイス工場を新設、投資額は20億ユーロ以上、TECH+, 2022/2/18: <https://news.mynavi.jp/techplus/article/20220218-2275890/>
12. ローム: シリコンカーバイド半導体ウェハ会社買収ーシーメンスから、Bloomberg, 2009/9/29: <https://www.bloomberg.co.jp/news/articles/2009-09-29/KQQ2NG1A74E901>
13. ローム、SiCパワー半導体の生産能力4年で6倍にー松本社長、Bloomberg, 2022/6/8: <https://www.bloomberg.co.jp/news/articles/2022-06-08/RD3LYJDWLU6801>
14. SiCパワー半導体の増産に向けた設備投資について、富士電機, 2022/1/27: <https://www.fujielectric.co.jp/about/news/detail/2022/20220127150040226.html>
15. 富士電機、津軽工場でのSiCパワー半導体設備投資を決定、EE Times Japan, 2022/1/28: <https://eetimes.itmedia.co.jp/ee/articles/2201/28/news069.html>

著者



武市 吉央
Yoshio Takechi

デロイトトーマツ コンサルティング
合同会社
シニアマネジャー

半導体メーカーの商品企画を経て現職。

半導体、電子部品、エレクトロニクス業界で経験多数。

新規事業モデルの構築、事業戦略構想支援、スマファク構想策定などに係るビジネスコンサルティングの実績・経験を持つ。

編集メンバー

栗山 大成
Taisei Kuriyama

デロイトトーマツ コンサルティング
合同会社
コンサルタント

監修

植松 庸平
Yohei Uematsu

デロイトトーマツ コンサルティング
合同会社
執行役員

