

巻頭言

ワイドギャップ半導体の進化を振り返って

昭和 62 年卒 パナソニック インダストリー株式会社 技術本部 副本部長 上 田 哲 三



この度、巻頭言執筆の依頼があり、私などで大丈夫かと思いつながら、母校である京都大学電気系教室の学生皆さんに、私自身の経験をもとに何かしらのメッセージをお伝えしたいと思い、僭越ながら執筆させて頂くこととした。

まず表題のワイドギャップ半導体について、簡単に説明をしておく。昨今、ニュースで話題になることが多い半導体であるが、我々の周りで使われているものはそのほとんどが Si (シリコン) である。一方で 2 種類以上の元素で構成されている半導体を化合物半導体と呼ぶ。また、半導体にはバンドギャップ (禁制帯幅) という材料定数があり、これが大きいほど高温・高電圧の動作に優れている。ワイドギャップ半導体とは、このバンドギャップが大きく熱的に安定で大電力動作に適した半導体材料を指し、パワー半導体としての実用化が期待される SiC (炭化ケイ素) や GaN (窒化ガリウム) がその代表例である。GaN に関しては Si で不可能な可視域での発光が実現でき、既に LED (発光ダイオード) として広く実用化されている。

私は京都大学電気系教室で松波弘之先生のご指導の下、1987 年より SiC の研究に関わることとなった。その後入社したパナソニックでは GaN の研究開発・事業化を担当し、計 35 年にわたり、化合物半導体、ワイドギャップ半導体に関する仕事をさせてもらっている。時系列で振り返ってみたい。

京都大学で私が取り組んだのは SiC の結晶成長であった。当時、大きな技術ブレイクスルーである「ステップ制御エピタキシー」という結晶成長法が京都大学で見いだされており、私はその技術を再現性を含め確立することを託された。その当時、結晶成長に使う SiC 基板は親指の爪ほどの大きさしかなく、私はそれを研磨して結晶成長に使う基板に仕上げ、その上に結晶成長を行うことを続けた。電気工学とは少し距離を置き、日々研磨に明け暮れた日々ではあったが、良い結晶成長ができた時の喜びは格別で、大変楽しく仕事をしていたのを今でも覚えている。「ステップ制御エピタキシー」では SiC 基板を斜めに研磨することで、その上に成長する SiC の結晶性が大きく向上することが特長である。実験を進めた結果、良好な結晶を得るために必要な研磨の角度と方向を見出すことができた。SiC は現在、各種電源や EV (電気自動車) で用いられており、全てこの研磨角度と方向を採用していると聞く。それから 30 年以上が経ち、基板の大きさは 6 インチ径 (150mm 径) にまで大きくなった。以降、松波先生、木本恒暢先生のリーダーシップの下、優秀な研究室メンバー皆さんの頑張りで、ここまで来たと思うと大変誇らしく思う。私自身も、2013 年よりパナソニックで SiC パワーデバイス開発責任者を担当することとなった。基礎研究から事業化まで全て担当できたのは大変ありがたい話である。

私は修士課程を修了後、1989 年にパナソニック (当時 松下電器産業) へ入社した。半導体の研究開発に携わりたいという思いで入社したのだが、メインストリームの Si でなく化合物半導体である GaAs (ガリウムヒ素) を選択した。入社に先立ち、松波先生からは「企業では尖った石になれ」というメッセージを頂いた。パナソニックでは、その教えを守り、ある意味好き勝手言わせてもらった結果として、工場立ち上げ、米国留学と様々な経験をさせてもらった。私の会社人生でもっとも重要であったと思うの

が、この米国留学、1995年にスタンフォード大学で GaN の結晶成長を始めたことである。SiC の結晶成長を経験した自分にとっては、何か良く似た材料ということがすぐに理解できた。同じ結晶形であり屈折率等の材料物性も近かったのも、表面の様子は本当に似ていた。GaN 基板というものがなく、異種基板上であったので再現性という意味では SiC より難しいとも感じた。その頃、後にノーベル賞受賞者となられた UC サンタバーバラ校 中村修二先生（当時 日亜化学）とお話をする機会が何回かあった。先生は「結晶を見せてもらえれば全て分かりますから」と自信満々に語っておられた。私もその領域に到達しようと日々頑張っていて結晶成長を続けたものである。その後、GaN 基板のベンチャー企業設立に関わったが、米国駐在が6年を超えた段階で日本へ帰国することになった。米国でグローバル技術者と接し、いわゆるベンチャー精神を学んだ私は、帰国後 GaN を用いた光デバイス、パワーデバイスと様々なデバイス開発に全力で取り組んだ。GaN パワーデバイス開発では Si 基板上の結晶成長から開始し、多くの技術課題を新しいデバイス構造の提案で解決した。スイッチング応用に向けての GaN パワーデバイスはその実用化が最近始まり、PC やスマートフォン用の超小型充電器での採用が加速されている。パナソニックでの GaN パワーデバイス開発を振り返って、その源流に京都大学で学んだ結晶成長、そして研究に関する基本的な考え方があることは間違いない。多くの優れた諸先輩・後輩のご指導・ご協力も頂いた。心から感謝したい。

本稿では私自身の経験をもとにワイドギャップ半導体の進化を振り返ったが、ワイドギャップ半導体の研究開発では非常に多くの進展があった30年であった。日本では「失われた30年」という人が多い。しかしながら、私自身が目にしたワイドギャップ半導体の進化は非常に大きなものであり、加えてこれらはいずれも日本発のものであった。ワイドギャップ半導体という意味では、日本が「大きく成長した30年」だったのである。SiC は親指の爪の大きさであったものが、今では150mm 径で実用化されている。GaN は電球・蛍光灯を置き換え、白色 LED 照明としてどの家庭にも存在することとなった。GaN を用いた小型の充電器もさらに使われることになる。これらの実用化に際しては、京都大学電気系教室、そして卒業生が寄与した部分が大きいと思う。

私の30年を振り返っただけでも、以上の通り大きな変化があった。これからの未来ではさらに大きな変化が予想される。京都大学電気系教室の皆さんには、将来の日本そして世界を支えるという気概・自信を持って、さらに世の中を変える技術・事業を創り上げてもらうことを期待したい。私自身も人生100年時代に向け、まだまだ若い皆さんと競いながら頑張っていこうと考えている。