

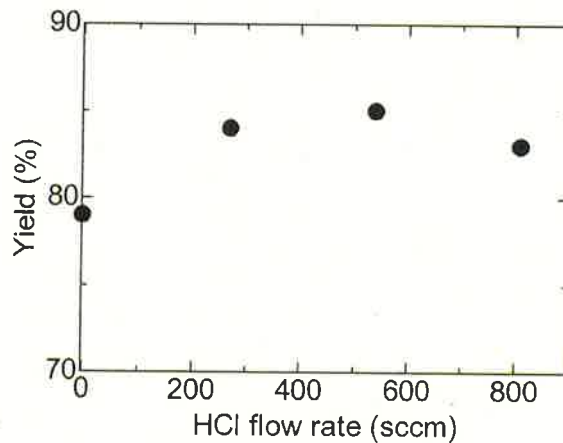
次世代パワー半導体 SiC の低オフ角エピタキシャル成長技術開発

産業技術総合研究所 研究員 升本恵子



次世代パワー半導体 SiC は、電力変換時の高効率化を可能とするため、CO₂ 排出抑制のキーデバイスとして注目を集めている。SiC は、様々な結晶多形が安定であり、パワー半導体には 4H-SiC が用いられている。SiC エピタキシャル成長では、異なる結晶多形である 3C-SiC の混入（3C インクルージョン）を抑制するために、結晶面と基板表面に角度（オフ角）を設ける必要があり、現在は、4 度オフ基板が用いられている。しかし、この 4 度オフ基板を用いた現状の SiC デバイスは、通電劣化を起こすことがあり、この問題が、自動車や変電所などへの適応のネックとなっている。通電劣化の原因はエピタキシャル膜中に存在する基底面転位であることが分かっており、基底面転位密度低減のためには、低オフ角化が有効であることが分かっている。低オフ角エピタキシャル成長では、3C インクルージョンが発生しやすくなるため、3C インクルージョンの抑制が最も重要な課題となる。本研究では、究極の低オフ角であるオフ角がない on-axis 基板上に成長したエピタキシャル膜において、3C インクルージョンの抑制を試みた。これまでに、on-axis 基板を用いたエピタキシャル成長において、成長開始時の原料ガスの流量調整等の成長条件の最適化により 3C インクルージョン密度が低減したが、7 cm² という実用化は困難な高い密度であった。

今回、3C インクルージョン発生の一因と考えられる装置内のパーティクルを抑制するために装置部材の見直しを行った。次に、4H-SiC に対して 3C-SiC を選択的にエッチングすることで 3C インクルージョンを抑制できると考え、エッチングガスとして HCl を添加して成長を行い、効果について検証した。その結果、装置内の炭素部材から発生する炭素の粉が 3C インクルージョンの発生原因になっており、材質の変更や炭素部材のコーティングにより、3C インクルージョン密度を 1 cm² まで大幅に低減できることを見出した。また、HCl 添加を行うと、発生した 3C インクルージョンを選択的にエッチングすることにより 3C インクルージョンの広がりを抑え、歩留りを 85% まで向上させられることを見出した。



図：HCl 流量と歩留りの関係