



2024年度 助成 海外調査研究終了報告書

渡航目的	ポーランドワルシャワで開催される ECCG-8 にて研究成果を口頭発表ならびにヤフランカでの学会付属のサマースクールに参加するため。
渡航日程と 海外での成果 (発表・調査など)	<p>【渡航日程】</p> <p>・7/16 - 7/21 ESCG-4 (Jachranka, Poland) ・7/21 - 7/25 ECCG-8 (Warsaw, Poland)</p> <p>【成果】</p> <p>ESCG-4 では座学にて講義を受講した。ここでは結晶成長の基礎から、Bulk crystal、nanocrystal growth などのメカニズムについて幅広い講座が開講され、その授業の全てに出席した。特に、結晶成長は種類によって thermodynamic と kinetics のどちらの影響が大きいかわ異なるという講義が興味深かった。我々の LPE 成長は thermodynamic が支配的なため、比較的シンプルな凝固シミュレーションで再現可能だったと分かった。他参加者のポスターでは III-V 族半導体の気相成長等、今後の研究に関連する最新の内容を聞くことができた。</p> <p>ECCG-8 においては、「Liquid phase epitaxy of SiGe films using printing and firing」というタイトルで口頭発表を行った。質問も二ついただき、複数の聴講者から興味を持っていただいた。他参加者の発表では、X 線回折を利用した貫通転位評価に関する内容が興味深かった。本研究の傾斜組成 SiGe 薄膜に対しては、組成ごとのロッキングカーブ測定を行うことで、膜厚方向の貫通転位分布を推定することが可能ではないかと考えた。</p> 
研究内容の概要	<p>一般的な結晶 Si 太陽電池は Si のバンドギャップに対応した波長の光しか吸収できないため、約 29%の理論限界効率が存在する。一方、多接合型太陽電池は異なるバンドギャップを持つ材料を複数組み合わせることにより、結晶 Si 太陽電池を超える高効率化が可能である。しかし、ボトムセルに利用される Ge 基板が非常に高価なため、宇宙用途に限定され大規模な普及には至っていない。従来は、安価な Si 基板を利用したウエハー接合や機械的スタッキング等の手法が用いられてきたが、大規模な真空装置が必要のため、どちらも量産化には向かない。そこで、我々は「非真空下で塗って焼くだけ」の独自プロセスにより、簡便かつ大面積に Si 基板上に SiGe 薄膜を成長させることで、Ge 代替基板の作製に取り組んでいる。^[1-3] しかし、太陽電池用ボトムセル応用のためには、より高 Ge 組成で結晶欠陥の少ない SiGe 薄膜の実現が必要である。そこで、Scheil-Gulliver モデルに基づく凝固シミュレーションを参考にし、ペースト溶解度や焼成条件を調整することで、傾斜組成制御可能で高 Ge 組成な表面をもつ SiGe 薄膜を作製することを着想した。</p> <p>本研究では、合金ペーストによりペースト中の Ge 融解を促進し、徐冷で固液界面平衡を維持した薄膜成長を可能にし、保持時間により Si 基板溶解量を制御することで、高 Ge 組成かつ緩やかな傾斜組成をもつ SiGe 薄膜の作製に有効であることが、実験及びシミュレーションの両側面から判明した。これらの結果は、III-V 族上層セルとの格子整合および低い貫通転位密度という Ge 代替基板として必要な条件の達成に近づくものである。さらに、実験結果をよく再現するシミュレーションが可能になった。これを利用した Al 残留層の削減や SiGe 薄膜の膜厚制御を行うことで、作製プロセスまでも簡略化できる可能性があり、さらなる低コスト化にも期待できる。最終的に、求める組成・膜厚・結晶性等の条件を満たす SiGe 薄膜の作製プロセスを凝固シミュレーションから効率的に探究できるようになれば、太陽電池用ボトムセル以外にも幅広く応用できると考えている。</p> <p>[1] M. Nakahara <i>et al.</i>, <i>MRS Adv.</i> 4, 749 (2019). [2] S. Fukami <i>et al.</i>, <i>Jpn. J. Appl. Phys.</i> 58, 045504 (2019). [3] K. Fukada <i>et al.</i>, <i>Sci. Rep.</i> 12, 14880 (2022)</p>