

論文審査の結果の要旨

氏名 中 村 祥 子

本論文は、4章からなる。

第1章は **Introduction** である。2次元ヘリウムのこれまでの研究結果について、ヘリウムは、グラファイト基板への吸着によって実現される理想的な量子多体系を形成し、下地の周期ポテンシャルに由来する格子模型的な振る舞いと、連続的な2次元系としての振る舞いの拮抗により豊かな物理現象が発現される事を説明している。特に、グラファイトに吸着した第2層目の 4He は、特定の密度領域のみで超流動が発現するという特異な現象が観測されており、その正体についてのこれまでの議論が説明されている。これら背景として、吸着第2層目の状態相図を熱力学的に検証する事を目的とし、広い面密度および温度範囲で2次元 4He の熱容量と蒸気圧の測定を実験手段を用いて研究したことが述べられている。

第2章は、**Experiments** である。試料基板の原料である剥離グラファイトの特徴を述べると共に、これまでの研究に使用されて来た **Grafoil** 基板が、大きな比表面積が得られる一方、結晶子の大きさが小さく、測定物理量にサイズ効果が現れやすいという問題がある事を指摘した。本研究では、従来の基板に替えて **ZYX** 基板を用いた。その有効性を調べるために、吸着第1層目の整合固相における 4He の熱容量と窒素分子の蒸気圧を測定し、**ZYX** は **Grafoil** に比べて結晶子が大きく均質性も高いことを検証した。また、この章では、本研究で用いた2次元ヘリウム試料の作成方法、熱容量および蒸気圧測定の測定装置および測定方法も詳細に紹介している。

第3章は、**Results and Discussion** である。熱容量測定および蒸気圧測定の実験結果とそれぞれの考察を行っている。細かな間隔で面密度を詳細に測定し、特徴的な4種類の熱容量異常を観測し、それぞれの検証を行っている。また、蒸気圧から計算される化学ポテンシャルの密度依存性を比較検討する事により、吸着第2層目にヘリウム原子が入り始める総面密度を決定し、次に、基板の効果が如実に現れた気液相転移の熱容量異常から気液共存線を検証した。その結果、高密度状態では一様流体相が存在し、その熱容量異常は基板依存性を示さないことを明らかにした。また、超流動応答が観測されている密度周辺では、特異的な相の存在を示す蒸気圧等温線の特異性を発見した。理論計算では、このような相の存在は否定されているが、本研究の熱容量測定から、この相の低密度側では一様流体相、高密度側では不整合固相と共存する事を明らかにした。この事は、この相が整合固相であることを強く示唆している。この相の存在については、 3He を用いた同位体効果も検証している。

第4章は、**Conclusions** である。前章までの議論を基に、**ZYX** 基板を用いた場合の吸着

第2層目 4He の状態相図を提唱し、低密度側から、気液共存領域、一様流体領域、2相共存を経て、一次転移が起きる密度領域で整合固相を形成すること、さらに整合固相が高密度側では、2相共存相を経て不整合固相の領域に至る事を明らかにした。最後に、今後の指針を述べている。

以上のように本論文で行われた研究は、熱容量および蒸気圧測定を行い、ZYX 基板上の吸着第2層目 4He の詳細な状態相図を提唱し、その諸特性を明らかにしている。これらの結果は、注意深く高い精度で行われた信頼性の高い実験によりなされ、高く評価された。

なお、本論文の一部は松井幸太、松井朋裕および福山寛との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験および考察を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、審査員全員の一致により、博士（理学）を授与できると認める。