

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	NbO2層における二次元超伝導に関する研究
Title(English)	Study on Two-Dimensional Superconductivity in NbO2 Layers
著者(和文)	相馬拓人
Author(English)	Takuto Soma
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:乙第4199号, 授与年月日:2024年7月31日, 学位の種類:論文博士, 審査員:大友 明,平山 雅章,吉松 公平,平松 秀典,平原 徹,打田 正輝
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:乙第4199号, Conferred date:2024/7/31, Degree Type:Thesis doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

(2000字程度)

報告番号	乙 第 号	学位申請者	相馬 拓人	
	氏 名	職 名	氏 名	職 名
論文審査員	主査 大友 明	教 授	平原 徹	教 授
	平山 雅章	教 授	打田 正輝	准教授
	吉松 公平	准教授		
	平松 秀典	教 授		

本論文は、「NbO<sub>2</sub>層における二次元超伝導の研究」と題し、6章から構成されている。本研究では、新奇な薄膜材料の合成に基づく物性解明を目的とし、LiNbO<sub>2</sub>薄膜の合成法、二次元超伝導を含む電気伝導性と光学特性、ならびに電気化学的なりチウム組成変調による電子相転移に関する知見がまとめられている。

第1章「序論」では、これまでの物性科学の変遷に基づき、二次元物質ならびに超伝導体を研究する意義や現状の課題について指摘されている。特に、層状化合物LiNbO<sub>2</sub>がもつ特異な結晶構造と電子状態に着目し、未解明の物性を明らかにすることは、二次元超伝導体や強相関電子系に関する学理に大きく貢献しうることから、本研究の目的と意義が明らかにされている。またその目的を実現しうる高品質な薄膜の合成技術の発展について概説されている。

第2章「実験方法」では、第1章で述べられた研究目的に基づき、本研究で使用された実験技術や分析評価手法の詳細について述べられている。

第3章「Li<sub>1-x</sub>NbO<sub>2</sub>エピタキシャル薄膜の合成と*p*型透明超伝導の発見」では、超伝導Li<sub>1-x</sub>NbO<sub>2</sub>エピタキシャル薄膜の合成法、電気伝導性ならびに光学特性について述べられている。まず、従来の気相成長法では合成が困難であり、気相、固相、溶液相を段階的に経る、独自に開発した合成法が有効であることが明らかにされている。また、低温でホールキャリアが超伝導を示し、かつ可視光透明性が高い薄膜材料は、前例がないと指摘されている。さらに、それらの特異な物性の起源がNbO<sub>2</sub>層の部分構造とキャリアの強い電子相関の協奏に起因すると考察されており、種々の物質との比較を通じて新物質開拓に関する議論が展開されている。

第4章「2*H*型NbO<sub>2</sub>層における二次元超伝導と強相関電子」では、第3章で明らかにされた構造と物性との相関に基づき、ホールキャリアがNbO<sub>2</sub>層上を二次元的に伝導する超伝導状態について述べられている。超伝導相転移に対する種々の測定と物性理論に基づく解析の結果から、超伝導体としての詳細な次元性や、他の二次元超伝導体との類似点や相違点が明らかにされている。また、光電子分光法を用いて調べられた電子状態と計算シミュレーションで得られた電子構造の対比から、二次元超伝導は強い結晶場によって分裂したNbイオンの*d*軌道からなるシングルバンドにおいて発現すると考察されている。またこれらが強い電子相関を実現する本物質の物質科学的な特異性であることが指摘されている。

第5章「二次元三角格子NbO<sub>2</sub>層における磁気量子臨界現象と超伝導ドーム」では、電気化学的なりチウム組成変調を通じてLi<sub>1-x</sub>NbO<sub>2</sub>の超伝導状態とそれに近接する電子相について述べられている。まず、薄膜を電極とする電気化学セルを用いて、Liイオン脱挿入に伴うキャリアドーピングが輸送特性に与える影響を詳細に調べている。ドーピングに伴ってバンド絶縁体相からフェルミ液体金属相を経て、非フェルミ液体的なふるまいを示す超伝導体相へと相転移することが明らかにされている。また、それらの相変化に伴って磁気的な相互作用も系統的に変調されることに着目し、超伝導転移の機構に磁気的な相互作用が深く関わっていると考察されている。さらに、そのような強相関超伝導体としてのふるまいを他の系におけるふるまいと比較することで、量子臨界現象としての超伝導ドーム形成の可能性が示唆されている。また、NbO<sub>2</sub>層が内包する三角格子がスピンプラストレーションを生み、磁気的な相互作用につながる可能性が示唆されている。

第6章「総括と今後の展開」では、本論文の内容について総括している。また、本研究の意義とそこから導かれる今後の物性科学の展望について述べられている。

以上を要するに、本論文は合成が困難な、Li<sub>1-x</sub>NbO<sub>2</sub>エピタキシャル薄膜を合成する方法、ならびに合成した薄膜における強い電子相関が電気伝導性や光学特性に顕著に現れることを明らかにしたものであり、物質が生み出す多彩な電子機能に関する多くの知見を提供しており、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。