

論文審査の結果の要旨

氏名 小林正起

小林正起氏提出の本論文では、軟 X 線分光を測定手法としていくつかの酸化物およびテルル化物希薄磁性半導体の強磁性状態の解明を試みている。特に、磁性イオンの電子状態を調べるために X 線吸収分光 (XAS) を用い、また磁気的な状態を明らかにする目的で X 線磁気円二色性 (XMCD) 測定を用い、これらの解明に成功している。さらに共鳴光電子分光 (RPES) によりフェルミ面近傍の状態密度を明らかにしており、この事から強磁性の起源がキャリア誘起であるかどうかを論じている。

本論文は 8 章からなる。第 1 章は序論である。第 2 章実験方法について書かれており、上記の測定手法により何が明らかになるかが説明されている。また、測定に使用された SPring-8 および台湾の NSRRC の説明も行っている。第 3 章では、 $Zn_{1-x}Cr_xTe$ についての XMCD および RPES による研究の結果がまとめられている。また、結果に対して行ったシミュレーションから得られた結論も述べられている。第 4 章は、 $Zn_{1-x}Co_xO$ についての XMCD および PES によりバルク状態で測定された磁気的な振る舞いととの比較を行っている。第 5 章は、 $Li_yNi_{1-x-y}Fe_xO$ についての電子状態を XAS および PES により Li 濃度依存性に着目しながら調べている。第 6 章は $In_{2-x}V_xO_3$ についての電子状態を XAS および PES により調べ、V のドーピング効果を明らかにしている。第 7 章は第 4 章で研究対象とした $Zn_{1-x}Co_xO$ の母物質である ZnO についての角度分解光電子分光を行い、この系の電子状態の解明を試みている。第 8 章は全体のまとめと残された問題についての記述があり、最後に謝辞および参考文献がまとめられている。

まず本論文の第 3 章に取り上げられた $Zn_{1-x}Cr_xTe$ は、室温で強磁性を示すものの強磁性の発現が Cr イオンの空間的な不均一性と関わっていることが指摘されており、Cr の電子状態の解明および強磁性の起源についての研究が望まれていた。本論文では多くの努力を本研究に注ぎ、この研究により、Cr が Zn サイトに置き換わっており価数は 2 価であること、また濃度依存性ばかりでなく磁場及び温度依存性も示さないことが分かった。これらは XAS および XMCD の線型を Configuration-Interaction (CI) クラスタモデルによって解析して得られたものである。さらに、RPES による測定ではフェルミ面近傍に 3d の状態密度が無いことが示されておりキャリア誘起の強磁性は否定的な結果となった。以上のように本研究は、未解決であった $Zn_{1-x}Cr_xTe$ の室温強磁性に対し、いくつかの明らかな現象を提示した事は評価に値する。その一方、CI クラスタモデルの任意性についての曖昧さ

は除去できない問題である点が物足りない部分である。しかしながら、ここで得られた実験結果は、本研究分野の進展に貢献する研究であり、十分な価値を有すると考えられる。

次に、これも室温で強磁性を示す $Zn_{1-x}Co_xO$ についての研究結果が示されている。この物質では、作り方により強磁性と常磁性が共存し、強磁性は Zn サイトに入った Co に起因する事、そして Co イオン間には反強磁性的な相互作用が存在する事が報告されていた。本研究では XMCD により常磁性モーメントを観測し、その磁場依存性および温度依存性を測定している。結果としては、バルク状態のスクイドによる測定と一致する結果が得られており、この結果をキュリーワイス則によって解析することで、Co イオンのモーメントが求められている。この結果は、バルクの測定を再確認するだけでなく、直接 Co イオンが持つ磁気モーメントが観測されている点に価値があり、それがバルクの結果と一致したことは大変重要な意義を有する研究結果であると考えられる。しかしながら、ここで求められた相互作用の大きさに対する考察が十分では無い点とアニール効果に対する解釈を中途半端に止めてしまっている点が惜しい。しかしながら、この物質において磁性の起源を明らかにした点は大いに価値が認められる。

また、これに続く 2 種類の室温強磁性体においても測定を行い、 $Li_yNi_{1-x-y}Fe_xO$ では強磁性的な振る舞いが磁気ポーラロンに起因するのでは無いかという結論を、また $In_{2-x}V_xO_3$ では sd 交換相互作用が重要な役割を果たしているとの結論を得ている。これらに関しても、室温強磁性が同じ起源で発現するのでは無い事をていねいな実験で示しており、十分な価値が認められる。

以上のように、本研究は軟 X 線分光を用いていくつかの室温強磁性を示す希薄磁性半導体を対象にその磁性の起源を明らかにすることに成功した。これらの業績は、希薄磁性半導体の研究の進展に大きく貢献したと考えられる。本論文の成果について議論した結果、審査員全員一致で本研究が博士（理学）の学位論文として合格であると判断した。なお本研究は、指導教官である藤森淳氏の他、川合知二、山上浩志、小林啓介、田中新、石田行章、宋敬錫、滝沢優、黄鐘日、田畑仁、安藤功兒、Ce-Wen Nan、Yuanhua Lin、Chien-TeChen、K. V. Rao、Amita Gupta、Hong Tao Cao の諸氏との共同研究の部分があるが、論文の主要な成果について論文提出者が主たる寄与をなしたものであることが認められた。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。