

審査の結果の要旨

氏名 オブレ フロラン

本論文は、ラシュバスピン分裂を有する非磁性金属／ビスマス酸化物界面に電流を流すことで生じるスピン蓄積の磁気光学カー効果と同非磁性金属／酸化物界面に円偏光を照射して生じるフォトボルティック効果の実験的研究をまとめたものである。

6章からなり、第1章の序論においては光学的スピン変換研究の背景と本研究の目的や論文の構成、第2章においては金属・半導体界面において界面伝導層がスピン偏極するラシュバ効果、この界面に通電することでスピン蓄積が生じるエデルシュタイン効果、金属／酸化物界面における表面プラズモンおよび磁気光学カー効果等の発生機構、第3章では、測定に使用した積層膜の作製手法、微細なスピン変換素子構造の作製手法やそれらの評価手法について、第4章では、エデルシュタイン効果を通じて界面に生じるスピン蓄積の磁気光学カー効果測定の実験手法、実験結果、解析結果及びそれらの詳細な議論がまとめられている。第5章では上述とは逆に円偏光を照射した際に電圧信号が生じるヘリシティー依存フォトボルティック効果についての実験結果、解析結果が纏められている。特に、入射レーザーのエネルギー依存性の実験からビスマス酸化物絶縁体のバンドギャップエネルギー3.13 eVよりも低い1.96 eVのエネルギーで新奇なフォトガルバニック効果が観測され、その発生機構が詳細に議論されている。最終章の第6章では本研究全体の総括と今後の継続実験としてエリプソメトリー法を用いた界面伝導層のスピン軌道相互作用の評価実験の提案や将来展望が述べられている。

博士論文において、オブレ・フロラン氏は非磁性金属とビスマス酸化物界面においてエデルシュタイン効果を通じて生じるスピン蓄積の磁気光学カー効果およびヘリシティー依存フォトボルティック効果の詳細な実験解析から、今後の光学的スピン変換研究に資する以下に述べる2つの重要な成果を得ている。

- (1) 非磁性金属／ビスマス酸化物ラシュバ界面に通電することで誘起されたスピン蓄積を世界に先駆けて、磁気光学効果により観測することに成功した。また、電気伝導測定から符号が反転することが知られている銅／ビスマス酸化物界面と銀／界面について同様に磁気光学カー効果測定を行い、符号反転が生じる事を光学的に測定することができることを示した。さらに、それぞれの界面について測定されたカー効果の信号強度比が、電気伝導測定から予測されるスピン蓄積量の比と、ほぼ同じ値を得ることを見出した。これにより磁気光学カー効果によるスピン蓄積測定によっても半定量的な測定が可能であることを実験的に示した。
- (2) 上述した金属／ビスマス酸化物界面において、フォトボルティック効果の入射レーザーエネルギーを 1.16 eV, 1.96 eV, 3.05 eV の3つの場合について測定し、酸化物のギャップエネルギー3.13 eVと同程度の入射レーザーエネルギー3.05 eVの場合とそれよりも低い 1.96 eV の場合にのみヘリシティーに依存して変化するフォトボルティ

ック効果が観測されることを見出した。特にレーザーエネルギーがギャップエネルギーよりも低い 1.96 eV の場合において、予想に反する新奇なフォトルタリック効果が発現する事を観測し、この効果が界面の銅表面におけるプラズモン共鳴を媒介して発現することを実験的に明らかにした。

なお、上述した研究成果は、理化学研究所創発物性科学研究センターの近藤浩太、プエブラ・ホルヘ、ラナ・ビヴァス、橋爪大輔各氏、金沢大学石井史之氏との共同研究として得られたものであるが、論文提出者のオブレ・フロラン氏が主体となって行った実験研究から得られたもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上、本博士論文は、これまでに報告例の無かった金属／ビスマス酸化物界面におけるエデルシュタイン効果によるスピン蓄積を磁気光学カー効果により半定量的に測定する手法を確立したこと、更に逆効果である逆エデルシュタイン効果に対応する現象として、円偏光を界面に入射させることで、ヘリシティに依存する新奇なフォトルタリック効果を発現させることに成功した。これらの結果から、磁気光学カー効果測定がスピン蓄積測定に有効な手段となりうること、また、ビスマス酸化物のギャップエネルギーよりも小さな入射レーザーエネルギーでも新奇なフォトルタリック効果が発現すること、また、その発現機構が界面におけるプラズモン共鳴効果を考慮することで説明できることを実験的に明らかにした。

このことは、今後の金属絶縁体界面における光によるスピン変換現象の更なる研究を促し、スピントロニクス発展に十分寄与するとみなせる。よって、オブレ・フロラン氏の学位論文の論文審査の結果、博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上 1987 字