

平成 22 年 5 月 6 日現在

研究種目：特定領域研究
研究期間：2007 ~ 2011
課題番号：19048015
研究課題名（和文） 光・電子スピン結合の理論

研究課題名（英文）
Theory of Photon-Spin Coupled Systems

研究代表者
永長 直人 (NAGAOSA NAOTO)
東京大学・大学院工学系研究科・教授
研究者番号：60164406

研究分野：物性理論
科研費の分科・細目：物理学・物性
キーワード：ベリー位相、近藤効果、偏光、スピン軌道相互作用、ホール効果、強相関電子系、スピンダイナミクス、光励起

1. 研究計画の概要

スピン・軌道相互作用を用いることで、磁場を使わない電場や光のみによるスピン操作の学理を確立するために、光スピンと固体中のスピン流の結合についての理論を発展させる。具体的には、(1)巨大スピンホール効果の理論、(2)光照射によるスピン生成とその後の実時間、実空間ダイナミクスの理論的計算・実験結果の検討、(3)トポロジカル絶縁体を用いたスピントロニクスの理論的開拓、(4)半導体、絶縁体、金属におけるスピン流を介した磁気電気光学効果の理論、(5)磁性金属における電流・スピン流とスピンダイナミクスの関係、(6)超伝導体におけるスピン流、などをテーマとする。

2. 研究の進捗状況

上記課題(1)-(6)に対して、(1)Au中のFe不純物の軌道依存近藤効果が巨大スピンホール効果を引き起こすことを理論的に解明、(2)2重交換模型を用いたスピン・電子結合系の光励起後の量子ダイナミクスの実時間シミュレーションに成功、(3)トポロジカル絶縁体表面上の新奇磁気抵抗効果の予言、(5)電流誘起磁気構造変化の理論的予言、(6)マヨラナフェルミオンによるスピン流に関連した新奇ジョセフソン効果の理論構築、などの成果が上がった。(4)に関しては、最近作成された物質に則して、現在計算が進んでいる。

3. 現在までの達成度

当初の計画以上に進展している。
(理由)

シミュレーションのコード開発が当初予定よりも速く進み、多くの結果を得ることが出来たため。

4. 今後の研究の推進方策

今後は、第一原理計算のグループとの共同研究、実験グループとのより緊密な議論などにより、理論的予言が実際に実現するように努力したい。また、(4)の課題に対しては数値計算を含めた詳細な検討をさらに進める。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計16件)

T.Yokoyama, Y.Tanaka, N.Nagaosa: Giant Spin Rotation in the Junction between a Normal Metal and a Quantum Spin Hall System, Physical Review Letters, 102, 166801-1-166801-4, 2009, 査読有

A.Shitade, H.Katsura, J.Kunes, X.L.Qi, S.C.Zhang, N.Nagaosa: Quantum Spin Hall Effect in a Transition Metal Oxide Na₂IrO₃, Physical Review Letters, 102, 256403-1-256403-4, 2009, 査読有

Y.Tanaka, T.Yokoyama, N.Nagaosa: Manipulation of the Majorana Fermion, Andreev Reflection, and Josephson Current on Topological Insulators, Physical Review Letters, 103, 107002-1-107002-4,

2009, 査読有

W.Koshibae, N.Furukawa, N.Nagaosa:
Real-Time Quantum Dynamics of Interacting
Electrons: Self-Organized Nanoscale
Structure in a Spin-Electron Coupled
System, PHYSICAL REVIEW LETTERS,103,
266402-1-266402-4, 2009, 査読有

H.Katsura, S.Onoda, J.H.Han, and N.
Nagaosa: Quantum Theory of Multiferroic
Helimagnets: Collinear and Helical Phases,
Physical Review Letters, 101,
187207-1-187207-4, 2008, 査読有

[学会発表](計17件)

N. Nagaosa: Role of spin current in
multiferroic behaviors, APS March
Meeting2008, 10-14 March, 2008, New
Orleans, U.S.A.

N. Nagaosa: Theory of spiral magnetism
and multiferroicity, 2007 MRS Fall
Meeting, Symposium K Ferroelectrics,
Multiferroics, and Magnetoelectrics, Nov.
28-Dec.1, 2007, Boston, U.S.A.

N. Nagaosa: Multiferroic phenomena in
spiral magnets, KITP Workshop on Moments
and Multiplet in Mott Materials, Sept.
10-14, 2007, Santa Barbara, U.S.A.

N. Nagaosa:
Dielectric and ferroelectric properties
of magnets Role of spin current and spin
chiralities -, The 6-th Asian Pacific
Workshop on Frontiers of Condensed Matter
Science and Symposium of 20 years
Anniversary of Discovery of YBCO, April
13-16, 2007, Taipei, Taiwan

N. Nagaosa: Theory of Novel Phenomena
at Interface of Strongly Correlated
Electronic Systems, 2007 MRS Spring
Meeting:Symposium Functional Interfaces
in Oxides, April 9-13, 2007, San Francisco,
U.S.A.