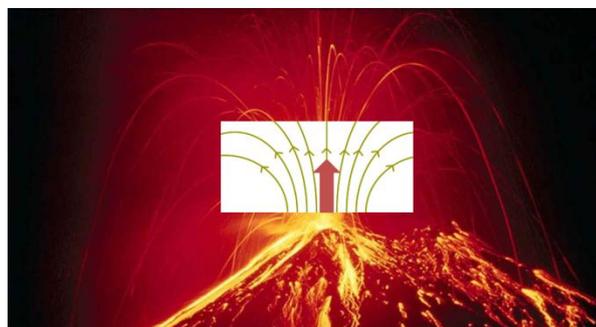


4th International Workshop on Spin Caloritronics



東北大学・金属材料研究所・Gerrit E. W. Bauer

1. はじめに

スピン・カロリトロニクスはナノ構造デバイスにおいて、電荷・スピン・熱流が結合する物理現象およびその制御に関する科学技術の研究分野である[1]。本ワークショップは電流や熱流における電子のスピン役割、磁性物質における熱変換や新機能、および熱電技術の効率増加に関する新しい研究結果の報告と意見交換を目的とする。

提供

- Netherlands Organisation for Scientific Research (NWO)
- ICC-IMR東北大学金属材料研究所国際共同センター
- 東北大学金属材料研究所 共同利用研究
- 青葉工学振興会

会議ホームページ

<http://www-lab.imr.tohoku.ac.jp/~spincaloritronics4/>

運営事務局

Stéphane Mangin (Nancy)
Burkard Hillebrands (Kaiserslautern)
Hideo Ohno (RIEC)
Eiji Saito (IMR)
Koki Takanashi (IMR)
Kentaro Nomura (IMR)
Saburo Takahashi (IMR)
Gerrit Bauer (IMR)
Mika Terada (IMR secretary)

2. 研究経過

スピン・カロリトロニクスとその背後にある物理学の理解を概観するこのワークショップは、2009年にオランダLeidenのLorentz研究所で始まり、2010年には東北大学金属材料研究所 国際共同センター (ICC-IMR) にて開催され、その後Lorentz研究所での開催に続き、今回は第4回目となる。ワークショップのトピックは金属ナノ構造およびトンネル接合系における熱的スピン注入、スピン依存ゼーベックおよびペルチェ効果、スピンゼーベック効果、スピンペルチェ効果、熱的磁気トルク、熱的異常およびスピンホール効果など、スピン・カロリトロニクスのすべての分野をカバーし、理論、計算、実験に関する講演が行われる。

招待講演者 合計 40名

Hiroto Adachi (Tokai), Christian Back (Regensburg), Stewart Barnes (Miami), Chia-Ling Chien (Baltimore), Alina Deac (Dresden), Rembert Duine (Utrecht), Claudia Felser (Dresden), Joost Flipse (Groningen), Sebastian Gönnerwein (Munich), Joseph Heremans (Ohio), Burkard Hillebrands (Kaiserslautern), Axel Hoffmann (Argonne), Can-Ming Hu (Manitoba), Jun Ieda (Tokai), Ronnie Jansen (AIST), Hiroshi Katayama-Yoshida (Osaka), Akihiro Kirihara (NEC), Mathias Kläui (Mainz), Hiroshi Kohno (Osaka), Sadamichi Maekawa (Tokai), Stéphane Mangin (Nancy), Ingrid Mertig (Halle), Masaki Mizuguchi (IMR), Laurens Molenkamp (Würzburg), Markus Münzenberg (Göttingen), Shuichi Murakami (TIT), Naoto Nagaosa (Tokyo), Uli Nowak (Konstanz), Teruo Ono (Kyoto), Stuart Parkin (Almaden), Theo Rasing (Nijmegen), Hans Schumacher (Braunschweig), Saburo Takahashi (IMR), Gen Tatara (TMU), Oleg Tretiakov (IMR/College Station), Ken-ichi Uchida (IMR), Xiang-Rong Wang (Hong Kong), Ke Xia (Beijing), Jiang Xiao (Fudan), Barry Zink (Denver)

3. 研究成果

今回、参加者数が多数であったことから、この研究分野への関心が年々高まっていることが示された。参加者はヨーロッパ、アジア、アメリカの各国からであり国際的な会合となった。実験研究者と理論研究者もバランスよく集まり、有意義な議論がなされた。また、企業研究者も多数参加し、本研究分野がグローバルな対称であることが印象付けられた。

初日（6月3日）には4つのオーラルセッションが行われた。初めのセッションでは強磁性体におけるスピンホール効果の異常とマグノンの熱励起効果に関する教育的講演があった。2つめのセッションではスピン依存ペルチェ効果と非磁性金属におけるスピンホール効果、強磁性体の光誘起ファラデー効果に関する最近の研究成果が発表された。午後のセッションではスピンゼーベック効果と音響スピンポンプの実験、スピンゼーベック由来の異常ネルンスト効果、およびフォトン・フォノンによるスピンポンプ、スピン流による熱電コーティングの講演が行われた。最後セッションではドメインウォールの運

動とスピントランスファーの関係およびマグノンドラッグによるスピントランスファーの理論の講演があった。

二日目（6月4日）の午前中のセッションではまず光パルスを用いたスピン制御の実験、面直磁化を持つ磁性体の熱電効果および異常ネルンスト効果の実験、電流誘起ドメインウォールの運動の温度依存性の実験、磁気トンネル接合における電圧スイッチと後方ホッピングの実験に関する最新の成果が発表された。2つめのセッションでは磁気トンネル接合における磁気熱伝導率の理論シミュレーション、および第1原理計算によるスピンホール効果など理論的研究に関する講演が行われた。午後のセッションでは量子化磁場下における巨大スピントランスファー効果、パーマロイにおけるスピンプンプと逆スピンホール効果、水銀テルルにおけるDirac電子の物性、閉じ込めスピン構造における熱スピントランスファー流に関して活発な議論がなされた。最後のセッションはすべて理論の講演で、熱由来のスピン起電力の理論、熱スピントルクの微視的計算、非磁性薄膜におけるスピントランスファー流の力学的生成、スピンドamping磁気単極子に関する研究成果が発表された。

最終日（6月5日）の午前中は磁気トンネル接合系に関する最新の研究成果として、トンネル接合における磁気ゼーベック効果の実験、アルミ酸素磁気トンネル結合における巨大熱電効果、ナノピラー磁気トンネル接合を用いた磁気熱電トンネリング、シリコンにおける熱スピントロニクスが議論された。続いて理論のセッションが開かれスピンホール効果を用いた強磁性絶縁体へのスピン注入、表面波によるスピン波熱浴、縦スピントランスファー効果の理論に関する講演があった。午後のセッションではホイスラー合金を用いたスピントロニクス、マグノンのトポロジカルカイラルエッジモード、熱的スピントランスファー流生成、トポロジカル現象の理論的設計の講演が行われ、最後のセッションではトポロジカル絶縁体表面における磁気テクスチャーとその帯電効果、平面構造でのスピントランスファー効果、熱的に導入されたスピントランスファー流によるドメインウォールのデピンニングの講演が行われた。

ポスターは、全日掲示をし、セッションをコーヒーブレイクの時間に集中的に行った為、ポスターに関する議論は効率よく活発なものとなった。中でもナノピラースピントランスファー効果におけるスピン依存ゼーベック効果、熱的スピントランスファー蓄積によるスピントランスファー効果、逆スピンホール効果を用いたマグノンスピントランスファー輸送の直接観測、コヒーレントマグノンと熱励起マグノンの間の相互作用、スピンホール効果とラッシュバトルクの競合、加速系におけるスピン依存伝導、スピントランスファー効果の温度依存性を測定する実験的セットアップ、マグノンによる熱スピントランスファー流の理論、熱的に誘起されるトポロジカル状態の力学的回転、磁気補償のあるフェリ磁性体におけるスピントランスファー効果、強磁性接合系におけるスピントランスファー波の反射と透過、トポロジカル逆ファラデー効果による高速磁気渦スイッチ、ラッシュバ強磁性体における電流誘起トルク、磁性絶縁体におけるスピントランスファー波を媒介とする熱輸送現象、高い時期的項と低い抵抗を有するスピントロニクス薄膜系のポスターが注目を集めていた。

オランダからの参加者は、ワークショップの合間に、FOM (Fundamenteel Onderzoek der Materie : 物質に関する基礎的研究) プログラムとして、更に小さなミーティングを開き、スピン・カロリトロニクスについての研究重点領域の準備を進めました。



参加者数 合計 110名

カナダ	2
中国	1
フランス	2
ドイツ	16
香港	1
日本	66
韓国	3
オランダ	10
サウジアラビア	1
スペイン	1
台湾	1
アメリカ	6

プログラム

	2nd June (Sat)	3rd June (Sun)	4th June (Mon)	5th June (Tue)
8:30	RIEC Workshop	<i>Registration & opening</i>	Rasing	Münzenberg
9:00			Mizuguchi	Mangin
9:30		Maekawa	Ono	Schumacher
10:00		Hillebrands	Deac	Jansen
10:30		Coffee break		
11:00		Flipse	Xia	Takahashi
11:30		Hoffmann	Katayama- Yoshida	Xiao
12:00		Hu	Mertig	Adachi
12:30	Registration	Lunch		
13:00				
13:30	Matsushima excursion			
14:00				
14:30		Uchida	Heremans	Felser
15:00		Chien	Back	Murakami
15:30		Gönnenwein	Molenkamp	Tretiakov
16:00		Kirihara	Kläui	Nagaosa
16:30		Coffee break		
17:00		Wang	Barnes	Nomura
17:30	Nowak	Kohno	Zink	
18:00	Duine	Ieda	Parkin	
18.30	Banquet		Tatara	

4. まとめ

今回の国際会議Spin Caloritronics4ではスピントロニクス分野で注目を集めている多くのトピックスに関して講演が行われ、熱のこもった議論が交わされた。中でもスピン流をいかに熱的に生成するかが中心的な課題である。この問題は基礎科学として重要な興味対象であるだけでなく、会議に参加した多くの企業研究者も注目する応用技術としても期待を集める分野に発展している。また従来の金属強磁性体、磁性半導体に加え新しく磁性絶縁体、反強磁性体、トポロジカル量子状態がスピン・カロリトロニクス現象の可能性を開く候補として挙がってきたことが新しい点である。会議の出席者はこの分野で世界を牽引する研究者がほとんどを占め、会議の期間は連日、理論・実験を問わず、有意義で刺激的なディスカッションが行われていた。会議の様子はオフィシャルホームページ：<http://www-lab.imr.tohoku.ac.jp/~spincaloritronics4/>にて写真が貼られている。また同ページではアブストラクト集もダウンロードできる。

今回の会議の成功によって、スピン・カロリトロニクス国際会議は、今後も定期的に継続されて行くこととなった。第5回目は、アメリカ・オハイオ州立大学にて(imr.osu.edu/spincatv/)、また第6回目は、DFG Priority Program (ドイツ研究協会 優先プログラム) の協賛を得て、ドイツ・イルゼー修道院にて(www.spincat.info/)開催されることが決定している。

5. 文献

[1] G.E.W. Bauer, E. Saitoh & B. J. van Wees, Spin Caloritronics, Nature Materials 11, 391–399 (2012)