

T12「スピントロニクスによるグリーンイノベーション」

3月26日午後オンライン

最初に、湯浅新治さん（産総研）は「スピントロニクスによるグリーンイノベーション シンポジウム概要」と題して、このシンポジウムの全体について概略を説明しました。スピントロニクスの様々なアウトプットのうち、実用化しているのは磁気抵抗(MR)とスピン移行トルク(STT)のみであるとし、MgOバリア TMR の技術的発展を振り返った後、この技術を用いた HDD が容量ベースでストレージの7割を占め2.7兆円の市場であると述べました。ただ2013年には半導体の市場規模はHDDの8倍であったのが、2020年では24倍になっている現状にふれ、飽和傾向にある記録密度をマイクロ波アシスト磁気記録(MAMR)によってどこまで伸ばせるかが課題と指摘しました。一方、MRAMは20年間でようやく市場に登場したが、STT-MRAMはスピントロニクスの業界から半導体業界に移行し、スピントロニクスの新技術に新産業に資するようなものが出ていないことが問題と指摘し、この企画では幅広い分野を対象として、グリーンイノベーションに資するスピントロニクスの話題を集めたと企画の意図を述べました。



湯浅新治(産総研)

これに対して遠藤哲郎先生（東北大）は、「スピントロニクス半導体が拓く省電力AI・IoTプロセッサ」と題した講演で、世の中はボーダーレスになっており、半導体だ、スピントロニクスだと境界を設けず、低消費電力に貢献することをNEXT GOALにするという立場に立つべきと述べました。実際半導体産業は、2020年以降、IoT、メタバースなどパラダイムシフトが起きており、スケールアップの延長よりはるかに高い機能を取り込まないと社会のニーズに応えられなくなっていると、STT-MRAMは、Si 6T-SRAMの5%の電力で動くことから、不揮発性ワーキングメモリとしてCPUのメインキャッシュに用いることができること期待され、TSMC、Samsungなど世界のファウンドリが競ってMRAMに参入してきた現状を述べました。また、AIプロセッサにおいて、自動運転などルール無しの臨機応変対応や、スマホの中にAIという時代に対応するためには、ソフトウェアでは追いつかないのでAIハードが大事、深層学習でも経験値を記録しておくことが大切で不揮発性が不可欠としてMRAMの優位性をのべました。また、宇宙空間向け応用では、放射線に強いスピントロニクスが4本柱の1つに位置づけられているとして、自らスタートアップ企業「パワースピン(株)」を立ち上げ、人材育成を含めて取り組むと抱負を述べました。



遠藤哲郎(東北大)

次に、前田知幸さん（東芝）は「マイクロ波アシスト磁気記録技術」と題して、HDDの高密度化の限界を突破するための技術について述べました。これは、記録磁区の微細化に伴って記録ヘッドのサイズが減少して媒体に印加する記録磁界強度が弱くなる問題を解決するため、マイクロ波でアシストする磁気記録方式(MAMR)です。マイクロ波の発生には、微小なスピントルク発振子(STO)を用い磁気共鳴を使って磁化反転をアシストしますが、現行媒体では共鳴条件がマッチせず実用化に課題がありました。そこでFC-MAMRという磁束制御素子を用いた方式を2021年ニアラインHDD(18TB)に適用しました。さらに従来型のFMRを使ったMAS-MAMRに取り組み、高効率な発振が可能な独自のSTO設計によって30TBHDDに搭載する方向を示しました。



前田知幸(東)

後半は、これまでとは異なる新たなスピントロニクス応用の講演がありました。

後半の最初は、深見俊輔先生（東北大）の「スピントロニクス確率論的コンピュータ」です。確率論的コンピューティングは1980年代にファインマンらによって提唱されました。確率論的コンピュータの単位は、0と1の間を揺動するp-bitです。スピントロニクスがp-bitを実現するポテンシャルをもつことが最近の研究で明らかにされたそうです。深見先生は、MTJを使った確率論的コンピューティングのPOCを2例示しました。一つの例は、組み合わせ最適化問題、8p-bitを使って量子アニーリングのアルゴリズムを用いて因数分解を実証しました。もう一つの例は、5p-bitと15個のRC素子を組み合わせさせたスピントロニクスによるボルツマン機械学習です。p-bit間相互作用が重み計算が使えるので、通常のコンピュータに比べ、エネルギー1/10、計算時間1/300でできるということです。



深見俊輔(東北大)

後半の2つめは関口康爾先生（横国大）の「低消費電力マグノニクス」です。スピン波を使うと電流によるジュール熱を伴わずにキャリア周波数としてGHz-THzにわたる広帯域を実現することができるとのことで、マグノニクスという分野が注目を浴びているそうです。しかし、デバイス応用に向けた先端研究でもマイクロメートルスケールで、電流磁場を使うなど、消費電力とS/N比などは十分とは言えない状況でした。最近では、良質の40nmを切る薄膜デバイスし、ノイズが非常に少ない省エネルギーロジックなどが登場、冷却・加熱でモード変換なども実証された。また、最近、室温で動作するマグノニックq-bitも登場しているとのことです。



関口康爾(横国大)

後半3つめは内田健一さん(NIMS)の「磁性/熱電複合材料における横型熱電変換」です。内田さんは2008年に横熱電効果であるスピンゼーベック効果を発見したことでスピнкаロリティクスという分野が樹立されたことが有名ですが、最近ではCoMnGaホイスラーで大きな異常ネルンスト効果を発見しました。特に、異常ネルンスト効果を用いれば、外部磁場を印加することなく磁性材料の残留磁化で熱電発電できることから、物性物理としての基礎研究のみならず、エネルギーハーベスティング技術や熱流センシング技術への応用を目指した研究も始まっています。内田さんらは、最近、磁性金属/熱電半導体複合材料において発現する新機構の横型熱電変換現象「ゼーベック駆動横型熱電効果(STTG)」を考案しました。磁性金属と熱電半導体の組み合わせやサイズ比を最適化することで、異常ネルンスト効果よりもはるかに大きな横熱電能を生成できることを実証しました。シート状にして面積をかせば大きな電力が取り出せるとのことです。



内田健一(NIMS)

最後の講演は、中野貴文先生（東北大）の「蓄電池マネジメント用TMRセンサ」で、車載蓄電池のバッテリーマネジメントに高感度のTMRセンサを採用するというもので、1000Aに及ぶ大電流に対応で来るダイナミックレンジの増大と、磁性素子特有の非線形性の低減が課題でありましたが、CoFeB/MgO/CoFeB-MTJに垂直磁化膜を組み込むことで、非常に広いダイナミックレンジと高い線形性を実現し解決したということです。



中野貴文(東北大)