



## 第 81 回応用物理学会秋季学術講演会 (オンライン開催) 報告 (3)

CRDS 特任フェロー 佐藤勝昭

9/10 シンポジウム T18

「フォノンエンジニアリングの最前線」



セッション1 座長 丸山茂夫 (東大)

[10a-Z13-1]開会の挨拶 野村政宏 (東大)



このシンポジウムでは「熱を熱のまま扱う熱マネージメント」が今後重要になるという視点で、フォノンエンジニアリングを扱います。エネルギー自立型でスマートな IoT 機器の実現を目指します。

[10a-Z13-2]フォノン伝導とスピンメカニクス 齊藤 英治 (東大)



フォノンは格子振動の粒子です。複雑に相互作用している系をエネルギー固有値を考え仮想的な粒子径で扱います。スピンゼーベック効果では、熱流をマグノン流に変換しますが、フォノン・マグノン相互作用によってマグノン寿命が伸び、マグノン流が最大化します。フォノンとマグノンの分散曲線が交差するとき、10ns でフォノンとマグノンが交互に現れます。

[10a-Z13-3]センサ用独立電源として活用可能な革新的熱電変換技術の開発と展望  
森 孝雄 (物材機構)



ゼーベック効果は発見されて 200 年経つが、民生発電は実用化されていません。熱電変換のパワーファクターを向上するため、フォノンだけを選択的に散乱するナノ多孔材料、欠陥エンジニアリング、磁性半導体、非磁性系への磁性ドーピングによるパラマグノンドラッグ効果などを利用する研究を行っています。

[10a-Z13-4]有機高分子薄膜における伝導機構と熱電効果 竹延 大志 (名大)



ウェアラブルデバイスを下支える電源には、高い ZT は必要ありませんが、可撓性・伸縮性が強く求められており、有機高分子薄膜を用いた熱電変換素子が適していますが有機高分子熱電効果の機構はよくわかっていません。竹延氏は電気化学的手法による広範かつ連続的なドーピング手法を確立、熱電効果のドーピング依存性を測定し包括的議論を試み、ドメイン内の Anderson 局在・ドメイン境界における variable range hopping などが共存するモデルをうちたてました。

### [10a-Z13-5] 低次元材料における熱電効果の電界制御 清水 直 (電中研)



熱電材料の研究において、特に熱電素子としてのアプリケーションを考える場合には、材料の化学的な安定性や構成元素の希少性・毒性を考慮した上で、優れた熱電性能を有する材料を見つけ出すことが要求されます。清水氏は、実用に向けた熱電材料を目指し、ナノ・低次元材料に注目しています。電気二重層トランジスタを熱電効果測定に応用すると、ゼーベック係数や電気伝導度を電界で制御することができ、複雑なバンド構造をもつ低次元物質において系統的な熱電特性の研究を行っています。



### セッション2 座長 八木貴志 (産総研)

### [10p-Z13-1] 時間的・空間的に局在化したナノ熱による機能性電子デバイスの創製

内田 建 (東大)



熱の空間的局在化と時間的局在化を目指し、ナノ材料をジュール加熱することで必要な場所、必要な時間において温度を精密に制御することができます。例えば、ナノ Pd 修飾グラフェンでは、室温では湿度センサとしては鱈き、通電して加熱すると触媒活性によって水分が脱離、水素センサとして動作します。

### [10p-Z13-2] 熱フォノンクス実現に向けた熱伝導解析 志賀 拓磨 (東大/JST さきがけ)



フォノンクスとは、フォトニクスのアナロジーで、フォノンの波動性を積極的に活用することで界面輸送を制御する技術です。志賀氏はフォノンニック構造で熱伝導制御が可能となる最適構造の同定や、フォノンニック構造によって実現できる熱伝導率低減などを明らかにする理論研究を紹介しました。

### [10p-Z13-3] 新材料と従来材料の自由で簡易な複合化による実用的な熱界面の構築 野田優 (早大)



野田氏は、熱界面材料(TIM)に注目し固-固界面での熱輸送に対し、最新の学術成果をTIMに具現化する取り組みを報告しました。インクのせん断塗工でカーボンファイバ(CF)が面内配向した樹脂シートを作り、ロッド成形、スライスしてCFを垂直に50 wt%以上に高密度充填したTIMを開発し、 $19\text{mm}^2\text{K/W}$ の低熱抵抗を実現しました。

### [10p-Z13-4] 機能性薄膜の熱物性 重里有三 (青学大)



機能性薄膜は、ナノ～マイクロ～ジャイアントマイクロ・エレクトロニクス、さらに大型建造物に至るまで幅広い分野で応用されており、応用には熱設計のための正確な熱物性値が必要とされます。重里氏は、様々な機能性薄膜(数10nm～数100nmの厚さ)に関してパルス光加熱サーモリフレクタンズ法により熱拡散率を求め、薄膜の構造や諸物性との相関を調べました。自由電子による熱伝導率は導電率に対し直線となるのでこの値を差し引いた熱伝導がフォノンによるものとして、それぞれの薄膜の結晶性やヤング率等との関係性を議論しました。



### セッション3 座長 馬場寿夫 (JST)

#### [10p-Z13-5] Thermal Phonon Coherence and Synchronization



#### Sebastian Volz (Univ. Tokyo)

熱振動はランダムですが、多数の振動子が相互作用をもつと、振動の位相がそろって自己同調現象によってコヒーレントな熱フォノンが現れます。Volz 氏のグループでは、分子動力学を使った計算で、コヒーレント効果を考慮してライフタイムが分布する多数の平均化したフォノン数の減衰を説明しました。

#### [10p-Z13-6] フォノンニック構造を用いたトポロジカル音響導波路と非相反伝搬機構の設計



#### 鶴田健二 (岡山大)

鶴田氏はフォノンニック結晶におけるトポロジカル音響導波路の相反・非相反回路設計について述べました。音響トポロジカル絶縁体は、バンドギャップを挟んで2つの異なるバンドトポロジを持つ音響構造体で、その界面・表面にはトポロジカルに保護された局在伝搬モードが形成されます。さらに、異なる構造特性を持つ2種類のヘテロフォノンニック構造を用いて入出力の反転に対して一方向のみの伝搬を許す非相反導波路を提案しました。

#### [10p-Z13-7] 電気機械フォノンニック結晶による超音波フォノンのオンチップ制御



#### 畑中 大樹 (NTT)

畑中氏は微小な立体機械構造から成る MEMS 共振器をフォノンニック結晶に組み込むことによって、MEMS のもつ振動のダイナミックな制御性とフォノンニック結晶が得意とする進行波の空間保持力を併せ持つデバイスを実現しました。その周期的な構造を基盤にした超音波の制御技術に関する研究を紹介しました。

#### [10p-Z13-8] 閉会の挨拶 中村 芳明 (阪大)

