

2024年2月

公益財団法人 船井情報科学振興財団
第二回 Funai Overseas Scholarship ポスドク報告書

釣巻 瑤一郎

スタンフォード大学の Ginzton Lab でポスドクをしています。現在はアメリカでアカデミックポジションを探しています。今回は最近の研究そして生活について報告させていただきます。

最近の研究

物体間距離がウィーンの変位則で与えられる平均波長と同程度の微小距離ではプランクの熱ふく射理論は成立しません。このような近接場では、従来のプランクの熱ふく射理論で求められる熱流束に加えて物質表面近傍に存在する伝播しないエバネッセント光が熱流束に寄与し始め、熱流束が物体間距離に依存し増加します。したがって近接場では、熱流束は伝播成分とエバネッセント成分の和で表されます。近接場における熱ふく射伝達をさらに増加させることは、近接場熱光起電力変換や固体冷却システムの発電密度（単位面積あたりの発生電力）を向上させる上で重要です。しかし、例として 100nm 離れた二並行平板間のふく射熱伝達率は、現状 $2000\text{W}/(\text{m}^2\text{-K})$ が最大となっています。より大きなふく射熱伝達率を実現する実用的な材料や構造についてはまだわかっていません。この課題に対して、相互に入り組んだ次元グレーティングを提案しました。この系ではふく射伝熱はグレーティングの表面間で起こりますが、正味の熱流束はグレーティングの周期に依存するので、熱伝達率はグレーティングのアスペクト比に依存し、グレーティングのアスペクト比を大きくすることで熱伝達率を増加させることができます。このアイデアは熱交換器で用いられる対流伝達を拡張された表面積により増幅させる熱フィン効果を熱ふく射に応用したものであり、ナノフォトニック熱交換器と呼ぶことにしました。この研究では相互に入り組んだ次元グレーティング間の熱ふく射伝熱を厳密に定式化し、数値計算によりこれまでの最大熱伝達率 $2000\text{W}/(\text{m}^2\text{-K})$ を大きく超えることができることを予測しました。

もう一つ研究テーマは前回の報告書で書いた研究が去年出版されたものです。時間反転対称性を破る系における近接場熱ふく射伝熱を物体表面に水平に働く熱カシミール力に変換する熱エンジン、そして逆過程であるヒートポンプが作れることを理論的に提案しました。そしてその熱機関がカルノー効率に近づくための条件や、物体間の相互速度が大きく、相対論的効果が現れる状況での熱効率式の提案などを行いました。この研究は出版されています。この研究は現状理論的な予測に留まります。しかし、固体内の電子の流れを用いて、物体が並進運動する状況と同様の物理を実現することで我々のアイデアを実験的に検証できるかという可能性も研究しています。また、この研究はより大きなビジョンとしてある Lorentz 相反定理が成り立たない系ではエネルギー輸送や変換がどうなるのかという研究課題を進める上での一つの結果となっています。

私生活

走ることを本格的に始めました。去年はサンフランシスコマラソン、ボストンハーフマラソンを走りました。今年もトレーニングの時間をとり、より良いタイムで走れるようにしたいです。

スタンフォードでの研究ができているのは船井財団の支えによるものです。感謝しています。

釣巻 瑤一郎