

ライス大学での研究生生活



若 者

村 上 史 和*

My research life at Rice University

Key Words: Overseas research, Research environment, Rice University, Single-photon emitters

はじめに

筆者は2024年3月に大阪大学大学院 工学研究科で博士号を取得し、同年10月よりアメリカ・ヒューストンのライス大学で博士研究員として研究に従事している。大学院時代は斗内政吉教授の下でテラヘルツ波を使った半導体の光励起キャリアダイナミクスの研究を行ってきて、現在はShengxi Huang准教授のグループで二次元材料中の単一光子源を研究している。現在の研究の紹介も含めつつ、日米での研究生生活の違いなど、海外での研究に興味がある人に何か参考になればと思い、本稿を記していく。

海外研究のきっかけ

海外で研究してみたいという思いは実は研究初期のころ、卒業研究配属のあたりからあったと思う。しかし具体的に何か考えていたとか、明確な目的があったわけではなく、漠然と「海外の研究者、カッコいいよね」。程度のであったのだが。学部4年から博士課程修了までの間に所属していた斗内研究室では海外からの留学生、短期のインターンシップや共同研究でいらっしゃる方など、外国人研究者と触れ合う機会が多く、海外に行ってみたいという感情はより強くなった。最後の決め手は、博士号を取得し海外へ行くという選択肢があるのだから、行ってみるべきじゃないか。というような理由。つまり崇高な思いがあったわけでもないが、面白そうだったから選んだくらいの人もあるらしい、程度の参考

にしていなければ幸いである。しかし軽い気持ちでの一歩目ではあったが、ライス大学へ来てからは様々の刺激を受けながら研究に没頭しており、とりあえずの一歩を進めたあの時の自分にグッジョブと言いたい。

アメリカに来てからの研究環境

ライス大学に来てまずはじめに良いなと感じたのは、一階層をくりぬいたような大きな居室である。よくある研究室ごとに割り振られた部屋ではなく、複数の研究室の学生やポスドクがおり、ラボごとの場所、も決まっていない。私の席もすぐ後ろは違う研究室の学生が座っており、違った分野の人と雑談、研究の相談などがすぐできるとてもいい環境だと思う。何よりいろんな研究室の人とすぐ仲良くなれるのがとてもありがたい。同じ研究室内であっても、有機化学領域から来る人、無機半導体を学んできた人、コンピュータやディープラーニングに専門を置いている人など、様々な分野から人が来ている。また2人の教授によるコアドバイザーとして異なる2つの研究室に籍を置く学生も多い。そのため複数分野から見た議論というのが活発に行われやすく、最近いろいろな場所で聞く学際研究、異分野融合というのが発展しやすい環境なのだろうと思う。

そんな環境だからか、研究室間の共同研究、装置の利用などが盛んにおこなわれている。どのラボがこういった設備や技術を持っているか、自身の研究室でできない測定はどこに相談すればよいか、といった情報が多くの教授間で共有されているのか、自分たちだけでできないことはすぐ他の研究室に相談できる環境が作られている。複数ラボで装置を共同所有する場合もある。阪大時代には近い部屋の研究室でさえ、他の研究室が何をやっているかはざっくりと知っている程度で、持っている装置や技術など



* Fumikazu MURAKAMI

1994年5月生まれ
大阪大学大学院 工学研究科 電気電子情報通信工学専攻 博士後期課程 (2024年)
現在, Rice University, Electrical and Computer Engineering 博士研究員 工学博士
TEL: +1-713-348-4020
E-mail: fm58@rice.edu

は把握していなかった。共同研究の盛んさ、すぐに進めていける環境というのもまたライス大学で感じた特徴である。

学生とポスドク

アメリカへ来て思ったことの一つに、学生とポスドクの差をあまり感じないというのがある。学生は確かに卒業に向けて要件をこなしていくという部分で見れば学生である。しかし同時に、研究室から給料が支払われているフルタイムワーカーでもある。研究室運営にかかわる業務から装置探し・交渉・購入のための業者とのやりとりなどいろいろな仕事が生徒にも降ってくる。また研究プロジェクトで雇われている場合も多く、本人が研究を自由に決めて進められるとも限らない。この点においては、いろいろなことを自由気ままに試しながら研究を進めていくことが出来た日本での大学院時代は私の性に合っていたのではないと思う。

ライス大学での研究

さて、現在の私の研究についても少し触れておく。現在携わっている研究の中で中心となっているのは、2次元半導体から得られる単一光子発光の研究である[1]。単一光子というのは、最近よく言われる量子通信、量子コンピュータのような量子技術のベースとなる技術である。特に量子通信のような長距離通信技術への応用には光が欠かせなく、優れた単一光子源の開発が技術の発展に必要不可欠である。単一光子を読み取る方法にはHanbury Brown and Twiss

干渉計というセットアップを用いる。図1に示すように、サンプルから得られる発光の光路を50:50ビームスプリッターを介して2つのディテクタに入れる。通常の光であれば一定の割合ずつで左右のディテクタに光子が入るわけだが、単一光子の場合、必ずどちらか片方しか光子を検出しない。この2つのディテクタに検出タイミングの遅延をかけながら、どちらのディテクタも光子を検出するイベント($g^{(2)}(\tau)$)をカウントすると、ディレイ0、つまり同時検出は起こらず、十分に時間が空いたタイミングでは普通の光と同じように一定のカウントが得られる。このゼロディレイでのディップが単一光子の純度を表しており、純度100%の単一光子であればカウントは0になる。0から離れるほど純度が低いことを示す。

優れた単一光子源に求められる要件のうちいくつかをピックアップすると、1) 単一光子純度が高い。2) 異なるエミッターから同じ特性(波長など)の単一光子が得られる。3) 材料上の狙った位置にエミッターを作ることが出来る。4) 輝度が高い。などが挙げられる[2]。例えば2)の同じ特性であることは、単一光子を使った量子通信などの応用に重要な要素であり、また3)のような特徴は単一光子源をデバイスと組み合わせる上で重要になる。私の研究では、特性を揃えたエミッターの実現をメインに据え、磁場や電界による波長コントロール、純度の向上が可能か、ヘテロ構造による新たなエミッターの模索などを行っている。これらの過程では、材料へのイオンビーム照射等の処理、電極構造の作成、基板に局

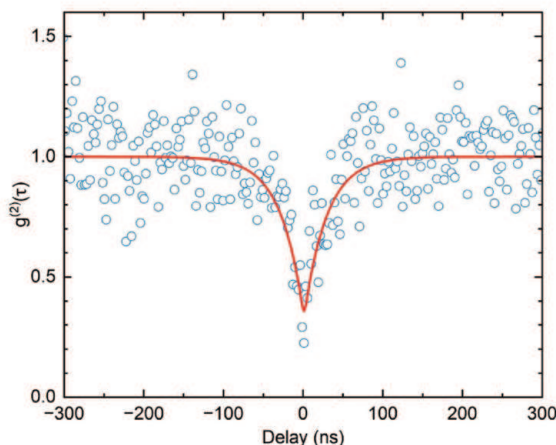
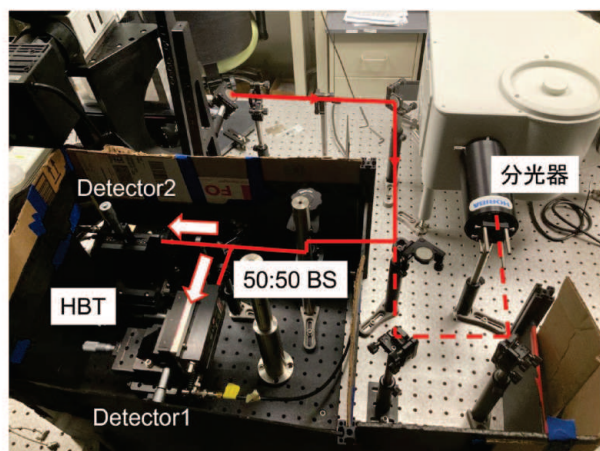


図1 単一光子検出。(左) Hanbury Brown and Twiss 干渉計。(右) 単一光子カウンティングのプロット。ゼロディレイのカウント $g^{(2)}(0)$ が単一光子純度を表し、 $g^{(2)}(0) < 0.5$ のとき単一光子発光と呼ぶ。

所歪み構造を作るなど、材料処理からチップ作成まで様々な手法を模索し、所属研究室では行えないことが出てくることも少なくない。こういった時は学内に大きなクリーンルームと共有装置を利用することで、自身で研究を進めていくことが出来る。クリーンルームではリソグラフィからエッチング、蒸着・成膜装置、またそれらの評価まで、トレーニングを受ければ学内外の誰でも使用可能である。スタッフはクリーンルーム専門で雇われた研究員が働いており、装置に関わる技術的な相談だけでなく、彼らとのやりとりから共同研究へ発展する研究者もいる。またクリーンルームに限らず、自身の有している装置を共同利用装置として登録している研究室もあり、AFM、SIMS、XPS測定など、様々な測定がこの共同利用システムを通して行える。先に述べた研究室間の盛んな共同研究、研究室内の異分野融合と合わせ、研究の加速力はこういったところから生まれているのだろうかと感じる。こういったクリーンルームとモノづくり設備は国内でも阪大の産業科学研究所をはじめ、様々な場所にも存在するようなので、今はアメリカの特権とは呼べないかもしれない。国内においてもこういった場所が研究を加速させ、時には新たな研究が芽吹く場所となることを期待する。

おわりに

ここまで、私の目から見たアメリカでの研究生生活について書かせていただいた。上で述べた他にも、TWIGと呼ばれる研究室の枠なしでの研究分野ごとの集まりで意見交換する場があったり、様々な研究者が大学を訪問してセミナーを行っていたりと、研究を加速させるのに適した条件が数多く揃えられているこの環境は非常に恵まれていると思う。まずはこの環境を精一杯活用し、一つずつ結果を出すべく一歩一歩研究へ邁進していく所存である。

最後になりますが、大学院時代にご指導いただき、本稿執筆の機会を与えてくださった斗内政吉教授、ならびに生産と技術関係者の方々に心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) I. Aharonovich, D. Englund, and M. Toth, “Solid-state single-photon emitters” *Nat. Photon.* 10, 631-641 (2016)
- 2) S. Gupta, W. Wu, S. Huang, and B. I. Yakobson, “Single-Photon Emission from Two-Dimensional Materials, to a Bright Future” *J. Phys. Chem. Lett.* 14, 3274-3284 (2023)

