

訪問日 2018年11月5日

東京大学 大学院工学研究科電気系工学専攻 竹中 充 准教授

研究題名：ゲルマニウムを用いた高効率中赤外光変調器の開発

研究室を訪問し(図1)、助成対象の研究独自性や先生の研究に対する考え方・想いなどをお伺いしました。

研究のポイントや独自性を易しく説明して下さい

【研究の背景】

光通信に使われている波長 1.5 μm 程度の近赤外光での光集積回路技術(シリコンフォトニクス)は、研究開発が非常に盛んで市場も立ち上がってきたところです。この技術で使える光の波長が広がるとアプリケーションはさらに拡大していくと考えられ、波長が 2~15 μm の中赤外光は各種分子構造の吸収波長帯であることから、通信用途だけでなく分子のセンシングへの利用などにも期待される領域です。

しかし、フォトニクスで使われているシリコン(Si)は、中赤外域では 8 μm 以上で吸収が増えてしまうという弱点があります。Si と同じIV族のゲルマニウム(Ge)は中赤外域で比較的透明な材料で、光の吸収制御において優れた特性も有していることから、シリコンフォトニクスで培われた技術を利用した Ge 光回路チップの研究も始まっています。研究の主流は Si 基板の上に Ge を結晶成長させた「Ge-on-Si」(図2)ですが、この方式では、

- ・Si での中赤外の吸収を完全に避けられない
- ・素子のサイズが大きい
- ・層界面に結晶欠陥が多い

などの欠点があります。

【本研究の独創性・独自性】

これまで、化合物半導体などの「貼り合わせ技術(Wafer Bonding)」を駆使した研究を進めてきました。その中で、近赤外光向け受光器の研究活動において高品質 Ge 薄膜の貼り合わせに成功したことから、この Ge 薄膜の中赤外光への適用を発想し、約 3 年前から「Ge 中赤外光集積回路プラットフォーム」の研究を進めてきました。この貼り合わせ技術を使った「Ge-on-insulator (絶縁膜上の Ge 薄膜)」(図3)は、

- ・Si による中赤外光吸収の影響がない
- ・結晶成長ではなく貼り合わせなので、界面の結晶欠陥がない
- ・光の閉じ込めが強く、素子のサイズが小さい

など、従来の Ge-on-Si と比較して多数の優れた特徴を有しています。これまでの研究を通じて、近赤外光で動作するシリコンフォトニクスに匹敵する Ge 中赤外回路を実証してきました。本研究では、この技術を使って中赤外光の信号をオンオフする素子(光変調器)を作ることがねらいです。

この分野の研究を進めてこられた理由は？

日本の光の分野ではレーザーの研究をやられている人が多いので、私は光を操る研究をしようと思いました。特に、光の位相を効率的に制御する(光の遅延を起こす)というのは、非常に難しいことです。波長 $1.5\mu\text{m}$ の光において、半波長分の遅延を起こすのに Si では約 1 cm 、つまり波長の数百倍もの長さが必要です。これを効率化するために各種の研究がされていますが、私は化合物半導体と Si をうまく組み合わせると非常に高効率に位相を制御できることを発見し、これを実現する研究を進めています。究極的な目標は、光と電子を一体でコントロールするデバイスを作ることです。

後進の学生に期待することは何ですか？

先生の言うことを一から十まで聞くのではなくて、「自分のやりたいこと」を自由な発想の下、研究に取り組んでほしいと思っています。本研究においても、従来知見ではうまく行きそうもない手法を学生が「やりたい」と言って始めたのが切っ掛けとなっています。学生が常識に捕らわれずに挑戦した結果、思いがけない結果が得られて研究が大きく進展するのを何度も目の当たりにしてきました。これから研究の世界に飛び込もうとしている学生にも、ぜひ好きなことに挑戦する気持ちを強く持ってほしいと思います。

後記

研究の説明をお訊きした後に、学科で共有しているクリーンルームと評価系の実験室を見せていただきました。竹中先生の研究室では、基本的に学生が「自分で設計し、自分で作って、自分で測る」のがモットーで、研究テーマは一人 1 テーマ（条件出しの様なテーマはやらせない）との方針をお訊きました。先述の「学生がやりたいテーマをやらせる」という考え方も含め、学生さんの考えを尊重し、研究者としての主体性を発揮できる環境が醸成されているのだと、思います。本研究の切っ掛けになった発見も「偶然うまくいったことから・・・」などと仰っていましたが、このような研究環境・研究姿勢が必然的に優れた「偶然」を生み出す土壌になっているのだと感じました。

現在、主力で進めておられる化合物半導体での光集積回路の研究は、人工知能に有効なコンピューティングへの展開が期待されるそうです。本研究からの成果による分子センシング用チップと人工知能チップを複合化することによって、将来誰もが使える病気の早期発見や環境安全に寄与するデバイスが誕生することを期待して、今後の研究を見守らせていただきたいと思います。

(技術参与 池田実)

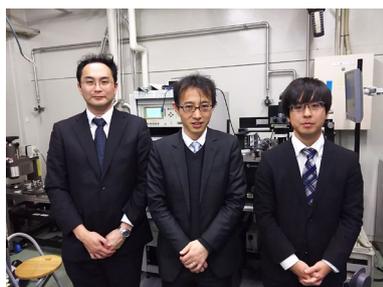


図 1 中央が竹中先生



図 2 Ge-on-Si
(従来研究の構造)



図 3 Ge-on-insulator
(本研究の構造)