

## 研究室訪問記 2017年度 奨励研究助成 新材料

訪問日 2018年10月26日

東北大学 多元物質科学研究所 吉松 公平 講師

研究題名：Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ナノ薄膜を用いた酸化物トランジスタ展開

研究室を訪問し(図1)、助成対象となった研究の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】

これまでコンピュータなどの電子デバイスに使われてきたシリコントランジスタは、その微細化限界などによって性能向上の限界が近づいている、とされています。近年、シリコンの特性を超える可能性を持った材料として「金属酸化物」が盛んに研究されています。一部の金属酸化物は、低温においては絶縁体、温度を上げていくと金属状態に変化する(金属/絶縁体「相転移」)という性質があり、電子デバイスにおける「オン」と「オフ」の二つの状態をとることができる材料です。研究の主流は二酸化バナジウム(VO<sub>2</sub>)で、この材料は相転移前後の電気抵抗変化が3桁あり、オンオフ性能としてはとても優れている材料です。

しかしながら、

- ・バナジウムは希少な元素で、量産するにはコストが高い。また、5価のバナジウムは毒性がある。
- ・二酸化バナジウムの相転移温度は50℃前後で、機器の温度上昇時には常に金属状態となり、オンオフのスイッチングができない状態になる。

などの電子デバイスとして実用化する上での課題を抱えています。

#### 【研究の独創性・独自性】

本研究では、周期表でバナジウムの隣に位置するチタン(Ti)に着目しています。チタンは地球上に豊富に存在し、毒性のない使いやすい材料で、既に高強度合金や二酸化チタン(TiO<sub>2</sub>)の光触媒として実績があります。チタン酸化物の中でも三酸化二チタン(Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)は、

- ・相転移温度が200℃以上で、デバイスが高温になっても相転移が可能である。
- ・相転移前後の抵抗変化がVO<sub>2</sub>と同様に3桁程度あり、オンオフ機能として十分である。
- ・豊富なチタンを元に製造でき、資源枯渇やコストの問題が低い。

と、実用化する上で有望な材料です。

これまで、この材料が研究されてこなかった一つの理由に、TiO<sub>2</sub>を原料に用いて成膜する従来の成膜方法では作るのが困難である、という点がありました。本研究では、パルスレーザー堆積法(図2)において独自作製のターゲット(成膜の原料)を用いることにより、Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜の生成を実現しています。この膜の厚さの制御は大変重要で、厚すぎると界面現象が薄まってしまい機能が弱く、薄すぎると相転移現象が起こらない膜になってしまいます。また、直近の研究ではTi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の結晶軸の向きと電流を流す向きの関係によって電気特性が大きく変わることが分かり、膜厚と結晶の向きの制御によって大きな効果を生

現することが可能になると考えられます。

### この分野の研究を進められた理由は？

修士課程のときには就職も検討しましたが、その当時はリーマンショックなどでの就職氷河期でした。関心のあった電機業界に元気が無かったこともあり、自分の才能を活かして「独自性」で社会に役立つことをしたいと思い、研究職を目指す道を選びました。

大学時代は遷移金属酸化物の光電子分光研究を行っていました。その後、助教になった東工大での研究室は電子デバイス材料の研究だったので、これまで培った知見を生かして金属酸化物を使った電子デバイスの研究が良いと考え、この研究を進めてきました。

### 研究活動の面白さは何ですか？

「変な結果」「予期していない結果」が出てきたときが一番面白いですね。当然、結果を予想して実験をするわけですが、それと全く違う結果が出たときに、それがなぜかを改めて考え直すと面白いアイデアが出てくることがあります。予測した結果がでる場合は、それはそれで良いことなのですが、予想通りの「そこそこ良い結果」止まりで終わってしまいます。

東工大で研究を始めたときは、元々このテーマ（今回助成対象の研究内容）をやろうとしていたんですが、研究を始めたところ別の組成を持つ材料が合成でき、それが超伝導を示すという面白い結果が出て、こちらが先に大きな反響になりました。最初の計画とは全く違ったんですが、良い成果に繋がりました。

### 後進の方に伝えたいことは何ですか？

最近の学生は、先生から聞いた研究の設定に沿っていない実験結果を、「変な結果」だと捨てちゃって報告してくれないことが多いですが、大学の研究、特に学生の研究では成功して終わらなくてもいいんです。「変な結果」が出てきたときに、「どうしてそうなったのか」という理論的な考察をキチッと考えることが大事なんです。逆に、考えていた通りに出てきた結果や今までの理論で説明できる結果と言うのは、サイエンスにおいて「大した結果ではない」ということです。「変な結果」こそ大事にしてもらいたいです。

### 後記

吉松先生は10月初頭に東工大から東北大に赴任されたばかりで、これからの研究準備に大変な最中にお邪魔してしまいました。とてもお忙しいにもかかわらず、対象テーマの内容だけでなく、結晶構造と超伝導・モットロニクス・パワーデバイス半導体の動向と実情・イオン液体、などなど、私達が投げかけた質問に丁寧にお答えいただき大変勉強になりました。

お話を聞く中で特に参考になったのは、それらの技術判断の考え方です。基本的な性能の良し悪しだけの視点に留まらず、コストや環境面、作りやすさ・使いやすさなど社会実装される際の多角的な観点から技術を判断されていることでした。今回の助成対象研究「 $Ti_2O_3$ 」も、これらのバランスが取れている材料であり、近い将来新たな電子材料として台頭してくることを期待して、研究の進展を見守らせていただきたいと思います。

(技術参与 池田実)

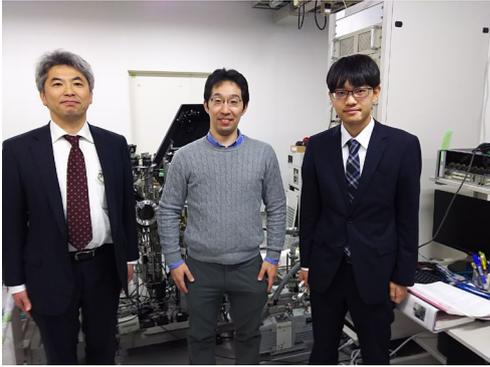


図1 中央が吉松先生

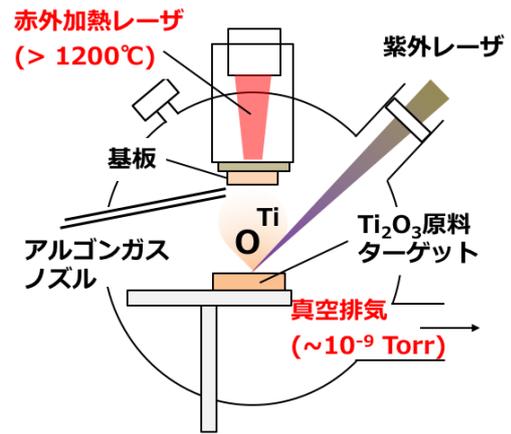


図2 パルスレーザー堆積法