



異なる材料の研究を通して ～BDT 挙動が結ぶシリコンと鋼～

九州大学大学院工学府物質プロセス工学専攻
博士後期課程 2年

前野 圭輝

1. はじめに

私は現在、九州大学大学院工学府物質プロセス工学専攻の博士後期課程の院生として東田研究室に所属し、結晶性材料の脆性-延性遷移(BDT)機構解明をテーマに研究を行っています。今回は「はばたく」執筆という貴重な機会を頂いた中で、私の研究内容を紹介させて頂くと共に、題目に挙げた全く異なる2つの材料を研究対象に選んだ経緯と感想について述べさせていただきます。

2. 研究内容の紹介

(1) 単結晶シリコンの BDT 挙動に関する研究

近年、半導体デバイスの需要拡大へ対応する為に Si ウェーハの大口径化が進んでいます。しかし大口径化に伴いウェーハ作製中に発生する応力により、割れや欠け、さらには転位など結晶欠陥が発生しやすくなるといった問題が生じています。本研究の目的は、それら欠陥と密接に関係する BDT 挙動が、ドーパントとして添加される種々の元素により受ける影響と、そのメカニズムを解明することです。種々の実験により、転位速度を上昇させる n 型ドーパントを添加すると、転位の易動度が上昇し BDT 温度が低下するという結果を導くことができました。

(2) Si ウェーハ中の酸素析出物が BDT 挙動に与える影響の研究

熱プロセスによりウェーハ表面に影響を与えない深度の基板中に酸素析出物などの微小欠陥 (Bulk Micro Defects; BMD) を発生させ、その歪場により、デバイス活性領域の金属不純物を捕獲する「ゲッタリング」という手法があります。本研究では酸素析出物のサイズが転位源 BDT 挙動に与える影響を明らかにすることを目的とし、研究室内の TEM グループと連携し研究を行いました。その結果、酸素析出物サイズを大きくすると放出されるパンチアウト転位がその後の転位増殖源となり BDT 温度が低下するという結論を得ることができました。

(3) Fe-Al 単結晶合金の BDT 挙動に関する研究

フェライト鋼に Si を添加すると BDT 温度が上昇すること、また変形双晶が発生しやすくなることが知られています。そのため、変形双晶の発生が BDT 温度上昇の原因と言われていましたが、そのメカニズムについては十分に議論されていませんでした。そこで Fe-Si 合金と似た機械的特性を示す Fe-Al 合金単結晶を用い、変形双晶の結晶方位依存性を利用し双晶の発生を抑制することで、双晶が BDT 挙動に与える影響とそのメカニズムを明らかにしました。

(4) 現在進行中の研究について

現在はフェライト鋼に Ni を添加した時の BDT 挙動の変化と転位の易動度変化の関係を詳細に明らかにすることを目的とし、研究を行っています。また、オーステナイト系ステンレスであるにも関わらず BDT 挙動を示す Ni フリー高窒素オーステナイトステンレス鋼や、ARB 加工を施した IF 鋼の BDT 挙動に関する研究も進行中です。

3. 半導体から鉄まで

Si という材料に憧れを抱いていた私にとって、単結晶 Si の BDT 挙動解明はまさに希望の研究テーマでした。ただその一方で、九州大学の材料工学部門では鉄鋼リサーチセンターなど鉄鋼研究が活発に行われていることもあり、次第に鉄鋼研究への憧れを抱くようになりました。そこで単結晶 Si の研究が一区切りついた所で、博士後期課程への進学を決心し、Fe-Al 合金単結晶の研究にテーマを変更することにしました。もちろん研究材料を変更することに抵抗や不安がなかったわけではありません。博士後期課程への進学も随分悩みました。しかし、ここで自分のやりたい研究を諦めたら一生面白い研究が出来ないのではないかという思いと、「転位の運動が BDT 挙動を律速しているという本質は、材料が単結晶 Si からフェライト鋼になっても変わらない」(=材料を変えても君の知識は生きる)という東田賢二教授と田中將己助教の言葉が私を後押ししてくれました。

研究材料を変更したことで、今までの実験手順がほぼすべて変更となり、作業量も大幅に増えることになりました。不慣れた実験器具を使用したために実験を失敗したことも少なくありません。それでも実験を積み重ね、Fe-Al 合金単結晶の研究を論文にまとめ上げられたことは研究生活を続けていく上で大きな糧となっています。

4. 終わりに

「BDT 挙動を示す」という共通点が生じた、使用用途が大きく異なる材料の研究を通して、多様な経験を積むことが出来た一方で、その中に潜む材料科学の普遍性といったものを感じ取ることができました。しかし、自分が理想とする研究者像にはまだ遠く、更に勉学に、研究に励む必要があるとも感じています。博士後期課程も残り1年半を切りましたが、悔いを残さないよう、切磋琢磨したいと思います。

(2011年10月4日受理)

(連絡先: 〒819-0395 福岡市西区元岡744)