

Microgravity Science

平らに成長する結晶 ファセット的セル状結晶成長機構の研究

FACET

背景と目的

きれいな六角柱になっている水晶を見ると、平らな面が組み合わさった結晶であることがわかります。塩やメノウの結晶も平らな面からできています(図1)。この平らな面をファセットといいます。ファセットの表面では分子や原子、たとえば水晶の場合は酸化ケイ素分子が面状に並んでいます。何種類かの原子でできている化合物半導体や酸化物結晶など、電子機器材料や光学部品に多く使われている材料には、結晶が平らな面状に成長、すなわちファセット成長するものがあります(図2)。樹木の枝のように成長する雪や氷の結晶と対照的です。

結晶成長の過程は非常に複雑です。とくにファセット成長については、それがいかなる要因の影響を受け、どのような条件下で進むのかはよくわかっていません。新しいファセットが形成される時に、結晶に欠陥が入ったり不純物を取り込んだりすることが知られていますので、品質のよい半導体や超伝導材料をつくるためには、ファセットの形成過程を詳しく調べることが重要です。また、こうした研究は、新しい機能を持った材料を創り出すことにも発展します。

ところで、水を火にかけたり、部屋でストーブを焚いたりしたとき、水や空気が上下に流れる現象が見られます。この現象は浮力対流と呼ばれ、加熱などによって水や空気の密度が変化したところに重力が作用して生じるものです。このような浮力対流は地上では避けられない現象であり、結晶成長過程を調べるときに成長環境を乱してしまいます。したがって、ファセット成長の様子を詳細に観察し、その過程を明らかにするには、重力によっておこる浮力対流をなくした環境、つまり微小重力環境である宇宙での実験が必要になります。

本実験では、モデル物質としてザロール(サリチル酸フェニル)／ブタノールの混合物質を用います。この物質は融液／結晶ともに光に対して透明で、融点が高いため、ファセット成長をその場で観察するのに適しています。

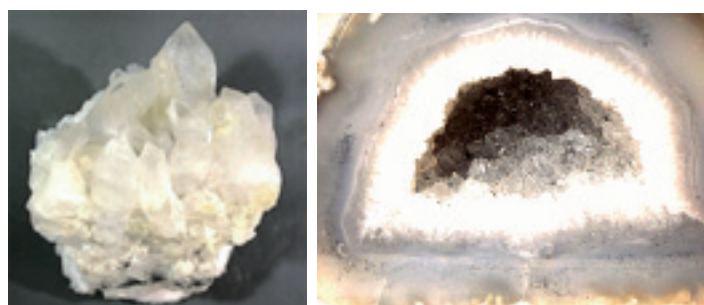


図1 水晶(左)とメノウ(右)の結晶

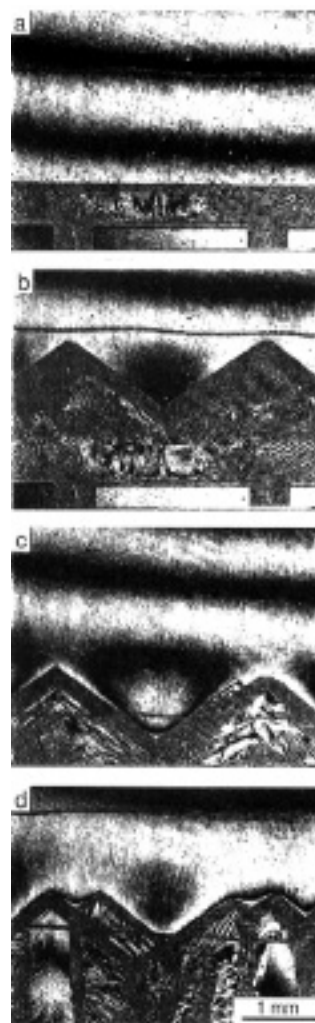


図2 時間とともにファセット成長するザロール結晶(地上)
(干渉縞画像:時間経過は(a)→(b)→(c)→(d))

実験内容

この実験は溶液結晶化観察装置(SCOF)という装置を使って行います。ファセット実験用の供試体(注1)外観を図3に、供試体内部を図4に示します。まず、試料溶液を薄いガラスの試料容器(図5)に入れ、両端に温度差を与えながら、平らな面からファセット成長させていきます。結晶成長の様子は透過光で観察する顕微鏡(振幅変調顕微鏡)でとらえます(図6(a))。振幅変調顕微鏡は結晶の形を正確に見るための顕微鏡です。また、温度と濃度の变化を測定するためにマツハツエンダー型干渉顕微鏡を用います。これは、溶液中の濃度や温度により屈折率が変化する現象をもとに、光の干渉作用を利用して濃度分布や温度分布を等高線のように表す(図6(b),(c))顕微鏡です。この干渉顕微鏡を用いて、新たなファセット結晶ができるときの結晶近傍の温度、濃度を正確に計測することができます。

この実験によって、ファセット成長にどのような要因が関係しているのか明らかにできれば、ファセット成長のプロセスを理論的に説明することができ、実際の材料製造工程への応用が期待できます。また、水晶やメノウのようなファセットをもつ天然の鉱物がどのようにしてできるかについても理解が深まると考えられます。

注：各実験専用に製作した試料ユニットのことを「供試体」と呼んでいます。



図3 供試体外観

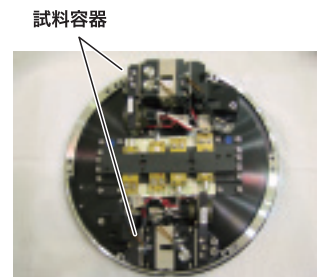


図4 供試体内部
試料容器が2箇所
にセットされている。

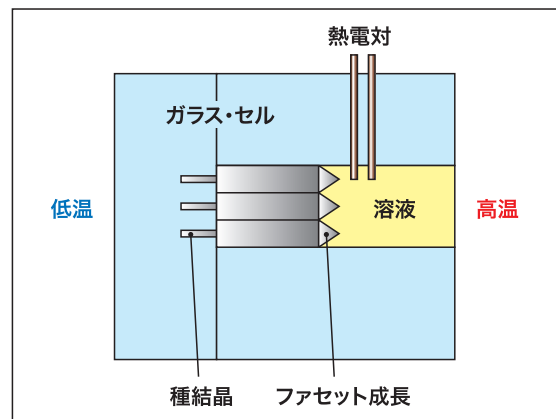


図5 結晶成長実験に使う試料容器の断面図

ココがポイント!

- 結晶が成長していく様子を非常に詳細に、かつリアルタイムで観察することで、ファセット結晶成長に対する理解を深めます。
- 電子機器の性能を向上させるためには、酸化物超伝導体や半導体材料として歪みや不純物の無い結晶を作る必要があります。ファセット結晶成長の過程を詳しく調べることで、品質の高い結晶を得ることができると期待されます。たとえば、太陽電池パネルで用いられる多結晶シリコンを効率良く製造し、クリーンエネルギーの普及に貢献できます。また、超伝導材料の特性を向上させ、リニアモーターカーなど大量輸送手段の普及や、携帯電話の基地局など情報通信網の拡充にも貢献できます。

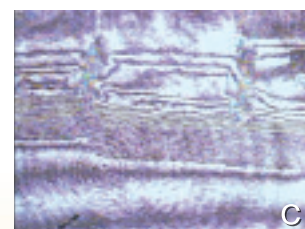
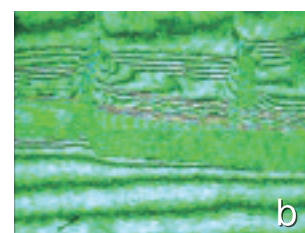
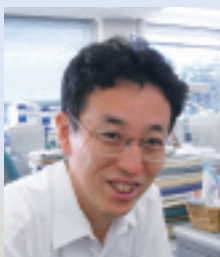


図6 振幅変調顕微鏡(a)とマツハツエンダー型干渉顕微鏡(b)(c)で見た結晶の成長の様子

プロフィール



稲富 裕光

宇宙航空研究開発機構
宇宙科学研究本部 准教授

専門：様々な重力環境下での
凝固・結晶成長