

# 圧電・半導体応用バルク単結晶の育成と評価

Growth and characteristics of piezoelectric/semiconductor bulk single crystals

島村 清史 SHIMAMURA.Kiyoshi@nims.go.jp

物質・材料研究機構

バルク単結晶を材料系の一つとして捉え、様々な応用に向けた新材料開発を試みている。ここでは圧電応用、半導体応用単結晶に関する最近の進展について報告する。

## 1. 圧電応用単結晶

多くの圧電材料はキュリー点などの制限により、利用可能な温度はあまり高くない。そこで高温で利用可能な圧電材料を目指し、開発を進めている。応用としては例えばエンジンの燃焼圧センサーなどが考えられる。自動車はハイブリッド化、電気自動車が進められるが、燃焼機関の省燃費化、排ガスのクリーン化などは未だ重要である。このためにはキュリー点が高温度であり、焦電性が無く、量産性に優れた材料であることが望ましい。特に高温での高い抵抗率も要求されている。これに適する可能性のある材料としてランガサイト型単結晶、中でも  $\text{Ca}_3\text{TaAl}_3\text{Si}_2\text{O}_{14}$  (CTAS) に着目し、検討を行った。CTAS は融点近傍である  $1400^\circ\text{C}$  以上までキュリー点がなく、焦電性も無い上、高温での高い抵抗率も期待される。しかしながらその単結晶育成は困難を極める材料としてこれまで認識されてきた。

結晶成長条件の様々な検討により、直径 1 インチの単結晶育成に成功した。その後、量産性を示すため、直径 2 インチへの大型化にも成功した(図 1)。抵抗率の温度依存性を測定した結果、 $400^\circ\text{C}$  で  $10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$  に迫る高い抵抗率が得られた。図 2 には、従来燃焼圧センサー用として検討が進められてきた  $\text{La}_3\text{Ta}_{0.5}\text{Ga}_{5.1}\text{Al}_{0.4}\text{O}_{14}$  (LTGA) の値も示す。LTGA の抵抗率が  $400^\circ\text{C}$  で約  $10^7 \Omega \cdot \text{cm}$  であることを考えると、CTAS の抵抗率は極めて高いといえる。

## 2. 半導体応用単結晶

自動車の自動運転への開発が活発化するなど、安全・安心社会の実現に向け、赤外線センサーへの期待が高まっている。従来の赤外線センサーに使われる半導体材料は、特に長波長側では有毒な元素を含み、かつ動作が低温化するなどの点が指摘されている。そこでこれらの点を回避する道の探索を行っている。まずは近赤外領域から検討を行っており、 $\text{Mg}_2\text{Si}$  の可能性を調べてみた。

検討の結果  $\text{Mg}_2\text{Si}$  のバルク単結晶を得ることができ、結晶成長条件の様々な検討により、半導体特性の最適化も行うことが出来た。しかしながら、バルク単結晶の育成はかなり難しく、大型化への懸念が持たれた。そこで、容易な方法で  $\text{Mg}_2\text{Si}$  を得るため、スパッタ法での成膜を検討した。Mg と Si のスパッタ後、高速熱処理を施すことで  $\text{Mg}_2\text{Si}$  単相の結晶性薄膜を得ることが出来た。これに電極を形成してフォト

ダイオードを作製し、光応答性を測定した結果、市販の Si-PIN ダイオードの特性を僅かであるが上回ることが出来た(図 3)。



図 1: 直径 2 インチの CTAS 単結晶

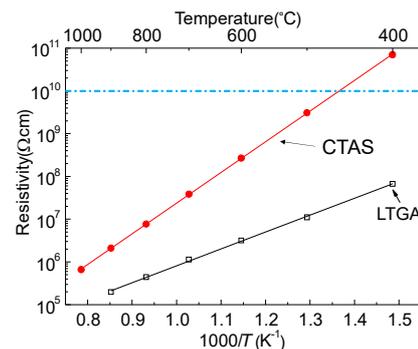


図 2: 抵抗率の温度依存性の比較

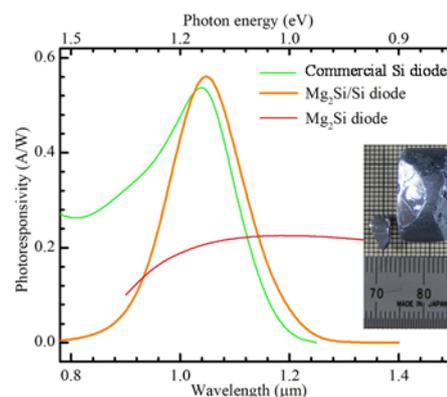


図 3:  $\text{Mg}_2\text{Si}$  バルク単結晶と、光応答性の比較

### 【共著者(所属)】

ガルシア・ビジョラ, Xiuwei Fu, Ahmed Elamir, 大橋直樹(物質・材料研究機構)

### 【関連プロジェクト】

元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>電子材料領域 東工大元素戦略拠点