

# 結晶工学分科会企画シンポジウム 酸化物・フッ化物単結晶の最近の展開

物質・材料研究機構 島村清史

酸化物系の単結晶材料はこれまで限られたもののみが実用材料として研究されてきた。ところが近年、光・電子工学の発展を背景に、特徴的な物性を持つ酸化物系単結晶が実用を目指す材料として登場している。本シンポジウムは、バンドギャップが酸化物よりも大きく、酸化物とは異なる応用が期待されるフッ化物系単結晶材料も併せ、最近の展開について広く議論することを目的として企画された。以下にプログラムを記す。

1. イントロダクトリートーク: 酸化物・フッ化物単結晶の最近の展開 木村秀夫 (物材機構)
2. CZ法によるサファイア単結晶成長 飯野貴幸 (住友金属鉱山 (株))
3. CZ法による  $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$  単結晶の育成と評価 蔵重和央 (日立化成工業 (株))
4. リラクサ系圧電単結晶材料の開発動向とその応用 山下洋八 (東芝 RC (株))
5. 高機能  $\text{LiTaO}_3$  結晶材料の開発と応用 望月正実 ((株) コイケ)
6. 酸化物単結晶成長プロセスの数値シミュレーション 塚田隆夫 (大阪府大)
7. UV/VUV 非線形光学応用の強誘電体フッ化物 島村清史 (物材機構)
8. 半導体リソグラフィ用大型フッ化物単結晶の育成と光学評価 縄田輝彦 ((株) トクヤマ)

世話人による簡単な趣旨説明の後、はじめに木村 (物材機構) が概論を述べた。酸化物結晶の研究に関する論文発表数の推移を時系列で示し、増減の波があるとし、近年再び増加傾向にあると紹介した。その反面、かつてはバルク単結晶に関する発表が多かったが、最近ではバルクは減少傾向にあり、薄膜に関する発表が増えていることを示した。更に以前は新しい材料探索が活発であったのに対し、近年は大型化、高品質化、多機能化、複合化、小型化といった多方面への展開が見られると同時に、機能化の一つとしてフッ化物などのハライド系化合物の躍進が見られると述べた。

前半は酸化物のバルク単結晶に焦点を絞り、まず、飯野 (住友金属鉱山 (株)) が CZ 法による  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の大型・高品質結晶育成について示し、結晶性や育成方位の影響などについて講演した。GaN の基板用として  $\text{Al}_2\text{O}_3$  単結晶が伸びてきており、今後もそれは加速すると見られている。 $\text{Al}_2\text{O}_3$  単結晶の育成はこれまで EFG 法が主流であったが、高品質化などを目指し近年 CZ 法での育

成が注目され始めている。続いて、蔵重 (日立化成工業 (株)) は  $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $\text{C12A7}$ ) の CZ 法による育成に取り組んでおり、そのバルク単結晶成長と特性について述べた。クラーク数の高い Ca や Al を主成分とする酸化物、いわゆるセメントのようなセラミックスが電気を通すということで近年  $\text{C12A7}$  が話題を呼んでいる。坩堝の種類や育成雰囲気により結晶性が大幅に変わり、赤色の着色はあるが透明単結晶が得られることを示した。更に導電性の発現と制御が可能であり、導電性の金属化も可能であることを示した。圧電結晶に関しては、山下 (東芝 RC (株)) が Bridgman 法による PMN-PT、PZN-PT の大型バルク単結晶育成について示し、結晶性や特性について述べた。リラクサ系圧電単結晶は極めて大きな電気機械結合係数を示すことから超音波診断装置などへの応用が期待されており、その実用化が始まっている。構成元素が多いため均質性に問題があり、これがコスト高という問題を生んでいることを述べると共に、最近韓国の会社で固相結晶成長法による育成が進んでおり、かなり進展があることを述べた。今後は均質性、コストが焦点になり、固相結晶成長法の進展にも着目していきたいとのことであった。そして望月 ((株) コイケ) は LT ウエハーをパイロフリー化することで、薄板化、高平坦化、焦電対策、コスト低減に大きなメリットがあると述べた。SAW デバイスの高周波化に伴い、LT ウエハーの薄板化や焦電対策などが問題となってきた。これに対応する形で近年パイロフリー LT が登場し、勢いを増している。製造工程、特性、特徴などについて示した後、今後ますますその必要性は増加していくであろうことも述べた。

後半はシミュレーションとフッ化物に焦点をあて、はじめに塚田 (大阪府大) が近年開発した 3 次元非定常性を考慮した総合熱解析手法について紹介し、固液界面形状等へ及ぼす影響などについて講演した。従来、酸化物単結晶成長を対象とした総合熱解析は融液内対流を軸対象、定常状態と仮定した解析であったが、CZ 法により育成される酸化物単結晶が大口径化するに伴い融液内対流が 3 次元非定常化する。ブラックボックス化しがちな酸化物のバルク単結晶成長において数値シミュレーションの重要性は増している。続いて、島村 (物材機構) は UV/VUV で SHG が可能な材料としてフッ化物強誘電体単結晶を開発したと述べ、その単結晶育成、光学・強誘電体特性、QPM デバイスの製作などを示した。UV/VUV 光源は半導体プロセス、医用などでの応用が期待されており、従来のエキシマレーザーに変わる

全固体化光源の開発が望まれている。近年、可視光やUV光でのSHG光を得ることができ、今後はVUVでのSHG実現に向け努力していきたいと述べた。その後、縄田((株)トクヤマ)に高屈折率を有するレンズ材料開発の動向と技術紹介をしていただく予定であった。193nmベースの光リソグラフィーの延命に伴い液浸技術が重要視されており、その中で高屈折率を有するレンズ材料開発が話題となっている。

酸化物系のバルク単結晶成長に関する研究発表数が減少傾向にあることは確かである。しかし今回、ピーク時で約90名の参加者があったことは本分野に関する関心の高さの現れであり、材料としての重要性を改めて認識することができた。

ご講演いただいた皆様に感謝の意を表すとともに、企画を進める過程で有意義な議論をしていただいた和田前幹事長、内山幹事はじめ結晶工学分科会の幹事諸兄に感謝いたします。