

## 合同セッションK

### 「ワイドギャップ酸化物半導体材料・デバイス」

#### 1. 実施概要

合同セッションKは、2004年秋季に、透明導電膜、センサー、紫外発光デバイス、透明トランジスタ、スピントロニクス、ナノデバイスなど、多彩な分野への応用が期待される酸化亜鉛系機能性材料の研究促進を目的として、「薄膜・表面」の「6.3 酸化物エレクトロニクス」、「6.4 薄膜新材料」、および「結晶工学」の「13.2 II-VI 族結晶」により、「酸化亜鉛系機能性材料」として開始され、2009年春季から現在のセッションタイトルである「ワイドギャップ酸化物半導体材料・デバイス」となり、募集範囲を酸化亜鉛(ZnO)以外に広げ、現在に至る。

今回、朱鷺メッセ：新潟コンベンションセンターで行われた応用物理学会秋季学術講演会においては、口頭発表47件、ポスター発表25件を含む、合計72件の発表が行われた。うち、講演奨励賞応募件数は22件であった。下図に、発表件数、口頭発表件数、奨励賞申請割合の年次推移を示した。発表会場は300人規模の会場を用意していただいたが、初日から最終日に至るまで適度な人数の聴講があった。その為もあり、議論は比較的活発になされた。なお今回は初日に6.3 酸化物エレクトロニクスと共同シンポジウム「酸化物エレクトロニクスの未来展望を描く」を開催した。シンポジウムに関する詳細はシンポジウムの報告書に記載する。

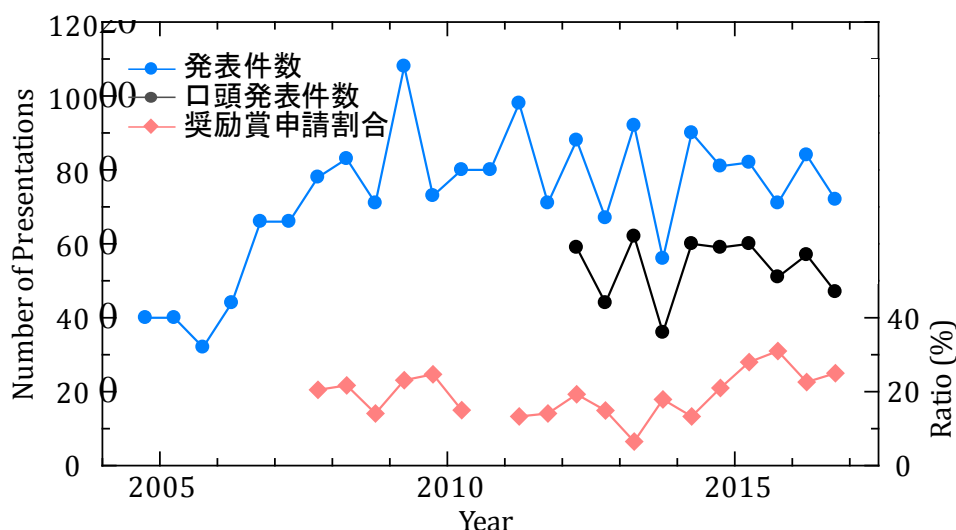


図1 合同セッションKにおける発表件数 講演奨励賞申請割合の年次推移

## 2. 構成

現在、合同セッション K に投稿される論文は大別すると、ワイドバンドギャップ半導体特性評価及び制御(透明導電膜(TCO)、導電特性)、デバイス(スイッチング素子・センサー・発光素子)関連、 $Ga_2O_3$  等を主体とするパワーデバイス関連、 $ZnO$  等や新材料を主体とする結晶成長関連の 4 つに分けられる。投稿された論文の内容に沿ってプログラムを編集した(図 2)。今大会への投稿は前回と同様、非常に優れたものが多く、プログラムとしても非常に充実した内容となった。

|    | 午前              | 午後(前半)                 | 午後(後半) |
|----|-----------------|------------------------|--------|
| 13 |                 | シンポジウム                 |        |
| 14 |                 | ポスター                   |        |
| 15 | ワイドバンドギャップ半導体特性 | デバイス<br>スイッチング・センサー・発光 |        |
| 16 | パワーデバイス         | 結晶成長                   |        |

講演奨励賞受賞記念講演  
[15p-A22-1] (13:30-13:45)

図2 第62回 応用物理学会秋季学術講演会  
合同セッションK 講演プログラム概要

## 3. 講演内容

以下にデバイス(スイッチング素子・センサー・発光素子)関連セッション、特に研究の進化が感じられたパワーデバイス関連( $Ga_2O_3$ 系)セッション、結晶成長関連セッションの内容について簡単にまとめた報告をする。

### デバイス(スイッチング素子・センサー・発光素子)関連 : 15 日午後 15:45 ~ 18:00

非晶質酸化半導体について、逆バイアス・温度・光照射ストレス試験後、価電子帯より  $1.5eV$  上に存在するサブギャップでの吸収係数増加量と閾値電圧・サブスレッショルドスイング値の関係などが報告され(日大)、非晶質  $InSnZnO$  の方がより高い信頼性を有することが示された。更に、価電子帯直上の欠陥を形成する酸素欠陥、水素、弱結合酸素は、光不安定性の原因と考えられているが、非晶質  $InGaZnO$  における弱結合酸素状態の HAXPES 結果が報告された(東工大)。光不安定性についての物理的メカニズムの解明に今後つながっていくものと思われる。 $In-Si-O$  をチャネル膜として利用した薄膜トランジスタにおいて、 $ZrO_2$  をゲート絶縁膜として採用した際に影響を与えられ、界面の固定電荷について報告され、 $ZrO_2/In-Si-O$  は、 $SiO_2/In-Si-O$  と同等の移動度が期待できることが示された(明治大)。

$ZnO$  を利用したガスセンサにおいて、 $ZnO$  の結晶面依存性が議論され、 $c(-)$ 面が最もエタノールガスに対して高感度になることが示され、(物材機構)、バイオセンサやガスセンサデバイス応用を目指して、塗布型  $ZnO$  材料へのナノインプリント法によるパターンニング技術が報告された(大工大)。 $Ga$  添加  $ZnO$  薄膜の近赤外光波長領域の光学特性が報告され、プラズモン特性の利用有効性が示された(高知工大)。 $ZnO/ZnMgO$  多重量子井戸を用いた紫外光変調器について、スペクトル変調が確認され(鳥取大)、また、深紫外光の個体素子光

源として注目されている MgZnO 混晶薄膜を MgO 上にミスト CVD で形成し、その基礎光学特性が報告された (京都大)。以上示すように、ZnO を利用したデバイス高性能化・新たな用途について新しい知見が示された。

#### パワーデバイス関連(Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系) 16日午前 09:00 ~ 11:45

本セッションはパワーデバイス用材料として期待される Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 系材料に関する研究に関して 10 件の講演がなされた。そのうち 4 件が講演奨励賞審査対象であった。

酸化ガリウム(Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)は結晶構造として  $\alpha\sim\epsilon$  の 5 つの相が知られており、現在  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 基板、MBE 等を用いて作製した  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜、ミスト CVD 法を用いて作製した  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜に関する研究内容に大別される。また、今回  $\epsilon$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜の作製に関する報告もされた。

1. タムラ製作所からは、パワーデバイス用基板として(001)面の 2 インチ  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 基板の作製に成功した件が報告され、それらの作製手法の概略や作製した基板の特性について報告がされた。
2. 佐賀大学のグループから、融液成長(EFG)法を用いて形成された  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 単結晶基板の結晶欠陥に関して詳しく報告された。  
基板表面の転位欠陥、空孔型欠陥、キャリア密度の分布を測定し、形成したデバイスのリーク電流の分布と比較することにより、リーク電流増大の主要因が、転位欠陥によるものであることを特定された。  
基板をエッチングし出現したエッチピットを観測することにより、各結晶欠陥が空孔に由来する物か転位に由来する物かを明らかにされた。
3. 一方工学院大学のグループからは、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 単結晶基板と c 面サファイア基板上にオゾン MBE により成長した  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜に関して、エリプソメトリーを用いてそれぞれの光学特性が報告された。特に、薄膜(150~700 nm)では、屈折率・吸収係数共に単結晶基板よりも小さくなる傾向がみられ、結晶性や欠陥、歪みなどの影響によるものではないかと報告された。
4. 石巻専修大学からは、オフ角を有した c 面サファイア基板上に  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜を形成した際に生じる結晶は以降の片寄り方に関して報告がされた。
5. 京都工芸繊維大学からは、ミスト CVD を用いて YSZ および MgO 基板上に六方晶系の酸化ガリウム(Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、 $\epsilon$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の形成に関する報告がされた。
6. 京都大学のグループからは、ミスト CVD を用いて  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜を中心としたコランダム型結晶系のデバイス形成を目的に、界面急峻化に向けた取り組みや Si や Sn ドープによる導電性の獲得およびエッチング手段などについて報告された。

#### ZnO 等や新材料を主体とする結晶成長関連 16日午後 12:45 ~ 14:15

本セッションは主に新材料に関する研究に関して 6 件の講演がなされた。そのうち 1 件が講演奨励賞審査対象であった。

合同セッション K が「酸化亜鉛系機能性材料」から「ワイドギャップ酸化物半導体材料・デバイス」へ転換できたのも、IGZO や  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  などの新材料に関する報告がなされてきたことが大きい。合同セッション K の継続的な発展という観点からも、新材料の発表は今後とも強く期待される。新材料の発表としては、アモルファスの酸窒化物や  $\text{WO}_3$ 、デラフォサイト型結晶などの報告がなされた。特にアモルファスの酸窒化物( $\text{ZnON}$ )は未知な物性が多いものの、アモルファスながらも高いホール移動度が期待でき、興味深い材料である。

### 3. 講演奨励賞

講演奨励賞への申請割合は年々増加傾向にあり、今回は 25%であった。意欲ある若手の発表があることは、今後の研究の進展に結びつくものであり、今後も積極的な申請をお願いしたい。

### 4. ポスターアワード

2013 年春季応用物理学会から、ポスター賞が設けられた。本講演会では合同セッション K から、2 件のポスターをノミネートし、14p-P10-22 木瀬香保利さんがポスターアワードとなった。

文責 高知工科大学 総合研究所&システム工学群 川原村 敏幸  
鳥取大学 工学研究科 情報エレクトロニクス専攻 阿部 友紀