

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」

東工大院工 大友 明

合同セッション K は、「結晶工学」と「薄膜・表面」で企画した合同セッションであり、材料横断的な視点でワイドギャップ酸化物半導体の「材料・デバイス」に関する討論を行っている。今回は奨励賞受賞記念講演 1 件「Zn(Mg,Cd)O 混晶の構造並びに光学特性評価 (山本ら)」を含む一般講演 81 件の講演があり、講演件数は過去 4 年間を通じてほぼ一定となっている (図 1)。ZnO をはじめとする II-VI 族結晶ならびに混晶に関する講演が全体の 7 割を占め、次いで a-IGZO や Ti 系材料に関する講演が多かった (図 2)。表 1 に現在注力されている材料-デバイスの組み合わせや問題点を材料別にまとめる (今回の講演内容に一致する項目を網掛けで示す)。

透明導電膜については、実用化の観点から主に膜厚と電気的特性との関係、耐湿性・耐熱性の改善、フレキシブル基板上への薄膜堆積などの発表が中心であった。全般的な傾向としてドーパントの種類を工夫したり、新しい評価法を試みたりと従来の枠にはまらない意欲的な試みが多く見られた。顕著な例では、LB 膜として得られた無機ナノシートをバッファ層に用いて低抵抗な Nb:TiO₂ 膜がガラス基板上に成長可能であることが示された (東大院理他)。この無機ナノシート法は、今後結晶工学分野に応用される可能性が高い。結晶成長・基礎物性評価では、Al をドーピングすると ZnO 薄膜が+c 面成長する結晶成長メカニズムについて注目が集まった (物材機構)。透明導電膜には直接関連しないが、TiO₂:Nb 単結晶を高密度光励起することにより新奇な青色発光が観測されるという発表が目をつけた (京大化研)。全体を通じて太陽電池用窓層材料への応用に対する注目度が高く、ヘイズ率とその制御性に関する発表や質問が多かった。

高純度・高結晶性を実現するために酸化剤に工夫を凝らした ZnO 製膜法が目をつけた。高温化で水素と酸素を白金ナノ粒子表面で触媒反応させて生成した高エネルギー水分子を CVD 成長に用いるという興味深いアイデアが提案されている (長岡技科大工)。この高エネルギー水分子と有機金属分子を気相中で反応させ、高エネルギー ZnO プリカーサーをサファイア基板に供給することで、室温移動度 $160 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ を有するエピ膜の直接成長に成功している。また、MBE 成長で通常使用される酸素ラジカル源に代えて純オゾン発生装置を用いると不純物混入が抑制され、低温で移動度が 50 万 $\text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ の ZnO ヘテロ構造薄膜が得られている (東北大金研他)。両方とも工業化に向けて有用な手段と言える。

ウェットエッチングやドライエッチングによるデバイスプロセスの最適化も着実に進んでいる。ZnO:Ga に対するウェット微細加工時の問題点やその解決法が明確になりつつある (高知工大)。また、ドライ加工によって ZnO 系 LED 構造の光取り出し効率改善が達成されている (岩手大他)。a-IGZO TFT については、その優れた材料汎用性によって大規模な工業化が望まれているだけに、薄膜・デバイス作製プロセス最適化による特性改善が高いレベルで行われていることが伺えた。

本報告をまとめるにあたり、赤澤方省氏、宇野和行氏、柴田 肇氏、寺迫智昭氏、藤村紀文氏にご協力いただいた。

表 1. ワイドギャップ酸化物半導体材料・デバイス分野の研究動向

(○：注力されている，◎：特に注力されている，網掛け：本講演会で発表があった)。

材料	デバイス						材料形態					問題点・課題など										
	発光ダイオード	光検出器	薄膜トランジスタ	透明導電膜	各種センサー	環境・エネルギー	バルク	単結晶薄膜	多結晶薄膜	アモルファス薄膜	ナノ粒子・ナノワイヤ	成長プロセス	ドーピング・混晶	欠陥制御	ヘテロ接合	デバイス加工技術	耐環境性	表面化学修飾	基礎物性	光物性	磁性・スピン機能	新機能探索
Zn-Mg-Cd 系	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	◎		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎	○
Ga 系		◎			○		◎	○				◎	◎		○				○		○	◎
a-IGZO			◎						◎		○			◎		◎	○		◎			○
In 系			○	◎				○	◎		○	○							○			
Sn 系			○	○	◎			○		○	○	○						○	○			
Ti 系				◎		○		○	◎		◎	○	○		○	○			○		◎	○

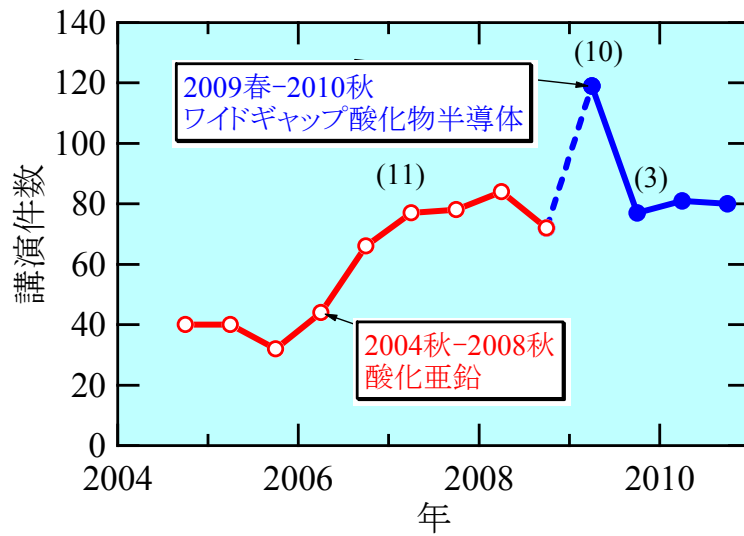


図 1. 講演件数の推移. 括弧内の数字は関連シンポジウムの講演件数.

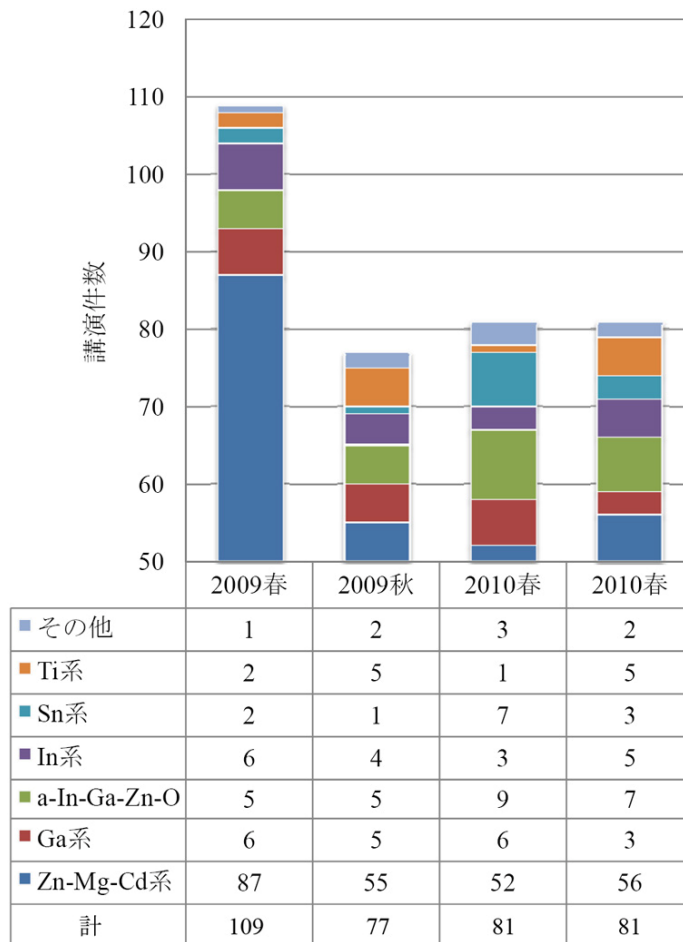


図 2. 過去 3 回の講演会における材料別内訳.