

## ISIF 2004 参加報告

兵庫県立大学大学院工学研究科

小舟 正文

### The 16th International Symposium on Integrated Ferroelectrics

Masafumi Kobune

Graduate School of Engineering, University of Hyogo

#### 1. ISIF 2004 の概要

ISIF (集積強誘電体国際会議) は、次世代の強誘電体不揮発性メモリ (FeRAM) の開発と実用化を第一の目的とし、医療、航空宇宙関連ならびに一般産業において応用が強く期待される強誘電体、高誘電率及び圧電体材料を MEMS 技術と結びつけた分野も含める総合的な国際会議である。本会議は米国 (事務局; コロラド大学) 各地とアジア諸国を開催地として毎年開かれている。第 16 回目の今回は、4/5 から 4/8 までの 4 日間にわたり、韓国の慶州 (キョンジュ) にあるホテル現代において開催された。開催地となった慶州は首都ソウルから南東に約 360 km の位置にある。この地は寺院、石塔、古代の墳墓など数百の歴史的な遺跡を有し、その中でも世界遺産に指定されている仏国寺や石仏はあまりにも有名である。このように北東アジア文化の真髄ともいべき慶州を訪れる観光客は年間 400 万人にも達している。

さて、今回の ISIF は 10 万本を超える桜花咲き乱れる春爛漫の中で行われた。今回は 13 のセッションで 393 件もの発表が行われた。

〒671-2201 姫路市書写 2167  
TEL 0792-67-4897  
FAX 0792-67-4897  
E-mail: kobune@eng.u-hyogo.ac.jp

表 1 国別の参加者数

国名	参加者数	国名	参加者数
Korea	204	Belgium	3
Japan	70	Czech	3
USA	35	Ukraine	3
China	13	Italy	2
Germany	9	Portugal	2
Switzerland	7	India	1
Taiwan	7	Israel	1
France	5	Latvia	1
Sweden	5	Others	4
Russia	4	Total	387

口頭発表は 3 つのコンベンションホールに分かれてパラレルで行われ、ポスター発表はそれとは別の 2 つのコンベンションホールを使って行われた。参加者は 387 名でどのセッションも大変盛況であった。表 1 は国別の参加者数を示す。言うまでもなく、開催地である韓国からの参加者がもっとも多く、次いで日本が二番目に多い状況であった。講演内容とセッション毎の講演件数を表 2 に示す。表から明らかのように、MEMS 応用のための焦電及びオプトエレクトロニクス材料問題と層状構造を有する FeRAM 材料問題をテーマとした講演が特に多く、本会議の主目的である FeRAM 量産化が目前に迫っている状況から、薄膜材料の機能性に関する興味が強誘電性から他へシフトしつつある現状をよく反映している。また、近

表2 セッション毎の講演件数

セッション	件数
FeRAM Process Integration	24
MEMS, Pyroelectric and Optoelectronics-Materials Issue	52
MEMS, Pyroelectric and Optoelectronics-Device Issue	26
Microwave Materials and Devices	40
Circuit Design and Architecture	7
Multi-Ferros and Graded Ferroelectrics	13
CVD/ALD-Processing	31
Modeling and Theory	18
Domains and Nanostructures	30
FeRAM Materials-PZT System	39
FeRAM Materials-Layered Perovskite	49
Testing and Characterization	40
Oxides on Si and High K Dielectrics	24

年, 世界的規模で環境負荷を低減する活動が具体化している。PZT 系-FeRAM の後継材料に高機能かつ鉛を含有しない非鉛系強誘電体材料の開発が強く望まれている。層状構造強誘電体はまさに“期待の星”であり, 今回の発表では  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  (BIT) を基本形とし, A サイトの一部を Ce, La, Nd で置換した材料について構造, 配向及び電気特性を調べた興味深いものが多かった。

## 2. トピックス

Plenary Lecture のセッションでは, T. Eshita (富士通) より FeRAM 量産に向けた技術要求に関する報告がなされた。2001 年より現在までは, Smart card 向けに  $0.35 \mu\text{m}$  FeRAM が出荷されてきており, これの動作電圧は  $3.0 \text{ V}$  であった。これに対し, 2004-2005 年にかけて Smart card, USIM, Mobile phone 向けに  $0.18 \mu\text{m}$  FeRAM が出荷される予定で, これにより動作電圧は  $1.8 \text{ V}$  まで低減される。また, 技術的には従来のスパッタ法にかえて MOCVD 法を採用することにより, 膜厚  $120 \text{ nm}$  で反転電荷量を約  $31 \mu\text{C}/\text{cm}^2$  まで高めることに成功している。さらに, 気になる分極疲労特性は  $1.0 \times 10^{13}$  回までは疲労しないことが報告された。

MEMS, Pyroelectric and Optoelectronics のセッションでは, B. Ploss (U. Jana) よりセンサ応用のための焦電コンポジットに関する報告

があった。この報告は  $56 \text{ mol}\%$   $\text{PbTiO}_3$  微粒子- $44 \text{ mol}\%$  P (VDF-TrFe)-0-3 コンポジットを作製し, 室温,  $f=10 \text{ Hz}$ ,  $E=80 \text{ V}/\mu\text{m}$  の交流電界印加と  $100^\circ\text{C}$ ,  $E=55 \text{ V}/\mu\text{m}$ ,  $t=1 \text{ h}$  の直流電界印加の二つを組み合わせた分極方法により単分極化を行った点において興味深い。

FeRAM Materials-PZT System のセッションでは, H. Funakubo (Tokyo Insti. Tech.) より配向性 PZT 膜の電気特性に関する報告がなされた。PZT 組成の  $\text{Zr}/(\text{Zr}+\text{Ti})=0.25-0.35$  のとき正方晶構造で大きな残留分極  $P_r=75-100 \mu\text{C}/\text{cm}^2$  と比較的小さな抗電界  $E_c$  が期待できる。また, この組成膜の膜厚による配向制御性についても  $40-60 \text{ nm}$  で  $c$  ドメインのみが,  $200-300 \text{ nm}$  で  $a$  及び  $c$  ドメインの共存となることが報告された。これより例えば膜厚  $50 \text{ nm}$  の PZT 30/70 組成膜ならば  $100\%$  (001) 配向膜が得られ, 大きな  $P_r$  と小さな膜厚を有することから低電圧で駆動する高密度 FeRAM の実現が大いに期待される。

FeRAM Materials-Layered Perovskite のセッションでは, A. Shibuya (Osaka University) より  $\text{Bi}_3\text{TiNbO}_9\text{-BiTi}_3\text{O}_{12}$  (BTN-BIT) 薄膜における La 及び Nd 置換効果に関する報告があった。BIT への La 置換効果は小さな  $E_c$  をもたらし, Nd 置換効果は大きな  $P_r$  をもたらすことが報告された。La 置換量が  $x=0.75$  で  $2E_c=200 \text{ kV}/\text{cm}$  が, Nd 置換量が  $x=0.5$  で  $2P_r=70 \mu\text{C}/\text{cm}^2$  が得られ, 今後の非鉛系 FeRAM 材料の開発の進展が大いに期待される。

Testing and Characterization のセッションでは, M. K. Jeon (KAIST) よりラマン分光法を用いた BLT セラミックスの置換サイトに関する報告がなされた。ラマン分光法による情報として  $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+}$  layer に帰属するピークは  $65 \text{ cm}^{-1}$  に, ペロブスカイト構造に帰属するピークは  $90, 119, 148 \text{ cm}^{-1}$  に生じる。しかしながら, 実際の測定によれば, 後者はそれぞれ,  $101, 125, 156 \text{ cm}^{-1}$  においてピークが観測され, 少しのズレを生じることがわかった。また,



ISIF2004 会議風景

200  $\text{cm}^{-1}$  以上の領域で観測されるピークは  $\text{TiO}_6$  オクタヘドラに帰属することが報告された。これらの知見は今後実用化が大いに期待される BLT や BLTV などのピスマス層状構造

強誘電体薄膜の構造解析に役立つものと思われる。

### 3. おわりに

本会議において特に興味深いものを取り上げて報告させていただきました。直接的にガラス材料に関係した発表はほとんどありませんでした。しかしながら、強誘電体及び圧電体薄膜はポストアニール法によりアモルファス状態から結晶化する方法が積極的に検討されており、これが実用化のためのキーテクノロジーとなっている。今後、高集積 FeRAM を得るための結晶化方法・条件を確立することによって数十 Mb から数百 Mb の FeRAM の実用化が大いに期待される。