

## 1.7 海外研究開発動向調査報告

### (1) 酸化物高温超伝導膜の作製とそのマイクロ波回路素子への応用

派遣期間：平成10年7月11日～平成10年10月8日

受け入れ先：アメリカ合衆国マサチューセッツ工科大学 物質工学科

所属：工学部 金谷 晴一

#### はじめに

マサチューセッツ工科大学 (MIT) 物質工学科 (Dept. of Materials Science and Engineering) を約3ヶ月間訪問し、酸化物高温超伝導膜のウエットプロセスでの製膜技術について調査研究を行ってきた。MITはアメリカ北東部マサチューセッツ州ケンブリッジ市にある私立大学である。ケンブリッジは、アメリカ独立の舞台となったアメリカ発祥の地ボストンに隣接し、周辺には60を超える大学 (Colleges & Universities) がある。ヨーロッパ風の石畳の細い路地やレンガ造りの家並みと、高層ビル群が所狭しと林立する様子は、古くて新しい街といった感じである。

MITは周知の通り、先端技術を研究、リードする理工学系では世界ナンバーワンと言っても過言ではない超エリート大学である。本動向調査のテーマである酸化物超伝導膜の成膜技術及び物性評価技術についても著名な研究者が多数おり、最新技術の情報交換が活発に行われている。また、後述するが、ベンチャーマインドに富んだ創造的研究者が数多く、特許件数が非常に多い。

#### M. J. Cima 教授の研究

今回滞在したCima教授は、超伝導膜、バイクリスタル薄膜の作製法に関して著名な研究者である。研究室は、S. L. Burkett 助教授、リサーチスタッフ1名、技官2名、ポスドク研究員2名、大学院生11名、学部学生5名と、長期休暇中に給料を支給されて研究活動をする Under Graduate Research Opportunity Program の学生 (3年生) 1名、同じく他大学から Summer Research Internship の学生1名、Visiting Scientist 5名で構成されている。研

究テーマは非常に幅広く、The Slurry-Based 3DP Process, Oral Drug Delivery Devices by 3DP, Microchip Drug Delivery, The Gel Plating Process for Selective Gold Metallization of Electronic Packages, Ceramic Micro reactor Fabrication Methods, Fabrication of Controlled Emissivity Structures, Oxide Buffer Layers for Epitaxial YBCO on Metal and Dielectric Substrate となっている。また、学科を超えた研究組織として「マテリアルプロセスセンタ」を構成し、テクニカルレポート (／年)、研究会 (Materials Day) (／年)、企業研究者による講演会 (／月) が行われ、筆者も研究会で発表した。

個人は「IDカード」により管理されており、建物の出入り口、銀行口座、食事、大学図書館、市立図書館、ハーバード大学との関係等が可能である。研究室の一員になるためには、技官によるブリーフィング (事故防止、避難経路、危険物取り扱い、廃棄物の処理) を受け、さらに Chemical Hygiene Test に合格することが条件となる。

滞在が夏休み期間中であつたので、研究室で様々なイベントが催された。図1はジョージ島へピクニックに行ったときの一コマである。

#### 調査研究

現在我々がVBLで行っている研究テーマは、「高温超伝導膜の作製」と「マイクロ波通信デバイスの設計」の複合技術であり、実用化のためには様々な分野の先端技術の融合が必要である。特に本研究で作成中の YBCO Sol-Gel 膜は安価かつ大面積で、様々な形状に製膜可能であるが、マイクロ波領域での耐電力特性が低いいため、実用化へのブレークス

ルーとして耐電力特性の向上した膜の作成技術に関する調査が必要であった。一方、Cima 教授らは、直流特性(臨界電流密度)の非常に優れたYBCO膜( $T_c(0)=93\text{K}$ ,  $J_c\sim 10^6\text{A}/\text{cm}^2$  at 77K)をSol-Gel法により作製しているが、膜の面積が非常に小さい。また、膜のマイクロ波特性についても測定されていなかった。そこで、Cima 教授らの製膜方法で大面積基板上にYBCO膜を製膜し、我々の研究室でマイクロ波特性を評価しようとするものである。

Cima 教授らの製膜方法は、出発原料として酢酸イットリウム、酢酸バリウム、酢酸銅をトリフルオロ酢酸で混合した溶液を用いている。基板は $\text{LaAlO}_3$ 単結晶基板(25×25mm; Cima 教授らが使用する基板の25倍)を用い、塗布・スピコートの後、仮焼成及び酸素中785°Cで最終熱処理することにより、膜厚0.35 $\mu\text{m}$ のYBCO膜を得た。基板サイズが非常に大きいため、混合溶液の濃度、スピコートの回転数を調節し、膜の均一性を保った。図2に9.9GHzでの表面抵抗( $R_s$ )の温度依存性を示す。なお、比較のために銅及び従来の方法により得られたYBCO膜の $R_s$ も合わせて示す。本方法では $\text{BaCO}_3$ 等の非超伝導相が析出しないため従来の方法に比べ特性が著しく向上したと考えられる。本製膜法によるYBCO膜は80K、9.9GHzにおいて $R_s=0.6\text{m}\Omega$ であり、ドライプロセス(In-situ Off-axis Sputtering)により作製されたYBCO膜とほぼ同等の高周波特性( $R_s=0.3\text{m}\Omega$ , 77K)が得られた。したがって、製膜コストの大幅な低減と様々な形状へ製膜が可能であると考えられる。なおこの結果は、本年度3月末に開催される、「第46回応用物理学関係連合講演会」において発表する予定である。

今後は、多結晶基板上への製膜および、高性能YBCO膜を加工し、平面型デバイスの開発を共同で行う計画である。

#### TLO (Technology Licensing Office) の活動

本学においてもホットな話題であるTLOの活動の様子を紹介する。TLOは学長直属の組織であり、スタッフは28人で、うちOfficer(5名)が一人一件

で対応するため、特許出願までのスピードが非常に早い。また、多くの発明者が使用者を紹介するようである。今年度一年間の学内での発明件数は356であり、うち特許出願件数は276、公開件数は119、譲渡数73である。一年間の総収入は\$18.6 Million、支出は\$5.12 Millionである。TLOは独立採算で運営され、収入は、発明者：研究費：TLO 運営費=1：1：1に分配される。さらに、\$500K以上の融資を受けて誕生したベンチャー企業数は毎年15企業に上る。

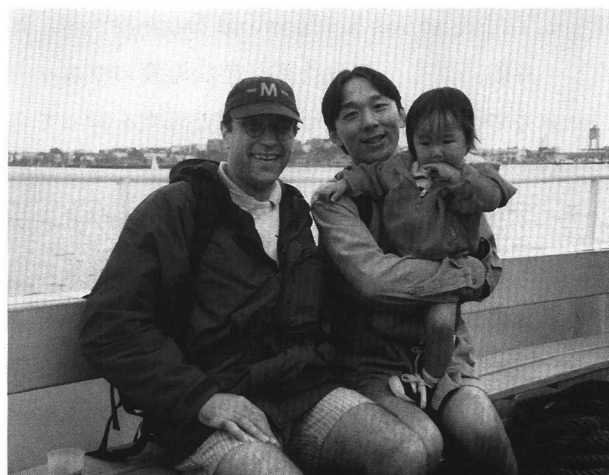


図1 M. J. Cima 教授(左)と筆者と娘

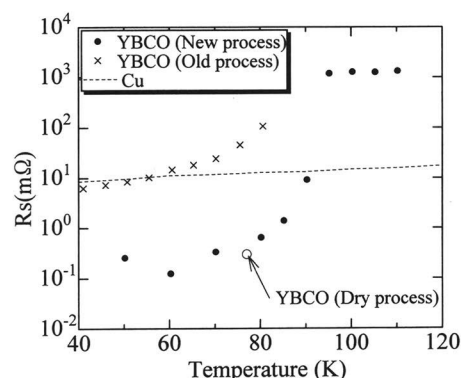


図2 表面抵抗 ( $R_s$ ) の温度依存性 (9.9GHz)

#### 謝辞

最後に、今回の海外研究動向調査という大変貴重な機会を与えていただいたことに対して、関係各位に心から感謝いたします。

#### 連絡先

TEL: 0836-22-9729 FAX: 0836-35-9459  
E-mail: kanaya@po.cc.yamaguchi-u.ac.jp