

エレクトロニクス材料開発分野の活動状況

川原田 洋* 神谷 利夫**

* 早稲田大学教授；大学院先進理工学研究科ナノ理工学専攻(〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

** 東京工業大学教授；応用セラミックス研究所

Research Progress on Materials for MEMS and Electronics Devices of Electronics Materials Development Group; Hiroshi Kawarada and Toshio Kamiya(*Graduate School of Advanced Science and Engineering, Waseda University, Tokyo. **Materials & Structures Laboratory, Tokyo Institute of Technology, Tokyo)

Keywords: *piezoelectric materials, carbon nanotube (CNT), bio-sensing, a-IGZO TFT, topological insulator*

2015年3月2日受理[doi:10.2320/materia.54.232]

1. マイクロエレクトロメカニカルシステムデバイス 用無鉛圧電セラミックス薄膜

有害元素含有材料の使用に関する規制が、欧州を中心に進められている。現在製品化されている圧電体セラミックス材料は鉛系酸化物の $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ (PZT)系が中心なため、無鉛圧電材料の開発は急務である。種々の無鉛材料の中で $(\text{K}, \text{Na})\text{NbO}_3$ (KNN)は、比較的高いキュリー温度と優れた圧電特性を有する化合物として注目されている。名古屋大学エコトピア科学研究所は、高均質、精密な組成制御が容易で、低温合成が可能な金属-有機化合物前駆体溶液での化学プロセスにより、KNN系化合物の薄膜化を行っている。所望の特性を得るための KNN 薄膜の特性制御のため、KNN に異種元素を置換あるいはドーピングする。多価イオンとなる Mn のドーピングでは、大きな問題である電気絶縁性の低下を解決している。その機構は、 Mn^{2+} あるいは Mn^{3+} の状態で薄膜中に存在する Mn イオンにより薄膜中のキャリアがトラップされ、絶縁性の向上が得られる⁽¹⁾。現在、早稲田大学ナノ理工学研究機構と共同で発現する特性の評価と薄膜のデバイス化を目指した検討を行っている。KNN 系薄膜における電界誘起歪み特性をはじめとした様々な電気的特性の解析、微細加工がその特性に及ぼす影響について、材料技術とデバイス加工技術を融合したカンチレバー型アクチュエーターの開発(図1)、さらには振動など自然エネルギーの電気エネルギーへの変換計測への展開を進めている。

2. ナノポーラス構造を利用した微細接合技術

電力エネルギーの効率と再生可能エネルギーの比率を高めるため、パワーモジュールやエネルギーモジュールが注目されている。パワーモジュールは動作時に電流を制御するため、大電流を制御するほど発熱量が大きくなり、またモジュールの小型化・軽量化では部品等の高密度搭載により温度上

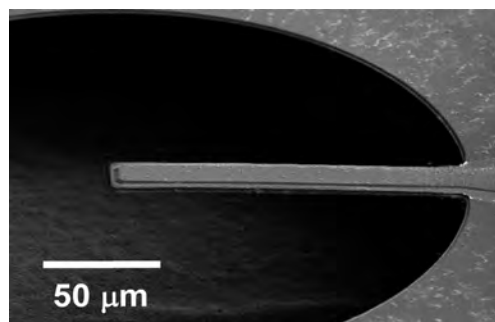


図1 微細加工後のカンチレバー型 $(\text{K}, \text{Na})\text{NbO}_3$ 系薄膜の電子顕微鏡写真。

昇が起り易く、そのような高温環境下では半導体デバイスの性能低下も懸念され、接合技術なども含めたデバイス内の各要素技術の高度化も不可欠となっている。現在、このような接合部には有害物質である Pb を含む高融点はんだ ($\text{Pb}-5\text{Sn}$ など)が主に用いられているが、環境意識の高まりから、有害物質を含まない代替材料とその接合プロセスの確立が喫緊の課題の一つとなっている。そこで、大阪大学接合科学研究所は、早稲田大学ナノ理工学研究機構との共同研究で、パワーデバイスなどに使用されている高鉛含有はんだ ($\text{Pb}-5\text{Sn}$, $\text{Pb}-10\text{Sn}$ はんだなど)の代替材料、及びそのための代替接合プロセスの確立などを目的とし、新たなナノポーラス構造を利用した微細接合技術の構築に取り組んでいる。これまでに Au-Ag 合金より作製した Au ナノポーラス材料(図2)を利用し、接合プロセスを制御することで、Cu/Cu 接合や Au めっき/Au めっき接合が可能であり、高鉛含有はんだと同等の 20 MPa 以上の接合強度を得られることなどを明らかにしてきた⁽²⁾⁽³⁾。

3. カーボンナノチューブによる SiC パワー半導体用電極

名古屋大学エコトピア科学研究所で開発された SiC 表面