

スクリーン印刷法によって作製した Carbon Nanotube 冷陰極電子源の 表面研磨による特性改善

Cold Cathode Electron Emitter Prepared by Screen Print Processes Followed by Surface Polishing

中條 妃奈

Abstract

The ballistic electron surface-emitting device (BSD) was demonstrated as an electron emitting source that solved almost all of drawbacks of the electrolysis discharge display, where polycrystalline silicon was adopted, by Koshida and Komoda in 1995.^[1] It is likely to be able to operate at low vacuum and low voltage drive. The electronic emission principle of BSD is different from FED. For example, the advantage of BSD is low-temperature process. However, a traditional fabrication method of BSD is too complicated to adopt in the mass production. Therefore we propose a cold cathode electron emitter, the principle of which is similar to that of BSD, but the fabrication method is quite simple, that is based on a screen printing process.

キーワード: BSD, Cold cathode electron source, Carbon Nanotube

1. はじめに

電界放出ディスプレイ (Field Emission Display : FED)技術の欠点をほとんど解決する電子源技術として、弾道電子放出デバイス (Ballistic electron Surface-emitting Display : BSD)が登場した。ナノ結晶シリコンを用いた BSD 技術が 1995 年に東京農工大学の越田氏によって発見された。^{[1] [2]}このモデルを図 1 に示す。BSD の電子放出原理は FED とは全く異なるため、低電圧駆動、低真空での動作、低温プロセス等が実現できるとされている。しかし、従来の BSD では、既存の装置では実現できないため、専用の装置を作製しなければならない。

そこで、図 2 のように、ナノ結晶シリコンの代わりに Carbon Nanotube (CNT)を用いることで既存の装置での作製の実現、BSD 構造の簡略化が可能になると考えた。構造が簡略化することによって作業工程の短縮にも繋がる。

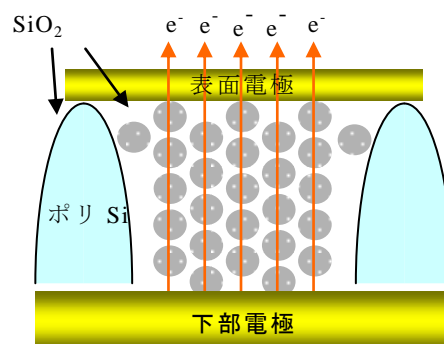


図 1 ナノシリコン BSD のモデル

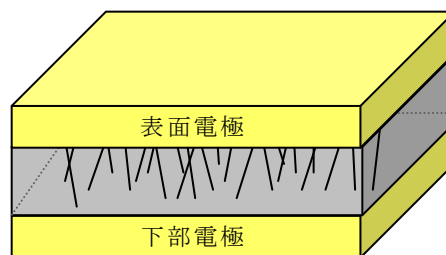


図 2 CNT-BSD のモデル

2. 実験方法

基板は ITO(Indium Tin Oxide)基板(ジオマテック社;膜厚 1500 Å, シート抵抗 10 Ω/sq)を用いた。ダイヤモンドカッターで 10×20mm²にカットし、アセトン、エタノールによる超音波洗浄を行った。

ペーストには CNT, ガラスペースト, α-terpineol を用いて表 1 の条件で作製した。CNT は電界集中が起りやすいため用いた。ガラスペーストを用いた理由は基板との接着の相性が良いためである。また、α-terpineol は、CNT の分散だけでなくガラスペーストの希釈もする。

α-terpineol に CNT とガラスペーストを加え、スターラーを用いて 70°C で 30 分攪拌した。基板上にメッシュを置き、その上からスパチュラを用いたスクリーン印刷法でペーストを塗布した。電気炉を用いて、α-terpineol の沸点である 150°C で 10 分乾燥させ、ガラスペーストの焼成温度である 510°C で 5 分アニールを行った。

図 3 のように、アルミニウム製の研磨器具を用いて円を描くように、#1500 のやすり上で 5 周研磨を行った。その後表面電極として、Ag を 10nm 蒸着装置を用いて蒸着した。

表 1 ペースト条件

CNT	0.01
Glass	0.06
α-terpineol	0.167

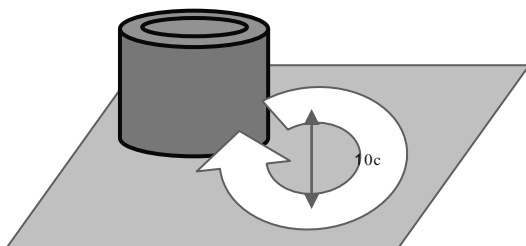


図 3 研磨イメージ

3. 評価方法

走査型電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope : SEM)を用いて、CNT の分散の程度や残量、研磨後の CNT の切断面の存在を観察した。

電界電子放出特性測定器を用いて、印加電圧を 0~500V まで変化させ、電子放出特性を測定した。その後 F-N プロットを作製し、傾きから電界集中因子βを算出した。

4. 結果と考察

図 4 に研磨前の SEM 像を示す。3μm の像から、CNT は互いに絡み合い、数か所ガラスペーストがついていることが確認できる。CNT の径は 20-200nm、長さは 9μm である。図 5 に研磨後の SEM 像を示す。

研磨前の 30μm の像と比較すると、削り取られてしまっている部分があった。図 6, 7 にやすりの SEM 像を示す。粒度が 15μm 程である。このような粗いやすりで研磨したため、大きく削り取られた。また、3μm の像から、研磨前の像からは確認できた、表面に乗っているような CNT は確認できなかった。これは、研磨することによって、表面の CNT が削られたからである。CNT の径は 20-100nm、長さは 4μm である。図 8 に表面電極蒸着後の SEM 像を示す。蒸着前のものに比べ、CNT が数本しか確認できない。また、CNT の径は 20-100nm、長さは 0.5-2μm である。Ag を蒸着することで、表面に観察できる CNT が減った。

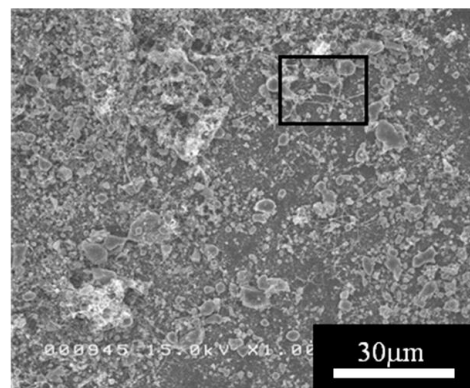


図 4-1 研磨前の SEM 像(30μm)

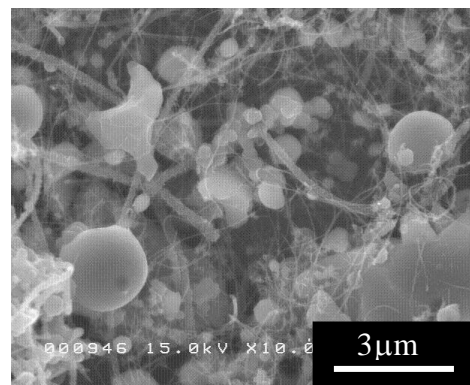


図 4-2 研磨前の SEM 像(3μm)

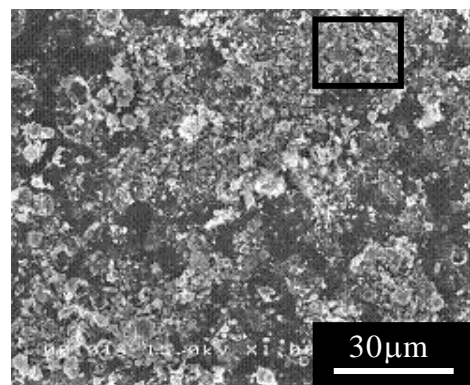


図 5-1 研磨後の SEM 像(30μm)

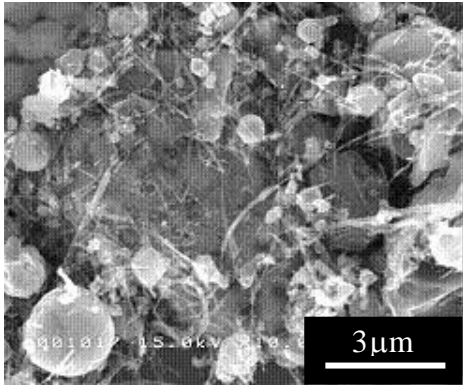


図 5-2 研磨前の SEM 像(3μm)

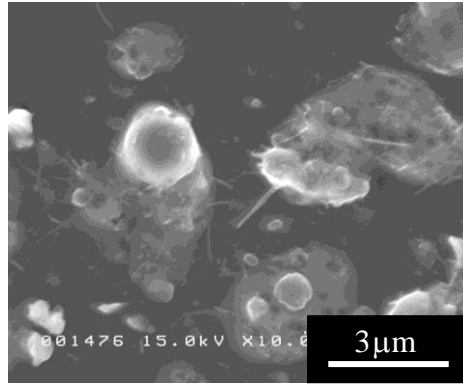


図 8-2 蒸着後の SEM 像(3μm)

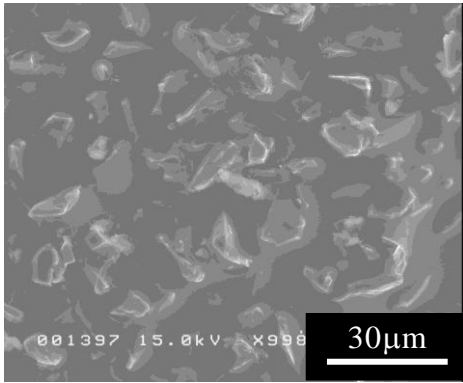


図 6 やすりの SEM 像(上)

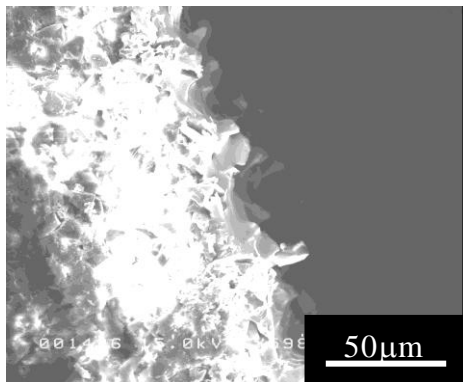


図 7 やすりの SEM 像(横)

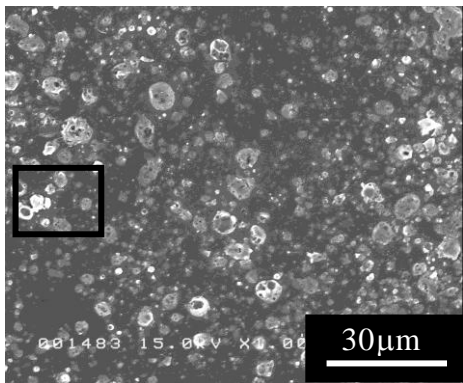


図 8-1 蒸着後の SEM 像(30μm)

図 9 に I-V 特性を示す. 研磨前に比べ, 研磨後の方が電流の上昇が大きい. また, 蒸着後では, 急激な電流の上昇が見られる. 図 10 に F-N プロットを示す. これより電界集中因子 β の値は, 研磨前が 2575, 研磨後が 4763, 蒸着後が 846 となった. 研磨後の方が電流が大きくなったのは, 研磨することによって CNT の先端が細くなったものがあると考えられる. また, 表面の乗っかっているような CNT がなくなり, 導通電流の割合が少なくなった. その結果, 効率的な電界集中が起こった. これは研磨後の β の値が研磨前よりも大きくなっていることから確認できる. 蒸着後では, 急激な電流の上昇が見られる. しかし, β の値は蒸着前に比べ小さい. よって, 急激な電流の上昇は導通電流によるものとなる. これは, 効率的な電界集中を起こすために表面電極として 10nm 蒸着したが膜厚が厚すぎ, 電子がトンネルできず, 表面電極にチャージしてしまう. 測定部と表面電極の接触によってチャージした電子が導通電流として測定され急激な電流の上昇となったことが考えられる.

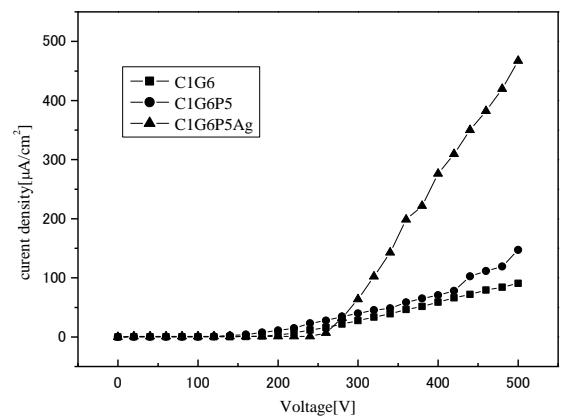


図 9 I-V 特性

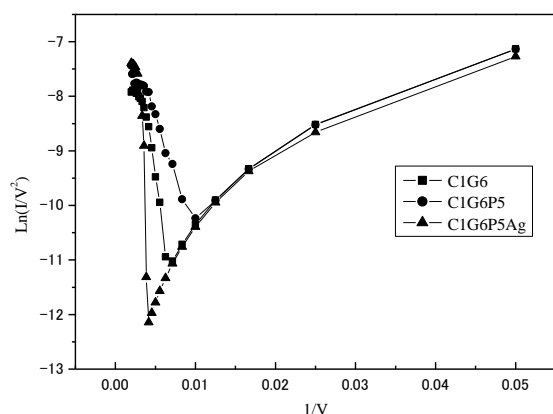


図 10 F-N プロット

5. まとめ

より平坦に塗布するため、メッシュを用いてスクリーン印刷を行った。

研磨することによって、表面に乗っかっている CNT を取り除いた。また、表面電極として Ag を蒸着することで CNT を覆った。

I-V 特性において研磨前より研磨後の方が電流の増加が大きくなった。また、表面電極を蒸着したものは他のものに比べ、急激な電流の上昇が見られた。しかし、 β の値から電界集中による電流ではなく、導通電流が原因と考えられる。研磨後と研磨前では、研磨後の方がより効率的な電界集中が起こった。よって、表面研磨による特性改善が行えた。

6. 参考文献

- [1] T. Ichihara / Journal of Crystal Growth 237-239 (2002) 1915-1919
- [2] 斉藤弥八, “フィールドエミッションディスプレイ技術”, シーエムシー出版, 2004 年.