

炭素膜からの電子放出を利用した発光素子の試作

筒本隆博，山本 晃

Fabrication of Light Emitting Device using Carbon Films

TSUTSUMOTO Takahiro and YAMAMOTO Akira

A carbon film deposited on Co-vaporized-Mo substrate, showed excellent field emission properties. Depositions were carried out by heating the substrates to 900 in a hot-filament reactor under H_2 -10% CH_4 at 30 Torr for 10 min. Threshold fields defined at the emission current density of $10 \mu A/cm^2$ were about 2 V/ μm . Maximum emission current density 20 mA/ cm^2 was obtained at 6 V/ μm . Using this carbon film, light emitting device was fabricated. The carbon film was patterned with hirosshima prefectural symbol, phosphorous screen was brightened by the field emission electron in the shape of the symbol.

キーワード：コバルト，炭素膜，電子放出，ディスプレイ，発光

1 緒 言

ダイヤモンドやカーボンナノチューブなどの炭素膜は，負の電子親和力（NEA），形状効果により優れた電子放出特性が期待されることから，次世代のフラットパネルディスプレイの電子放出素子として研究が進められている。既に一部ではカーボンナノチューブを用いたタイプのフラットパネルディスプレイが試作されており実用化も至近距離にある¹⁾²⁾。昨年までの研究で蒸着したCoをもとに炭素膜を合成することにより，優れた電子放出特性を有する炭素膜を得ることができた³⁾。そこで今回は，実用化に向けてディスプレイ素子を実現するための知見を得るために，真空装置外で使用可能な簡易な発光素子を試作し，特性を評価したので報告する。

2 実験方法

炭素膜を合成する基板としてはMo板（20 mm×20 mm×1 mm）を用いた。Mo基板上にポリイミドフィルムによりマスクを行い，炭素膜のパターニングを試みた。焼結したCo粉末を用いてCoを約2分間蒸着した。炭素膜の合成はTaCフィラメントを使用した熱フィラメントCVD法により行った³⁾。合成条件を表1に示す。これらは通常ダイヤモンド膜の合成の際に用いている装置，条件と同一であるがメタン濃度を10%と高濃度に設定して，ダイヤモンドの自形を崩し，グラファイト成分を増加させ

ることによる電子放出特性の向上を目指している。電子放出特性の測定は 1.0×10^{-5} Torr以下の圧力において，銅電極上に試料を配置し，ガラススペーサ（150 μm ）をはさんで銅電極を対向させた平行平板系で行った。

表1 炭素膜の合成条件

基板温度	900
フィラメント温度	約2500
フィラメント-基板距離	5 mm
反応ガス	H_2 - CH_4 混合ガス
CH_4 %	10%
ガス流量	300SCCM
ガス圧力	30Torr
合成時間	10分

3 実験結果

合成した炭素膜の外観図を図1に，SEM像を図2に示す。



図1 炭素膜（外観）

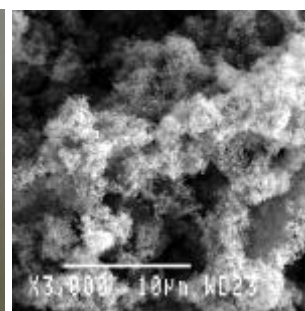


図2 炭素膜（SEM像）

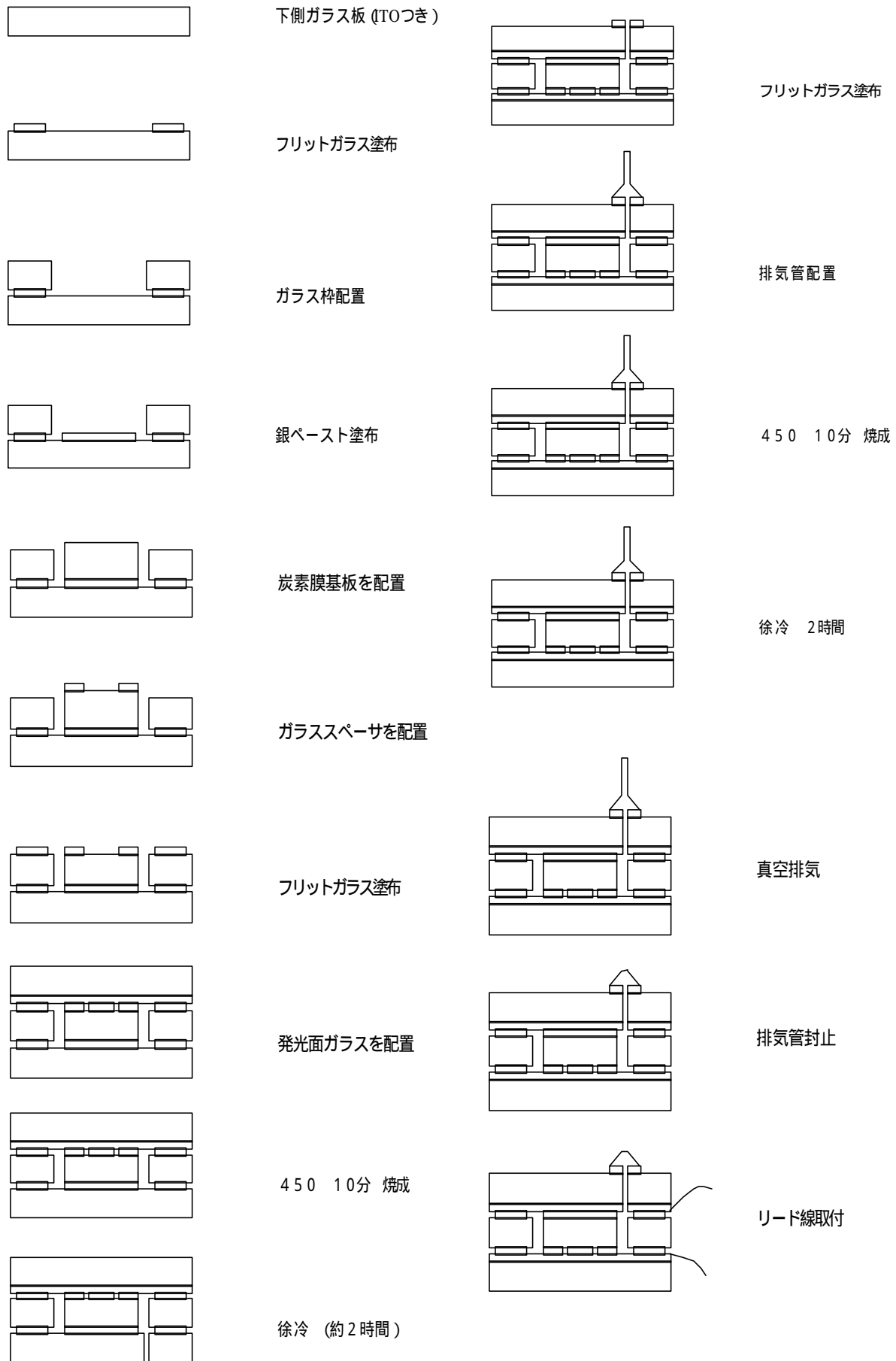


図3 発光素子の製作工程

Coを触媒として微細な多数の粒子が生成しているのがわかる。外観上は黒色ですとかわらない性状をしている。

電子放出特性は電子放出開始電界が $2 \text{ V}/\mu\text{m}$ ($10 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ を基準として)、最大放出電流密度が電界強度 $6 \text{ V}/\mu\text{m}$ にあいて $20 \text{ mA}/\text{cm}^2$ であった。

4 発光素子の製作と評価

4.1 蛍光板の製作

放出された電子により発光する蛍光材料を塗布した蛍光板を製作した。ITO（透明導電膜）つきガラス板の上に青色蛍光粉末（カラーテレビ用，ニラコ 1330）と造粘剤（奥野製薬G3-2596）を加え，酢酸n-ブチルに溶解したものをスピコートを利用して均一に塗布する。100℃以下で仮焼成の後，420℃で30分保持し，造粘剤をとばすと蛍光板が完成する。

4.2 発光素子の製作

炭素膜を合成したモリブデン基板及び蛍光板を用いて，発光素子を製作した。下部電極としてITOつきガラス板を発光面として，先に製作した蛍光板を用い，ガラス枠，フリットガラス（LS-0118 日本電気硝子株）を用いて炭素膜基板を真空中に封入した。製作プロセスを図3に示した。発光素子の断面構造を図4，外観を図5に示す。

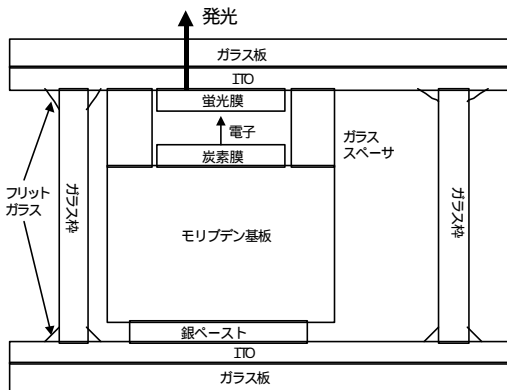


図4 試作した発光素子の断面構造

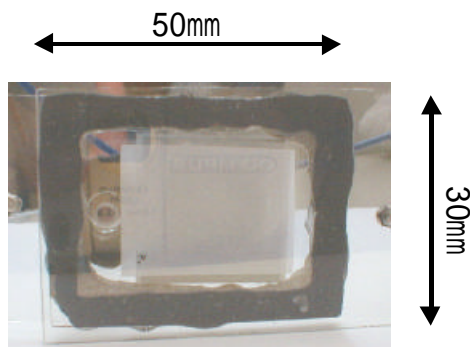


図5 試作した発光素子の外観図
(発光面側より)

4.3 高電圧発生回路の製作

発光素子に印加する直流の高電圧を発生させる回路を製作した。研究用の高価な高電圧発生装置を使用することなく，どこでも入手可能な簡単な部品で電池駆動可能でコンパクトな高電圧発生回路を実現することを目的とした。回路構成図を図6に，外観写真を図7に示す。交流電源として乾電池で駆動される市販のレンズつきカメラのフラッシュ回路を用いて，コッククロフト・ウォルトンの回路により直流の高電圧出力を得ている。

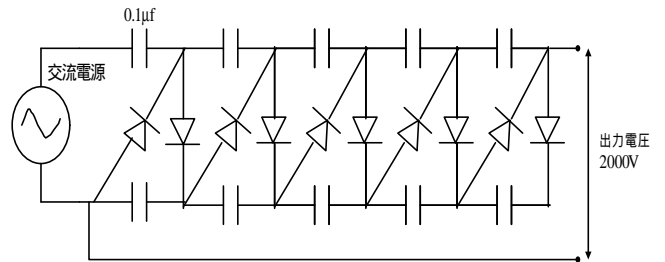


図6 回路構成図

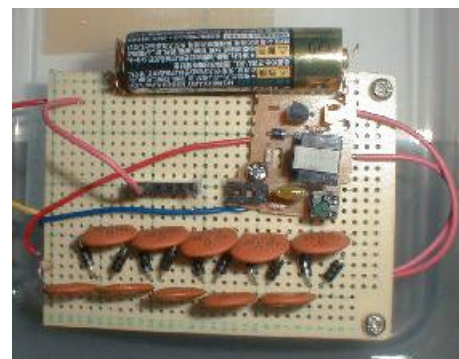


図7 高電圧発生回路（外観）

4.4 発光素子の評価

試作した発光素子に直流電圧を印加して発光を確認した。発光中の素子を図8に示す。



図8 発光中の試作素子
(印加電圧 1500 V 電流密度 $1 \text{ mA}/\text{cm}^2$)

今回用いた炭素膜はモリブデン基板上に広島県の県章（もみじ）の模様パターンニングされている。そのため均一に電子放出が生じれば、もみじ様のパターンが観察されるはずであるが実際には図のようにまばらな発光となっている。印加電圧を増大させると電圧に比例して放出電流が増大し、電子放出サイトも増加した。これは電子放出サイトがまばらに存在するために生じているのではなく、表面性状が不均一であるために電子放出の開始電圧が場所によってばらついているためであると考えられる。

試作した発光素子は真空封止から約2日間で真空度が悪化し、電圧印加時に放電を生じるようになった。これは蛍光板等からの放出ガスにより、徐々に真空度が低下したためであると考えられる。実際に発光素子として長時間の使用に耐える素子を実現するためには、ディスプレイメーカーで行われているように300程度に加熱して24時間以上真空排気する必要があると考えられる。

4 結 言

モリブデン基板上に合成した炭素膜を用いて発光素子を試作した。その結果

1. 発光強度及び発光点密度は印加電圧に比例して増加したが、連続して電圧を印加した場合、発光点が生成、消滅を繰り返す現象が観測された。

2. 試作した発光素子は2日間、発光可能であったが2日経過後、真空度が悪化し動作が不可能となった。
3. 連続して長時間使用可能な発光素子を実現するためには、十分なベーキング及び発光点の均一化が必要である。

謝 辞

おわりにあたり、真空封止した発光素子の製作工程についてアドバイスをいただき、試作に協力いただいた岡谷電機産業株式会社 埼玉製作所 技術部 青木正光次長に感謝します。

文 献

- 1) Won Bong Choi : Jpn.J.Appl.Phys.,39 (2000) 2562.
- 2) Junko Yotani et al., Proceedings of The Sixth International Display Workshops (1999) 971.
- 3) 筒本隆博,山本 晃 : 広島県西部工技研究報告 ,No43 (2001), 55.