

[研究論文] 冷陰極ランプ用 MgO 膜付 Ni 円筒電極の放電特性

後藤みき¹・中村有佑²・莊野俊宏³・三栖貴行⁴・荒井俊彦¹¹ 電気電子情報工学科² 博士前期課程電気電子工学専攻修了(現・株式会社アイ・シイ・エス)³ 博士前期課程電気電子工学専攻修了(現・三共電気株式会社)⁴ ホームエレクトロニクス開発学科

Discharge properties of Ni cylindrical electrode with MgO films used for cold cathode lamp

Miki GOTO¹, Yusuke NAKAMURA², Toshihiro SHONO³, Takayuki MISU⁴ and Toshihiko ARAI¹

Abstract

We developed the high-performance electrodes of a lamp used for backlighting liquid crystal displays. The discharge characteristics of the electrodes were measured. The electrodes used for discharge lamp were cylinder type (cup type). MgO has a high secondary electron emission. The MgO film was grown in Ni cup of 4 mm inner diameter by DC sputtering. The cathode voltages of a lamp with the electrodes coated in MgO thin films were simultaneously measured with a high voltage probe connected to a digital oscilloscope when the lamp was operated by a sine-wave power supply under the same discharge condition. The maintained voltages of electrodes coated in MgO thin films were 60 % lower than those of Ni. It was hardly sputtered in discharge tube with the MgO electrodes.

Keywords : cold cathode, backlighting LCD, MgO film, DC sputtering, maintained voltage, cup electrode.

1. まえがき

冷陰極蛍光ランプ (CCFL) は主に液晶バックライト用光源に使用されていたが、最近ではLEDが液晶バックライトや照明に用いられている。しかし、冷陰極蛍光ランプはLED照明に比べ拡散性があるため自然な光空間を得られるという特徴がある。そのため、冷陰極を用いたランプは工業用紫外線ランプだけでなく、一般照明用にも使用され、高効率化が望まれている。しかしCCFLは、高い駆動電圧を必要とするためスパッタリングによって電極が消耗し、寿命に大きく影響する。そこで我々はこれまでにCCFLの高輝度、低消費電力化などの高効率化と長寿命化を目指すため電極材料に注目した。最初に金属電極材料の仕事関数に着目し、各種金属の棒状電極(直径1mm)を用いた試作ラン

プを製作した。正弦波交流励起を用いることで異なる2つの電極材料の放電開始電圧を同時測定できる励起周波数について検討し、仕事関数の異なる金属電極での駆動電圧を比較測定できることを示した¹⁾。

次にプラズマディスプレイパネルの電極保護膜として使用されている二次電子放出率の高いMgOに注目し、MgOをCCFLの電極材料として用いることを考案した。ニッケル(Ni)の棒状電極にRFマグネトロンスパッタによりMgO膜を形成し、細管ランプの電極に用いた試作ランプを製作した。試作ランプの放電評価の結果、耐スパッタ性と低電圧化の可能性を確認した²⁾。しかし棒状電極のため、電極端の電界が強くなることにより、数時間の放電で電極が劣化し、ランプ電圧は上昇した。従って電界が電極の一部に集中しない形状でMgO膜を形成できる電極が

必要となる．そこで電極の形状を径の細い円筒状(カップ型)にし、電極内壁に MgO 膜形成を試みた．細管ランプの Ni カップ電極 (直径 3mm 以下) の内壁に DC スパッタ法により MgO 膜を形成し、そのカップ電極をランプとして用いたときに低電圧化と耐スパッタ性を可能にしたので報告する．

2. 微小 Ni カップ電極の内壁への MgO 膜形成

Fig.1 は微小 Ni カップ電極内に MgO を成膜するための直流スパッタリング装置の概略を示す．ガラス製チャンパーは内径 4mm の Pyrex ガラス管を用いて陰極には純度 99.9% の Mg 棒 (ϕ 1mm) をターゲットとし、陽極には MgO を成膜する微小 Ni カップ電極 (I.D. 2.6mm, 長さ 7mm) を摺り合わせ繋ぎ手を用いて取り付けました．スパッタリングガスは Ar/O₂ 混合ガスを用い、圧力 13Pa 一定とした．Ar 流量は 1sccm とし、O₂ 流量比を 2~24%(0.02~0.32sccm)、成膜電流を 2mA 一定とした．微小 Ni カップ電極内壁に MgO を成膜するために、陰極の Mg 棒を陽極の Ni カップ電極内に 1mm 挿入した．成膜の放電時間は 1~240min とした．MgO 膜厚は走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて測定した．

Fig.2 に直流スパッタにおける電極部の微小カップ電極の MgO 膜形成の図を示す．Ar⁺イオンなどの+イオンが Mg ターゲットに衝突し、ターゲット原子 Mg がスパッタリングされて飛び出し、O₂ ガスと反応して MgO として Ni カップ内壁に付着する．

Fig.3 に Ar ガスを 1sccm、O₂ ガスを 0.1sccm、全ガス圧力 13 Pa、放電電流 2mA のとき、陽極の Ni カップと陰極の Mg 線の先端の位置関係と成膜時の管電圧の関係を示す．Mg 線が Ni カップ内に 1mm 挿入したときの管電圧が高くなっている．Mg 線を陽極内部に挿入すると電子の平均自由行程より電極間距離が短くなり、電極間での電子の衝突回数が減るので、衝突電離が不活発となり、管電圧が上昇すると思われる．Ni カップ電極の内壁に MgO 膜を形成するために、陰極の Mg 線を 1mm 陽極内部に挿入した．陽極に挿入した Mg 線がほぼ軸の中心に位置する場合は放電中の放電管電圧は約 800V で、管壁温度は 70~80℃ であった．Mg 線の位置が中心からずれている場合には、放電管電圧が 1kV 以上に増加し、放電管の管壁温度が 100℃ 以上に増加することから Mg 線の位置を確認した．

3. MgO 膜付き電極の放電特性

3.1 実験装置および測定方法

Fig.4 に試作放電ランプと測定装置の概略図を示す．放電ランプの内径は 4mm、電極間距離は 20mm で、両端の電極に Ni カップ電極と本実験で製作した MgO 膜を形成

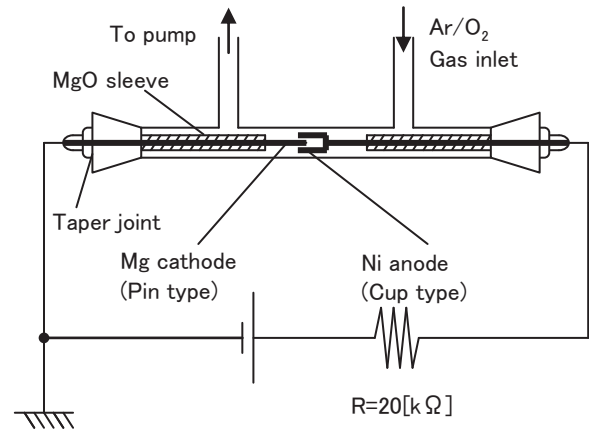


Fig.1 ガラス放電管を用いた直流スパッタリング装置

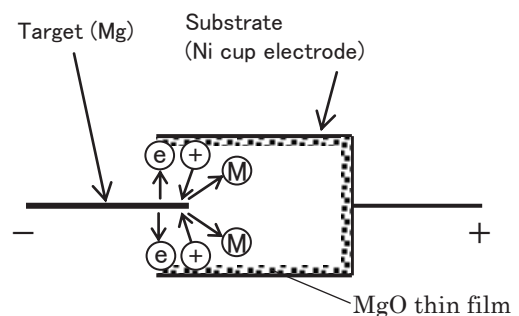


Fig.2 微小円筒電極の MgO 膜形成

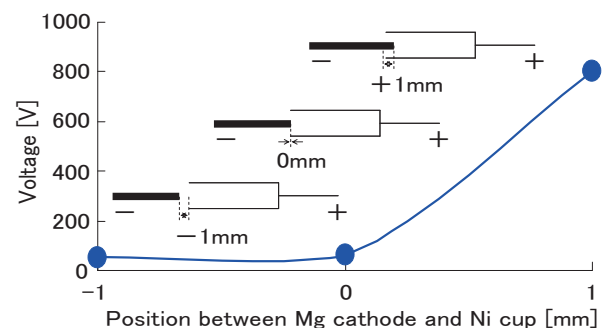


Fig.3 Mg 陰極の位置と管電圧の関係

した Ni カップ電極を取付けた。放電ガスは Ne 53 hPa を使用した。Ni 電極と MgO を被膜した電極の放電特性を同一放電条件で比較できるようにするためにランプには交流電圧を印加した。放電開始電圧と維持電圧は、高圧プローブ (1000:1) とデジタルオシロスコープを用いて測定した。

50 時間の放電試験のときは電極間距離を 50mm とし、放電励起には 50Hz の正弦波を印加した。

3.2 実験結果と考察

Fig.5 に測定した一例として、励起周波数 1Hz のときの試作放電管の電圧波形を示す。この図は電源の High voltage 側に Ni カップ電極、GND 側に MgO 薄膜付電極を接続したときの電圧波形で、破線は電源電圧である。図のように徐々に電圧が上がり急激に低下する直前のピーク電圧を放電開始電圧とし、その後の放電中の一定のところを放電維持電圧として測定した。正弦波の始めの半周期は正の電圧がかかることによって陽極に Ni、陰極に MgO のときの放電開始電圧と維持電圧の特性を示し、半周期後、逆側に負の電圧がかかり、陽極に MgO、陰極に Ni に相当する放電開始電圧と維持電圧が測定される。Ni 電極の維持電圧約 160[V]に対し、MgO の維持電圧は約 60[V]となり、著しく低下した。MgO 薄膜付電極での維持電圧は Ni 電極でのものより 60%低下した。放電開始電圧は Ni と同程度の値を示した。

Fig.6 は O₂ 流量比を変化させて成膜した MgO 薄膜付電極の維持電圧と MgO 膜厚の関係を示す。ここで膜厚はカップ電極の縁から約 1mm 内部での値である。MgO 膜付電極内の MgO 膜厚 0.5 μ m 以下で維持電圧は 90V 以上を示し、MgO 膜厚 1 μ m 以上で維持電圧は 60V を示した。このように MgO 膜付電極の維持電圧は Ni 電極のものより 60%低下した。したがって、低電圧化には MgO 膜厚を 1 μ m 以上形成する必要がある。

Fig.7 に放電試験後の放電ランプの写真を示す。周波数 50Hz、Ne ガスを 53hPa 封入し、Ni と MgO 膜付 Ni 電極を使用したときの 50 時間放電後の細管ランプの様子である。Ni 電極では 50 時間放電試験後の電極付近のガラス管内壁にスパッタ膜が生じたが、MgO 膜付電極ではスパッタ膜が全く生じなかった。

4. まとめ

液晶バックライト用細管ランプに用いられる冷陰極ランプの電極応用として MgO 膜付 Ni カップ電極の試作と放電評価を行い、以下の結果を得た。

- 1) 直流スパッタ法を用いて微小な Ni カップ電極に MgO 膜を形成することができた。
- 2) MgO 膜を約 1 μ m 以上成膜した電極の維持電圧は、Ni

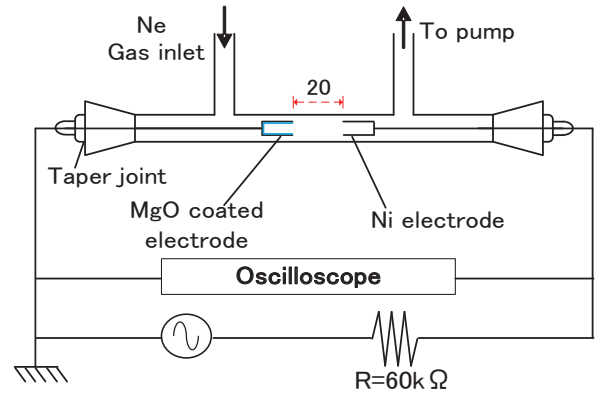


Fig.4 試作放電ランプの構造とランプ電圧の測定装置

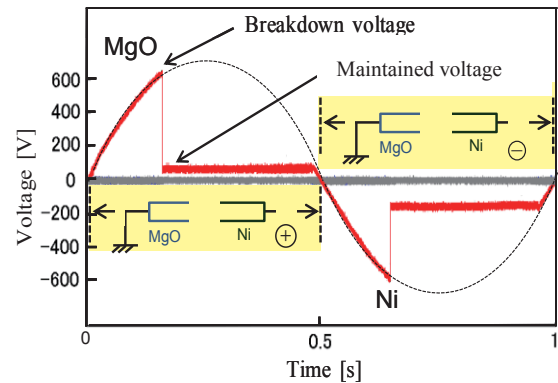


Fig.5 電圧波形

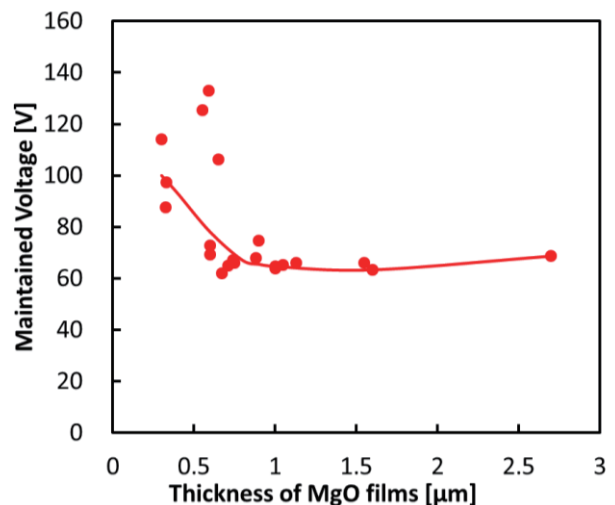


Fig.6 維持電圧と MgO 膜厚の関係

カップ電極のものより 60%低下した。

- 3) MgO 薄膜付 Ni カップ電極の耐スパッタ性は Ni カップ電極のものより優れている。

終わりに実験に従事した当研究室の平成 20 年～23 年度卒業研究生の諸君に対し感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 後藤みき, 荒井俊彦: 「細管冷陰極 Ne 放電中の放電開始電圧に及ぼす励起周波数の影響」, 照学誌, 95-11, pp. 718-721 (2011).
- 2) M. Goto, T. Uehara, T. Shono and T. Arai: “Voltage of lamp with MgO-coated electrode measured by sine-wave”, Proceedings of ICPIG, Prague, Republic, 3P15-25, pp.1269-1271 (2007).

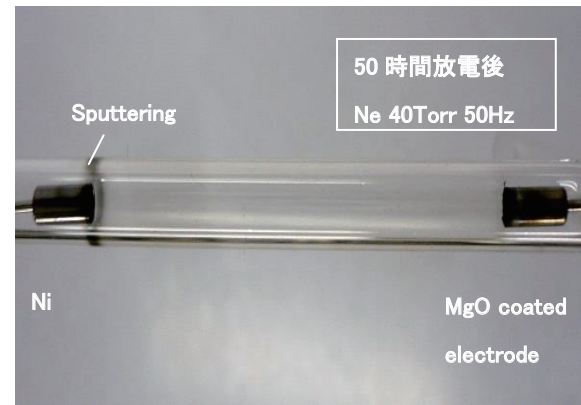


Fig.7 放電試験後の放電ランプ