

ヒータ電力を1/2にしたCRT用省電力ディスペンサカソード

Low-Power Dispenser Cathode for CRTs

樋口 敏春
T. Higuchi

松本 貞雄
S. Matsumoto

矢壁 徹
T. Yakabe

CRT (Cathode Ray Tube) 用の高電流密度・長寿命・省電力カソードの開発が強く要望されている。当社は、この要望に対し、従来の約1/2のヒータ電力で動作するIr被覆型ディスペンサカソードを開発・実用化した。構造は、従来のオキサイド(酸化物)およびディスペンサカソード使用の電子銃に装着可能な形状とした。また、輻射損失を低減させるためリフレクタを取り付け、さらにヒータ温度を低減するために、スリーブ内面に黒化膜を設けた。構造設計は、コンピュータシミュレーションにより熱損失、熱応力、および振動解析を行い最適化を図った。さらに、17,000hにおよぶ強制寿命試験により、エミッション寿命および黒化膜の信頼性を確認した。

Toshiba has developed a low-power Ir-coated 411 dispenser cathode for application to CRTs. The heater ratings are 6.3 V and 0.12 A. This structure is interchangeable with conventional cathodes used in Toshiba CRTs. It is also designed so as to be suitable for mass-production. The heat-reflecting cylinder is located between the cathode sleeve and the cathode holder to reduce the heater power, and the inner surface of the cathode sleeve has a blackened layer to lower the heater temperature. This cathode structure was designed by computer simulation using the finite-element method.

We have installed this cathode in a CRT and subjected it to a 17,000 h accelerated life test. The test results confirmed that the cathode has excellent reliability and heater characteristics.

1 まえがき

最近のCRTの動向は、HDTV (High Definition TV), CDT (Color Display Tube) などのように、高輝度化および高精細化が進み、カソードの高電流密度化および長寿命化が要望されている。これらの要望に適するカソードとして、ディスペンサカソードが注目され、各種のカソードが開発されてきた。

Ir被覆型ディスペンサカソードの高信頼性については、これまでも報告されてきた^{(1),(2),(3),(4)}。ディスペンサカソードをCRTに使用する場合、従来のオキサイドカソードとの互換性維持のため、ヒータ電力およびカソード構造が大きく制約される。当然、量産化が前提であるため設計には一段の配慮が必要である。また、カソード温度が高いことに起因して発生する種々の弊害、特にBa蒸発、ヒータとカソード間の絶縁耐圧の信頼性の確保も重要な課題である。当社は、これらの諸課題を解決し、CRT用カソードとして、実用特性を十分満たす量産可能なIr被覆型ディスペンサカソードを開発してきた⁽⁵⁾。また、このカソードの寿命予測についても報告してきた⁽⁶⁾。

近年、地球環境保護・省エネルギーの観点から、CRTの省電力化が叫ばれている。そこで、次のステップとして消費電力の低減化検討を行い、ヒータ電力が従来の約1/2の省電力カソードを開発した。

ここでは、省電力カソードの構造、CRTでの初期特性および寿命試験について述べる。

2 カソードの基本構造

省電力カソードの構造を図1に示す。カソードは、当社製CPT (Color Picture Tube), CDTに装着されている従来のオキサイドおよびディスペンサカソード(以下、従来カソードと呼ぶ)と互換性をもつ構造とした。したがって、カソ

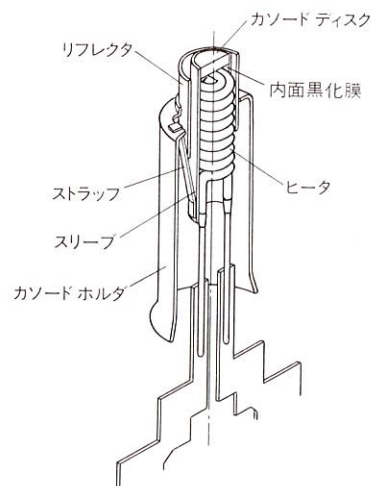


図1. CRT用省電力ディスペンサカソード 省電力設計のためリフレクタが取り付けられている。また、ヒータ温度を低下させるため、スリーブ内面に黒化膜が設けられている。

Schematic view of low-power dispenser cathode for CRTs

ードホルダは、従来カソードに使用されているものとして同一の部品を採用した。また、カソードの全体構造は、自動機で量産可能な形状とした。

モル(グラム分子量)比で4:1:1のBaO、CaO、Al₂O₃からなる電子放射物質が、気孔率約20%の多孔質タングステン製カソードディスクに含浸されている。カソードディスクの大きさは、直径1.1mm、厚み0.32mmである。カソードディスクの裏面はMo/Ruろう材で覆われている。カソードディスク表面にはIrが被覆されている。Irの被覆厚は、約150nmである。Ir被覆層は高温で熱処理され、下側のタングステン素地と合金層を形成する。この合金膜は、きわめて安定な金属間化合物膜であり、長時間の使用でも劣化しないようになっている⁽⁶⁾。スリーブ内面にはヒータからの熱を効率良く吸収させるため、タングステン粉末とアルミナ粉末からなる黒化層が形成されている。スリーブは、3本のストラップで支持されている。スリーブとカソードホルダの間には、輻射ロスを低減させるためリフレクタが取り付けられている。

ここで、比較のために従来カソードの構造を図2に示す。

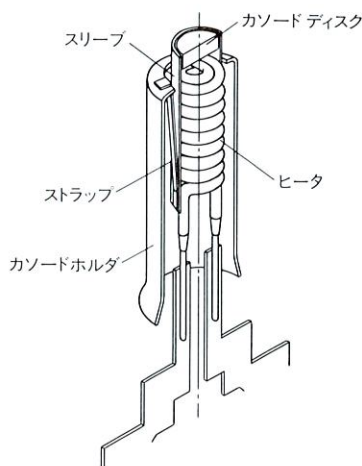


図2. CRT用従来ディスプレイカソード Ir被覆型ディスプレイカソードを示す。
Schematic view of conventional dispenser cathode for CRTs

3 カソード設計のポイント

図1に示したカソードのヒータ電圧・電流は、6.3V、0.12Aであり、図2に示した従来カソードの6.3V、0.2Aに対し約1/2のヒータ電力となっている。カソードの動作温度は、両者ともに同じ1,300Kに設定されている。

3.1 省電力化設計

ヒータ電力を従来の1/2にするための方法として、次に示す三つの改善を行った。

- (1) カソードスリーブの直径を従来より20%小さくして、輻射ロスを低減した。
- (2) ストラップの断面積を40%小さくして、熱伝導およ

び輻射ロスを低減した。

- (3) スリーブとカソードホルダ間にリフレクタを取り付け、スリーブからの輻射ロスの低減を行った。

表1に、省電力カソードと従来カソードの各部分からの熱ロスのコンピュータシミュレーション結果を示す。これを見ると、スリーブからの輻射ロスは0.25W、ストラップからの熱ロスは0.21W低減している。

表1. 省電力カソードと従来カソードの熱ロス計算結果

Comparison of theoretical heat loss of low-power cathode and conventional cathode

項目	省電力カソード	従来カソード	差
カソードディスクからの輻射ロス (W)	0.028 (3.8%)	0.040 (3.1%)	
カソードスリーブ表面とスリーブ開放部からの輻射ロス (W)	0.491 (66.5%)	0.737 (56.8%)	0.25
ストラップからの熱伝導・輻射ロス (W)	0.128 (17.3%)	0.338 (25.9%)	0.21
ヒータ脚からの輻射ロス (W)	0.065 (8.8%)	0.144 (11.1%)	
ヒータ脚からの熱伝導ロス (W)	0.027 (3.6%)	0.040 (3.1%)	
計算結果の合計 (W)	0.739 (100%)	1.299 (100%)	
実際のヒータ電力 (W)	0.76	1.31	

3.2 耐熱応力設計

省電力カソードは、ストラップからの熱伝導ロスを小さくするために、ストラップの断面積を従来より40%小さくした。この設計変更がカソード特性に与える影響を調べるため、構造解析を行った。解析には有限要素法プログラム: NASTRAN (NASA Structural Analysis) を使用した。

省電力カソードの熱変形および熱応力解析結果を図3に示す。解析はカソードホルダを含めた全体について行ったが、ここでは主要部分だけ図示した。

この結果によると、ヒータを点火することにより、カソードディスク表面は第1グリッド側に22μm近づいた。この変形量は従来カソードとほぼ同等であり、後述するサーマルドリフト特性でも良好な結果が得られた。また、図3からわかるように薄肉部分の異常変形は認められなかった。

図3に示す熱応力解析結果では、ストラップ折曲げ部分の熱応力は8N/mm²であった。この値は、ストラップ材であるタンタルのこの温度(1,200K)における高温抗張力値150N/mm²に対し十分小さい値である。

3.3 耐振設計

表1に示したように、省電力カソードの場合でも、ストラップからの熱ロス(熱伝導ロスと輻射ロスの合計)は0.13Wもあり、全電力の17%も占めている。したがって、さらなる省電力化を図るためには、ストラップの断面積をさらに小さくすることが望まれる。しかしながら、ストラップの断面積をさらに小さくするとカソード構体の共振点が低下し、輸送中の振動およびショックや、テレビセットのス

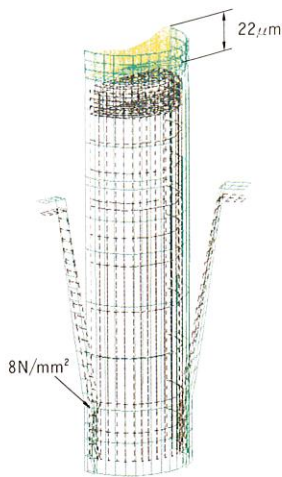


図3. NASTRANによる熱変形解析結果 ヒータを点火することにより、カソードディスクが22 μm上側に伸びることを示す。緑色表示部は変形後を、黄色部はそのときの変化量を示す。

Calculated thermal displacement of low-power dispenser cathode. Dotted color lines indicate thermal displacement.

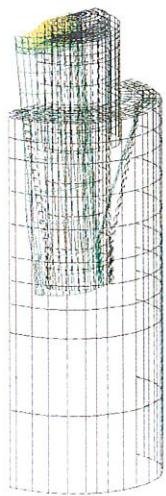


図4. NASTRANによる振動解析結果 カソードが第1次の固有値(3.3 kHz)で振動している状態を示す(揺れ幅は任意尺度)。緑色表示部と黒色表示部の間で振動している。

Results of vibration analysis of low-power dispenser cathode. Dotted color lines indicate vibration mode.

ピーカの振動などでカソードが変形するおそれがある。この影響を調べるため、固有値解析を行った。解析にはNASTRANを使用した。

その結果、幅0.3 mm、厚さ0.03 mmのTa製ストラップを採用することにした。省電力カソードの第1次の固有値は3.3 kHzであった。カソードが第1次の固有値で振動している状態を図4に示す。また、第2、第3次の固有値はそれぞれ15.6 kHz、15.7 kHzであった。ちなみにストラップを直径30 μmのRe/W線に変えた場合の計算結果は、第1次の固有値は0.3 kHzまで低下することがわかった。ストラップの細線化は熱ロスの低減上有利であるが、固有値の低下がスピーカの振動によるテレビ画像の乱れの原因となるので採用しなかった。

3.4 ヒータの安全設計

ヒータ温度の低下を目的として、省電力カソードではスリーブの内面黒化を行った。この黒化は、ヒータ温度を従来より150 K低減でき、ヒータの長寿命化に有効である。

4 Tube 初期特性

省電力カソードおよび従来カソードを、CDTおよびCPTに組み込み、初期特性の評価を行った。表2に41 cm (17 inch) CDTでの評価結果を示す。この結果、出画時間(スイッチオン後画像が出始めるまでの時間)、およびスイッチオン後画像として認識できるまでの時間は、従来カソードより約1.5 s速いことがわかった。また、 γ 特性($\gamma = \partial \log I_k / \partial \log E_d$ (I_k :カソード電流、 E_d :ドライブ電圧))は従来並の特性を得ることができた。これは、ヒータ電力を従来の約1/2にしながらもカソードの動作温度を従来と同じ温度に設定したためである。さらに、省電力カソードではストラップの断面積を従来より40%小さくしたが、サーマルドリフト(出画時のカソード電流の変動)およびショックホワイトバランス特性は、従来並の良好な特性にすることができた。

表2. Tube 初期特性(供試管:M41 CDT)

Tube initial characteristics

項目	省電力カソード	従来カソード
ヒータ電圧・電流(3-ガン構造)	6.3 V, 0.36 A	6.3 V, 0.62 A
カソード温度 (K)	1,300	1,300
ヒータ温度 (K)	1,410	1,560
出画時間 (s)	4.5	5.8
スイッチオン後、画像が安定するまでの時間 (s)	5.8	7.6
γ 特性	2.9	2.8
カソードイメージ	良好	良好
サーマルドリフト	R&B ガン: +16%	R&B ガン: -5%
	G ガン: +17%	G ガン: -16%
ショックホワイトバランス (加速度: 150 G)	Δx : 0.001	Δx : 0.001
	Δy : 0.002	Δy : 0.002

5 Tube 寿命試験

省電力カソードを大型CPTに組み込み、加速寿命試験を行った。寿命試験中のヒータ電圧は、定格に対し111%の強制電圧を印加した。カソードローディングは、通常の2.5倍とした。ピーク電流密度は7.6 A/cm²とした⁽⁷⁾。

加速寿命試験は、これまでに17,000 h経過し、安定した傾向を示している。寿命試験の各ステップで、省電力カソードのエミッション寿命特性を検証するため、カソード電流の変化を測定した。また、省電力カソードは新規技術としてスリーブ内面に黒化膜を設けた。このため、膜材の高温化学反応による変質を見るため、絶縁劣化のパロメータとなるカソード・ヒータ間のリーク電流(- I_{hk})を測定した。測定時のヒータ電圧は、両測定とも定格電圧とした。- I_{hk} 測定時のカソード・ヒータ間の電圧は、カソード側を正とし、300 Vを印加した。

その結果を図5および図6に示す。図5から、17,000 h時点でのカソード電流の劣化率は約3%であり、Ir被覆型カソードがエミッション寿命特性的に十分安定であることを確認できた。

さらに、図6から、 $-I_{hk}$ 特性は $0.3 \mu A$ 以下を継続しており、内面黒化膜によるヒータの異常劣化は認められないことを確認できた。

6 寿命予測

省電力カソードと同じIr被覆型ディスプレイカソードの寿命は、すでに報告⁽⁶⁾しているように、いくつかのモデルを適用することで予測できる。同様な方法を省電力カソードに適用した結果、予測寿命時間は70,000 h以上であった。

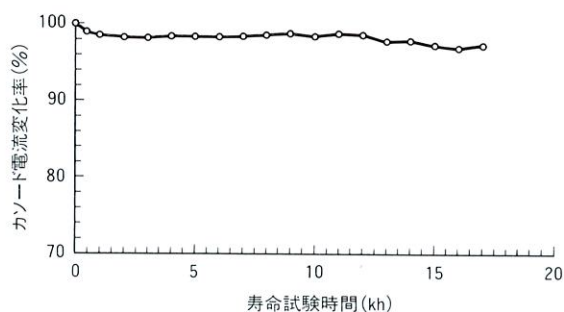


図5. 加速寿命試験中のカソード電流の変化 17,000 hでのエミッション劣化率は約3%である。

Change in cathode current during accelerated life test

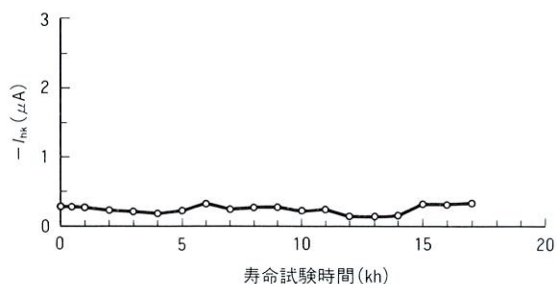


図6. 加速寿命試験中のリーク電流 ($-I_{hk}$) の変化 $-I_{hk}$ は全寿命試験時間において $0.3 \mu A$ 以下であった。

Change in heater-cathode leakage current ($-I_{hk}$) during accelerated life test

図5に示したように、省電力カソードの加速寿命試験結果は、17,000 hでも劣化率は3%程度であり、これにより予測寿命時間は過大な推定値ではないと言える。

7 あとがき

カソードスリーブの直径およびストラップを小型化し、さらにリフレクタを取り付けた構造にすることにより、従来カソードの約1/2のヒータ電力で動作するCRT用ディスプレイカソードを開発・実用化した。設計に際しては、コンピュータによる熱ロス計算、熱変形解析、熱応力解析、および振動解析を行った。また、従来のオキサイドカソードと互換性をもつよう配慮した。さらに、省電力カソードは、CRTでの強制寿命試験を17,000 h実施し、エミッション寿命、内面黒化膜の信頼性を確認した。今後の展開としては、さらに高電流密度対応、省電力設計のディスプレイカソードの開発を推進していく予定である。

文献

- (1) 木村栄, 他, 真空 **29**, p.378 (1986)
- (2) S. Kimura, et al, in Tech. Dig. IEDM87, pp.687-692 (1987)
- (3) Y. Ouchi, et al, Toshiba Rev. (Int. Ed.), **159**, p.25 (1987)
- (4) S. Kimura, et al, Vacuum, **41**, pp.1763-1765 (1990)
- (5) S. Kimura, et al, IEEE Transaction on Electron Devices, **37**, 12, pp.2564-2567 (1990)
- (6) T. Higuchi, et al, in Tech. Dig. IEDM91, pp.395-398 (1991)
- (7) H. Moss, J. Brit. I.R.E., pp.99-130, Dec. (1945)



樋口 敏春 Toshiharu Higuchi

電子デバイス事業部 材料部品技術部グループ長。
電子管用カソードの開発設計に従事。電子情報通信学会会員。
Electron Tubes & Devices Div.



松本 貞雄 Sadao Matsumoto

電子デバイス事業部 材料部品技術部主務。
電子管用カソードの開発設計に従事。
Electron Tubes & Devices Div.



矢壁 徹 Toru Yakabe

姫路工場 電子技術部主査。
電子管用カソードの開発設計に従事。
Himeji Works