シャドウマスクの磁界分布と電子軌道への影響

Magnetic Field Distribution of Shadow Mask and Its Influence on Electron Trajectory

奈須野 裕・芳賀 昭*・千葉隆史*・中西寿夫**・藤村健男**

宮城職業訓練短期大学校, 宮城県栗原郡築館町萩沢土橋 26 (☎987-22)

*東北学院大学工学部, 宮城県多賀城市中央 1-13-1 (☎985)

**三菱電機京都製作所, 京都府長岡京市馬場図所 1 (☎617)

H. Nasuno, A. Haga*, T. Chiba*, H. Nakanishi** and T. Fujimura**

Miyagi Polytechnic College, 26, Hagsawa Tsukidate, Kurihara 987-22

*Faculty of Engng., Tohoku Gakuin Univ., 1-13-1, Chuo, Tagajo 985

**Mitsubishi Electric Corp., Kyoto Works, 1, Baba Nagaokakyou, Kyoto 617

It is well known that, in a color CRT, color change occurs due to the magnetization of a shadow mask and frame under the environmental magnetic field. In order to clarify the influence of the magnetization of a shadow mask and frame quantitatively, we measured the magnetic field distribution around the mask and frame, and calculated the electron beam trajectory change with a slit model to simulate a shadow mask. The results show that the remarkable change of the trajectory and velocity of electron beam occur in the slit region with the high magnetic flux density.

Key words: shadow mask, color cathode ray tube, electron beam trajectory, magnetic field

化される。この結果、マスク周辺の磁界分布が変化し、CRT 内を走行する電子ビームの軌道が変わり色ずれを生ずる原因となる。従来、この磁化されたマスク周辺を電子ビームが走行する際、どのような軌道の変化を受けるか、必ずしも定量的に明らかにされていない。このためマスクの磁化による電子軌道への影響を明らかにする必要がある。

本論文では、環境磁界によるカラーブラウン管の色ずれ現象を確認し、マスク周辺の磁界分布を測定した。さらに拡大マスクモデルにおいて、環境磁界により磁化されたマスクモデルの周辺を電子ビームが走行するときの電子軌道への影響について、解析および実験による検証をした結果について報告する。

1. まえがき

カラー CRT (Cathode Ray Tube) は、テレビ受像機やコンピュータのディスプレイ装置として広く使われている。このカラー CRT はますます大型化・高解像度化しており、地磁気および電源装置などからの漏れ磁界により、色ずれや面像の揺れを生じやすくなっている^{1), 2)}。この対策としては、CRT を高透磁率材料によって磁気遮蔽をしたり³⁾、蛍光体ドットを小さく形成し、ドット間をブラックマトリックスで埋めて、電子ビームの軌道の変化に対し裕度を持たせる設計手法をとっている。しかし、前者については、十分な遮蔽効果を得るには高透磁率材料を多量に必要としコスト高になり、後者については画面の輝度を犠牲にする。それゆえ、環境磁界に対する効果的な対策はカラー CRT の重要な課題である⁴⁾。

カラー CRT は一般にシャドウマスク (以下マスク) 方式であり、色選択の機能を持つマスクが内蔵されている。このマスクは厚さ 0.1~0.25 mm と極めて薄い軟鉄で作られており、地磁気のような弱い磁界に対しても磁

2. 色ずれ現象の観測

本研究では色ずれ現象を明確に把握するため、地磁気の約 2 倍の環境磁界を設定して観測した。環境磁界の影響を調べる場合には観測を容易にするため、カラー CRT を緑ビームのみ動作させ画面を緑一色に調整して行う。観測実験にはストライプタイプ蛍光面を持つ 21 型のカラー CRT を使用した。Fig. 1 は実験に用いたヘルムホルツコイルで、水平コイルが一辺 238 cm、垂直コイルは 220 cm でコイル中心から上下左右約 40 cm、奥行き約 20 cm までは 1% 以内の均一磁界分布を持つ。実際の地磁気では、水平と垂直の成分の合成として色ずれが現れ複雑となる。ここでは、ヘルムホルツコイル内の地磁気をキャンセルし、水平磁界のみに設定し、カラー CRT の画面が磁界に平行な向き (東西) と、直交する向き (南北) にそれぞれ置いた画面の色ずれを観測した。各方向での磁界設定の際には、前の残留磁化の影響を取り除くため、ゼロ磁界で消磁を行った後、設定磁界を印加した。

Fig. 1 Schematic structure of Helmholtz coil.

Fig. 2 Example of the discoloration of a color CRT.

Fig. 2(a) は画面を東に向け、南方向より磁界を印加した場合の色ずれ現象例である^{5), 6)}。画面左上、右下で緑から青に、左下、右上で緑から赤に変化している。画面を西に向けた場合は、東に向けた場合とは逆の色ずれを生じる。Fig. 2(b) は画面を南に向け、南方向より磁界を印加したときの色ずれ現象例を示したものである。画面の上部が緑から青に、下部が緑から赤に変化している。画面を北に向けた場合は、南とは反対の色ずれを生じる。Fig. 2 (b) の色ずれは電子銃から発射された電子ビームが、蛍光面に達するまで一様磁界によるローレンツ力を受け、その軌道が振れることによって容易に導かれる。しかし、Fig. 2(a) の四隅での色ずれは、一様磁界のローレンツ力だけでは説明できず、カラー CRT 内の磁性体の磁化の影響を考慮しなければならない。

次に、カラー CRT の画面を南に向け設定磁界を印加した後消磁を行い、水平面上で回転し向きを変えた場合の色ずれ現象を確かめた。その結果、色ずれは回転前に比べ格段に広がっていることが観測された。これはカラー CRT を回転することにより、磁性体がヒステリシスを伴って磁化される。このため回転した前後では磁化状態が異なり、色ずれにも相違が生じると考えられる。

以上のことから、環境磁界による色ずれはカラー CRT 内に含まれる磁性体と深くかわり、マスク周辺の磁界分布との関係を考察する必要がある。

(a)

(b)

Fig. 3 Field vector distribution around the shadow mask bathed in the DC magnetic field.

3. マスク周辺の磁界分布の測定

マクスは軟鉄の薄板にエッチングにより、多数の微小な穴が穿たれ、軟鉄の長方形フレームに保持されている。マスク周辺部の磁界と第 2 章で述べた色ずれ現象の関係を考察するため磁界分布をフラックスゲート型磁力計により測定した。磁界分布の測定は、地磁気の垂直成分を打ち消し、水平成分は 0.8 Oe に強めて 21 型 CRT のマクスについて行った。Fig. 3(a) はマスク面に垂直に磁界を印加した場合の、Fig. 3(b) は平行に印加した場合の磁界分布を各々ベクトル表示したものである。Fig. 3 (a) において明らかなようにマスク面に垂直に磁界を印加した場合、フレームの近傍でわずかに磁界の方向が変化しているが全体的に大きな変化はなく、電子ビームに対するマスクの磁化の影響は少ない。このことは Fig. 2 (b) の色ずれが一様磁界中のローレンツ力による電子の振れで説明できることを裏付けている。一方、Fig. 3(b) において明らかなように、マスク面に平行に磁界を印加した場合は、マスクの端部とフレーム周辺で磁界の大きさと方向が共に変化し、マスク内面付近ではフレームの遮蔽効果によって磁界が弱められている。このように色ずれの大きく現れるマスクの四隅部では磁界分布が大きく変化しており、電子軌道への影響が大きいことがうかがえる。一方環境磁界により磁化されたマスク内部にお

Fig. 4 A slit model for analysis and experiment.

いては磁束密度値が高く、微小なマスク穴に強い漏れ磁界を生じる。このため電子ビームがマスクの穴を通過する際、軌道が変色し色ずれの原因となる可能性がある。以下はマスク穴の漏れ磁界中を通過する電子ビームの軌道に対する影響について考察する。

4. スリットモデル

マスク穴を通過する電子ビームの軌道に対する影響の評価には微小穴の磁界分布を知ることが必要である。しかし、市販の磁界センサーを挿入して測定することは困難であり、さらに三次元の磁界分布として解析するのも容易ではない。

そこで今回は拡大スリットモデルを製作し、磁界分布の測定と電子軌道の計算を行った。

Fig. 4(a) は実験に用いたスリットモデル概観図であり、Fig. 4(b) はその寸法を示したものである。ただし (b) 図ではフレームは図示されていない。スリット板に用いた材料の比透磁率は 3600 の軟鉄板で、フレームは比透磁率 1500 の軟鉄板である。

Fig. 5 は X 方向に 1.0 Oe の環境磁界を印加した場合の、Z 軸上での磁界分布の測定結果を示したものである。スリットの前部と後部付近では磁束密度値が低くなっており、Fig. 3(b) のマスク中央の前後部で磁束密度

Fig. 5 Magnetic field distribution along the Z-axis.

Fig. 6 Displacements of electron beam.

値が低いという結果と一致している。また、スリット直前から磁束密度値は急峻に高くなり、ピーク値は 5 Gauss 程度になる。

一方、フレームのないスリット板単独の場合のピーク値は 22 Gauss と非常に高くなる。さらに、スリット部の前後部でみられる磁束密度値の低下はみられない。すなわち、フレームの遮蔽効果が非常に大きいことが分かる。

5. 電子ビームの軌道計算および検証

スリットモデル磁界分布中を走行する電子ビームの軌道をローレンツの式により求めた⁷⁾。

磁束密度 B の磁界中を速度 v の電子が走行するとき、運動方程式は (1) 式で与えられる。

$$m \frac{dv}{dt} = -e_d(v \times B) \quad (1)$$

(1) 式の解法には、ルンゲ・クッタ法を用いた。

Fig. 6 は、環境磁界として 1.0 Oe を加えた場合の Fig. 4(b) のスリットモデルによる電子ビームの軌道計算結果である。スリットモデルの磁界分布は Fig. 5 の値

Fig. 7 Velocity change of Y direction.

を用いている。スリット板がない場合は、電子銃から出たビームが一樣磁界中を円軌道に沿って走行し蛍光面に至る。スリット板がある場合は、スリット部では磁束密度値が高いが、スリット前後部で磁束密度値が低いために、 $-Y$ 方向への変位量は小さくなる。このときのスリットモデルの蛍光面上に到着した電子ビームスポットの変位量の計算値は4.88 mmとなった。

Fig. 7は、速度のY方向成分を表す。縦軸は速度のY成分を $Z=5$ mmにおけるY方向速度値で規格化してある。電子が曲がる方向($-Y$ 方向)の速度変化は、一樣磁界の場合に比べスリットの前方で小さく、スリットを通る際に著しく増加し、そこを過ぎるとまた小さくなる。

Fig. 8は、走行電子の軌道のY方向の変位の変化率を示す。スリット板のある場合は、スリットの前後で電子ビームの軌道が大きく変化することが分かる。

以上の解析結果はマスクの場合にも、適用できると考えられる。すなわち環境磁界はマスクを磁化し、マスク内部の磁束密度値を高め、微小マスク穴に強い漏れ磁界を生じさせる。このため電子ビームがマスク穴を通る際に電子軌道に大きく影響すると思われる。

解析結果の検証のために、スリットモデルをカラーCRTに組み込み、電子ビームを実際にスリットを通過させ、蛍光面上の変位を実測した。環境磁界は、第4章のスリットモデルの場合と同じ1.0 Oeに設定した。測定の際、偏向ヨークは取り除いてあり、電子銃から出た電子ビームは直進し、蛍光面のほぼ中心に入射する。以上の条件で、蛍光面上の電子ビームスポットの変位量は、4.96 mmとなり、計算値の4.88 mmとよく一致することが分かった。

Fig. 8 Slope of displacement.

6. む す び

環境磁界によるカラーCRTの、色ずれ現象を観測した。この色ずれの原因を調べるためマスク周辺の磁界分布を測定するとともにマスクをモデル化し、電子ビーム軌道への影響を考察した。その結果、マスクに平行に加わる環境磁界にあるカラーCRTでは、電子ビームは磁化されたマスク穴の強い漏れ磁界にほぼ直交して通過するため、大きなローレンツ力を受けて軌道が変化することが明らかになった。これより、色ずれ現象の解明には、電子銃から発射された電子ビームが、マスク周辺部で受ける影響ばかりでなく、マスク穴を通過する際に受ける影響についても考慮するべきであることが分かる。

最後に、本研究を進めるに当たり御指導を頂いた東北学院大学工学部菊地新喜教授に謝意を表します。

文 献

- 1) 仲尾, 他: 日経エレクトロニクス, No. 412, pp. 173~178 (1987).
- 2) S. B. Safford and M. D. Obara: IEEE National Symposium on EMC, Session 5C, pp. 315~319 (1989).
- 3) 利安, 岩崎: テレビジョン学会技術報告, ED913, IPD101-16, pp. 31~44 (1985).
- 4) R. C. Alig and R. J. D'Amato: Proceeding of SID 89 Digest, pp. 34~37 (1989).
- 5) 千葉, 奈須野, 芳賀, 中西, 藤村: 電気関係学会東北支部連合大会, 1G5 (1989).
- 6) 千葉, 奈須野, 芳賀, 中西, 藤村: 第13回日本応用磁気学会学術講演会, 23PG-1 (1989).
- 7) 西巻, 末武, 関口: 電子工学演習 1, p. 59, 培風館, (1975).

1990年1月8日受理, 1990年3月13日採録