特集論文

固体光源プロジェクタ

松岡哲平*　木田　博*
山田旭洋**
中尾貴行***

Projectors with Solid State Illumination

Teppei Matsuoka, Akihiro Yamada, Takayuki Nakao, Hiroshi Kida

要　旨

従来，中小会議室及び教室用途の業務用プロジェクタ市場で，高輝度・モバイル性・設置の自由度が求められてきた。三菱電機ではこれらの市場要求に対応した製品を解像度・焦点距離に応じて多数ラインアップしている。近年，メンテナンス性及び更なる設置の自由度とともに環境に配慮した製品仕様が求められつつある。

ランプを用いたプロジェクタは2,000～5,000時間ごとにランプ交換が必要であり，メンテナンス性の向上が望まれている。さらに，ランプの冷却条件に起因してプロジェクタの設置姿勢に制約があった。

これらの課題に対し，固体光源を使用することで光源が長寿命化し天つり用途でメンテナンス性の向上が期待できる。また，光源に起因する設置制約が取り除かれるため縦長画面投写が可能となり，デジタルサイネージなどへの用途拡大が期待されている。

本稿では，開発したDLP（Digital Light Processing）(注1)方式の固体光源プロジェクタについて述べる。

（注１）　DLPは，Texas Instruments Corp. の登録商標である。

解像度	1280×800
明るさ	3,000lm
コントラスト比	10,000：1
投写距離(100型)	3.2m
サイズ(W×H×D)	376×139×311(mm)
質量	4.9kg

固体光源プロジェクタ

開発したDLP方式データプロジェクタは，固体光源を採用している。光源のメンテナンスレス，縦長画面投写，クイックパワーON／OFF等，従来の水銀ランプを搭載した製品では困難であった仕様を実現している。

*京都製作所　**先端技術総合研究所　***生産技術センター

1. まえがき

昨今の環境保護への意識の高まりに伴い，従来の水銀ランプの代わりにLED(Light Emitting Diode，発光ダイオード)やLD(Laser Diode，レーザダイオード)を光源に使用した固体光源プロジェクタの市場拡大が予想されている。

当社は他社に先駆けて2008年に3原色のレーザ光源を採用し，高画質な大画面レーザテレビを製品化した。レーザテレビの開発で培った技術を継承し，固体光源プロジェクタの開発で困難と考えられていた3,000lm／5kg未満の明るさとモバイル性を両立させたDLP方式の固体光源プロジェクタを開発した。開発品はネットワーク機能や3D機能といった当社従来機種の機能性を踏襲し，固体光源の特長を生かした高画質化，ランプ機種では困難であった光源の長寿命化，メンテナンス性及び設置の自由度の向上を実現している。

本稿では，これらの仕様を実現するために搭載されている光学系技術，熱対策技術，光源制御技術及び信号処理技術について述べる。

2. 光学系技術

2.1 光学系レイアウト

高輝度・モバイル性・高画質を実現するために，R(赤)はLED光源を，G(緑)は中心波長448nmの励起用LDを光源とする蛍光体の蛍光を，B(青)は中心波長462nmの青色LD光源を用いて各色が独立した光路となる光学系を構成した。光学系レイアウトを**図1**に示す。光源及びDLPチップの発熱量のバランスを考慮して効率の高い冷却が行えるよう，光学系レイアウトを決定した。これによって，赤色LED光源モジュールと青色LD光源モジュールを隣接配置して1個の冷却ファンを使用し，最も発熱量の大きい励起用LD光源モジュールは，DLPチップと隣接配置して2個の冷却ファンを用いている。また，本体内部に配置された励起用LD光源モジュールとDLPチップ用の冷却ファンによって導かれる空気の流れは，電源基板も冷却している。さらに，風量の大きい冷却ファンを本体内部に配置することによって静音化にも寄与している。この光学系レイアウトによって使用する冷却ファンの個数を最小限にすることが可能となり，本体質量5kg未満の軽量化を実現した。

2.2 色設計

固体光源の発光色の特性を活用すると，広い色再現範囲の表示が可能となる。しかし，入力信号の色域との整合性が低いと，入力信号と同等の色再現が得られる範囲(色域カバー率)が狭くなる。**図2**に開発品の色再現範囲を示す。青色用光源に中心波長448nmのLD光源を使用すると，映像機器の標準規格であるsRGB規格の色域カバー率が低下し，特に青色成分が多い信号(例えば，空)がスクリーンに表示された場合に，空の色が紫傾向となる。そこで，sRGB規格の色域カバー率を向上させるとともに青色の色再現性を高めるため，青色用の光源に中心波長462nmのLD光源を採用して，色域カバー率を10%向上させ，青色の忠実な色再現も実現した。

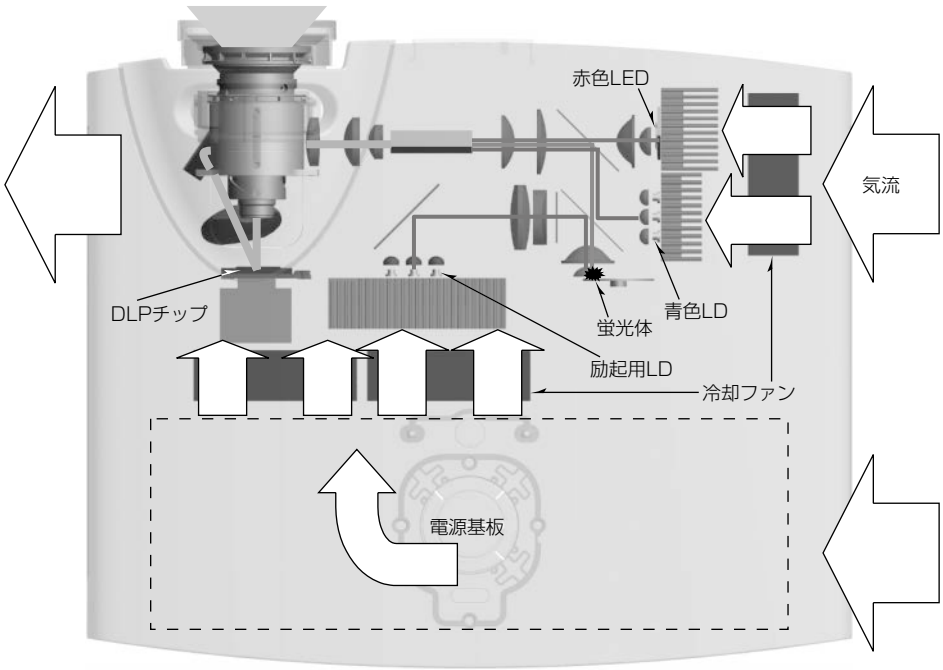

図1．光学系レイアウト

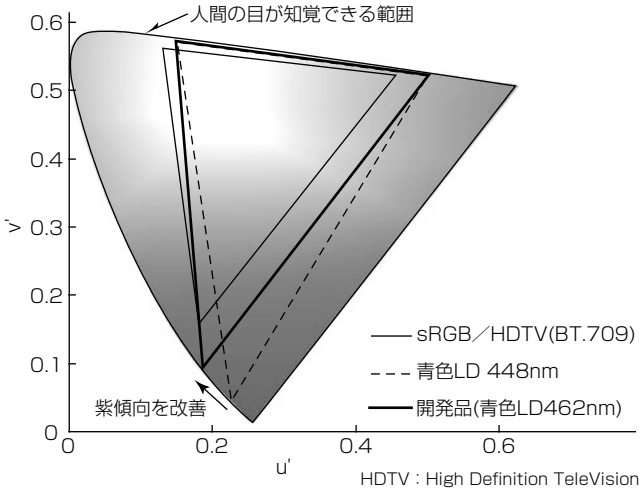

図2．色再現範囲(u'v'色度図)

3. 熱対策技術

3.1 放熱構造

LD及びLEDの発光効率は，素子の温度に依存する。また，素子寿命も温度の影響を受ける。このため，輝度3,000lmと長寿命を実現しながら，小型・軽量を達成する放熱構造の開発が必要であった。

そこで，放熱フィンを備える光源モジュールの背面に近接して冷却ファンを配置する構造を採用した。**図3**に放熱フィンの構造を示す。この放熱構造は次のような特長を備えている。

(1) 冷却ファンからの旋回流によって，放熱フィン表面の空気が攪拌(かくはん)され，高効率に放熱できる。

(2) 放熱フィンの通風断面積が大きく，通風距離が短いため，低圧力損失で大きな風量が得られる。

(3) アルミ押し出し加工によって放熱フィンを形成するため，ヒートパイプなどを用いた構造に対し軽量である。

この構造を赤色LED光源モジュール，励起用LD光源モジュール及び青色LD光源モジュールにそれぞれ採用した。

3.2 LDの組合せ技術

一方で，LDの光出力と発熱量は製造ロットに依存し，変動幅が大きい。複数のLDを集積した場合の最大熱量を考慮して設計すると，ヒートシンクが大きくなり，本体寸法，質量に大きく影響する。

そこで，LDの特性値を用いて最適な組合せを計算するアルゴリズムを考案し，光出力と発熱量が常に一定範囲となる生産技術を開発した。

この技術と開発した放熱構造を組み合わせることによって，ヒートシンクを大幅に小型化し，当初検討したものと比較して，質量48%削減，容積75%削減を達成している。また，この組合せ技術は，特定ランクのLDだけを選択的に使用するのではなく，性能ばらつきの大きいLDを残さず使うことを可能にしている。

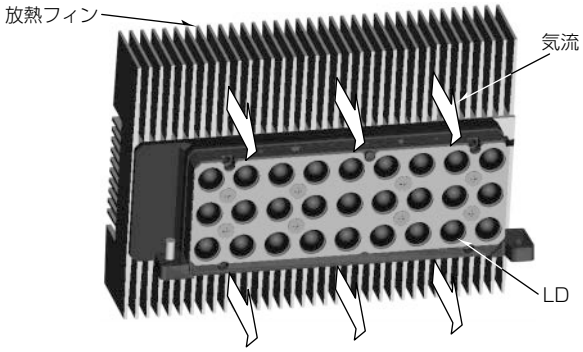

図3．光源の放熱フィン

4. 光源制御技術

固体光源は半導体のpn接合面における発光現象を利用するものであり，その発光原理，駆動方法はガラス管内のアーク発光を利用するランプと大きく異なる。素子の発熱量を抑え，かつ表示デバイスであるDLPチップの駆動シーケンスに合わせて光源を点灯させるため，各光源のON／OFFを高速で切り替える必要があった。一方，明るさを確保するには十分に大きな電流を光源に流す必要があるが，大電流が高速にON／OFFすると不要輻射(ふくしゃ)ノイズが生じる。不要輻射ノイズは光源駆動回路の周囲をシールドすることで低減できるが，電流によって回路自身が発熱するため，必要以上にシールドを行うと光源駆動回路の冷却が不十分になることが懸念された。

これらの課題を解決し最適な光源制御を実現する光源制御回路を開発した。部品配置及び配線を工夫することによって電流経路のループを小さくすることが可能となり不要輻射ノイズを抑えた。これによってシールドケースが不要となり光源の冷却風を利用して駆動回路を十分に冷却することが可能となった。また，コイルやFET(Field Effect Transistor)等の発熱が懸念される部品は発熱量が小さいものを厳選し，部品が効率良く冷却される配置とした。

5. 信号処理技術

5.1 カラーブレーキングの低減

従来のランプを用いたDLP方式プロジェクタは，色フィルタを円盤状に配置したカラーホイールによる時分割方式を採用しているため，画面上で視線を移動させた際に虹のような模様が見える現象(カラーブレーキング)を生じやすいという課題がある。これはカラーホイールの回転数の制約によって色の分離が視認されやすくなっていることが原因である。カラーブレーキングの見え方に個人差はあるが，画質へ影響を及ぼす要因の一つである。

開発品はR，G，Bに対応した3種類の独立した光源を搭載しているため各光源を高速駆動でき，**図4**に示すようにカラーホイールによる色分離の数倍以上の速さで各光源

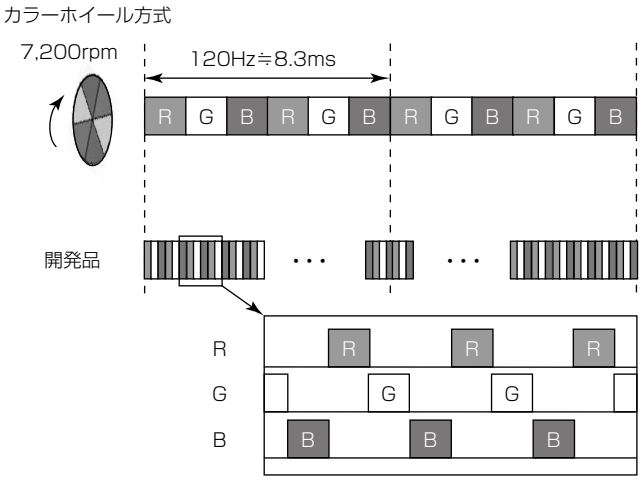

図4．光源駆動シーケンス(概念図)

のON／OFFを実現した。これによってランプ機種と比較してカラーブレーキングを大幅に低減した。

5.2　画質調整機能

開発品は，従来の当社プロジェクタの機能を踏襲して，用途に応じて最適な設定を選択できるよう，数種類の画質モードを備えている。

従来のランプ機種は輝度と色のバランスがカラーホイールによって制約されるが，3色独立に光源を調整できる固体光源方式は，画質モードに応じて光源の駆動シーケンスを切替えることができ，輝度重視，色重視のモードを最適に設定できる。開発品では光源駆動シーケンス，ガンマ特性，色調整等を組み合わせ，画質モードごとの用途に特化した画作りを行った。例えば，プレゼンテーション用途に適した輝度重視のモードや，自然画の表示に適した色重視のモードを搭載している。

このほかユーザーが使用できる画質調整機能としてカラーマネジメント機能を搭載した。これは信号処理によってR，G，B，Y(黄)，C(シアン)，M(マゼンタ)及びW(白)の計7色の色合いや明るさを独立に調整できる機能である。例えば，ホワイトバランスを維持しつつRだけをオレンジがかった色，又は青みがかった色へ調整することが可能である。

6. む　す　び

当社の持つ固体光源技術を更に発展させることによって，今回，中小会議室及び教室用途のニーズを満足できる3,000lm／5kg未満の固体光源プロジェクタを開発した。

この技術開発はプロジェクタ市場の将来的な固体光源化への拡大に向けての足がかりとなる。

参 考 文 献

(1) Sugiura，H.，et al.：65-inch，Super Slim，Laser TV with Newly Developed Laser Light Source，SID Symposium Digest of Technical Papers，**39**，No. 1，854～857（2008）

(2) 小島邦子，ほか：レーザTV，三菱電機技報，**83**，No. 2，164～167（2009）

(3) 桑田宗晴，ほか：75V型レーザテレビ，三菱電機技報，**85**，No. 3，175～178（2011）

(4) Frank，R.：Casio Projectors with Hybrid LED/Laser/Phosphor Illumination，SID Symposium Digest of Technical Papers，**41**，No. 1，979～981（2010）