

銅レーザーを用いた輝度増幅型3Dテレビジョン

Brightness Amplifying 3DTV Projection System with a Copper Laser

室 幹雄*・黒田和男*・志村 努*
千原正男*・小倉磐夫*

Mikio MURO, Kazuo KURODA, Tsutomu SHIMURA

Masao CHIHARA and Iwao OGURA

レーザーを光増幅器として用いた輝度増幅型投影装置は通常の光学投影系の欠点を克服して低輝度の画像から高輝度かつ大面積の投影像を得ることができる。本稿では互いに直交した直線偏光を使用し、2つの液晶TVの画像を同時に銅レーザーにより光増幅するシステムにおいて、ステレオ画像の投影を実証したのでこれを報告する。

1. はじめに

通常の投影光学系には輝度不変則により、大画面のTV画像を得ようとする、投影倍率の2乗に反比例して画面が暗くなるという欠点がある。これを補うためには、投影元のTV画像の輝度を高くする必要があるが、現状ではブラウン管等の表示素子の輝度には限度があり、投影TVにおける画像の大型化と高輝度化は両立しえない。レーザー増幅投影TVは、投影光学系中に挿入したレーザーを画像輝度の増幅器として用い、結像光束のパワーを増幅することにより、低輝度の画像から高輝度かつ大面積の投影像を得るシステムである¹⁻³⁾。

レーザー内に入射した光はレーザー活性媒体の作用により、波面を乱されることなくパワーのみが増幅される。そして入射光が画像情報を持つ光波であれば、結像関係が保存されたまま画像の輝度のみが増幅される。レーザーによる光増幅は投影TVに限らず広く結像光学系一般に応用することができ、これらの光学系は「アクティブ光学系」と呼ばれている⁴⁻⁶⁾。

またアクティブ光学系は入射光の偏光特性を保存するので、2つの互いに直交した直線偏光を用いて、2つの異なった画像を同時に表示することができる。ここでは原画像として液晶TVを使用した、銅レーザーを用いた輝度増幅型テレビジョンによる、ステレオ画像投影に関して報告する。

2. 画像輝度増幅用レーザー

レーザーは光増幅器であるといっても、すべてのレーザーが画像輝度増幅に使用できるわけではない。画像輝度の増幅のために光学系中に組み込むためには、以下の条件を満たさなければならない。

- (1) 十分大きなsingle pass gainを持つこと
- (2) 大きなフレネル数の増幅媒質を持つこと (太くて短いほど多くの画素数を分解増幅できる)
- (3) 可視域で発振する
- (4) 平均出力が大きい

以上の条件を満たすレーザーとしては、各種のパルス金属レーザー、色素レーザー等があるが、ここでは銅蒸気レーザーを使用する。

3. 装置

レーザー輝度増幅型3Dテレビジョン装置の構成および装置の全景をそれぞれ図1、図2に示す。

銅レーザーは増幅利得が非常に大きいため、共振器を使用しなくても自然光を種として誘導放出により増幅された光、すなわち Amplified Spontaneous Emission (ASE) が放出される。原画像として2枚の液晶TVを使用し、銅レーザーより放出されるASE光を偏光ビームスプリッターで分離した後、互いに直交した直線偏光を光源として画像物体である液晶TVを照明する。2つの液晶TVからの反射光は再び偏光ビームスプリッターを通して一軸合成され、レーザー増幅器を通過した後レンズによって偏光面保持スクリーン上へ投影される。これらの左右の画像に合わせた偏光板により、投影画像を左右に分離して観察し、ステレオ画像として見ることができる。

銅レーザーは510.6nm (緑) と578.2nm (黄) の2つの波長で発振し、またレーザー管は内径20mm・長さ860mmのものを使用した⁷⁾。繰り返し周波数は4kHz、最大平均出力は7.4Wである。本システムで使用している液晶TVは TFT active matrixタイプの白黒ディスプレイであり、ディスプレイ寸法30×40mm画素数約5万(220×240)の市販品を改造して使用した。

*東京大学生産技術研究所 第1部

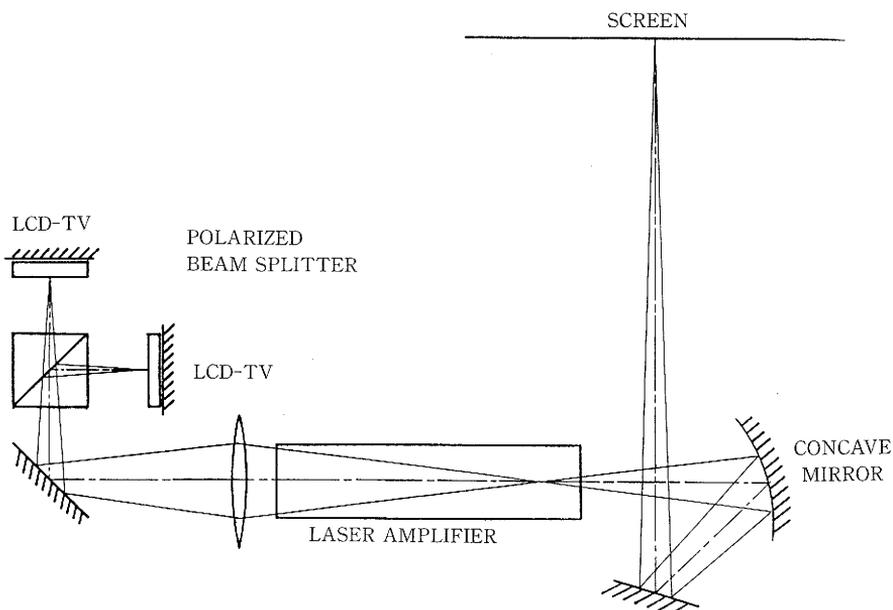
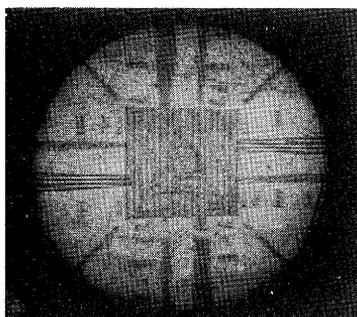
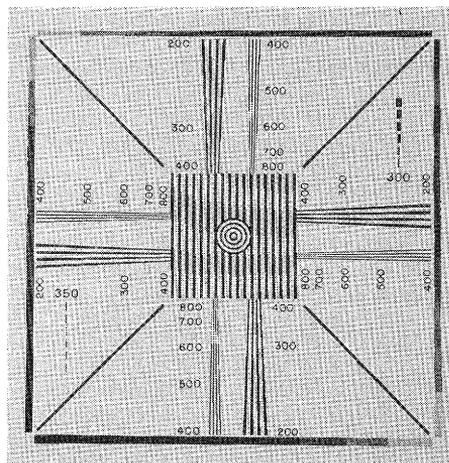


図1 全体システムの構成



投影画像



原画像

図2 解像力チャートの投影画像

4. システムの解像度

レーザを通過できる画素数は、回折によって上限が決められ、ほぼフレネル数の2乗となる。フレネル数 N_F は、増幅媒質の直径を D 、長さを l 、光の波長を λ としたときに $N_F = D^2 / \lambda l$ で定義される無次元量であり、本システムでは約 10^6 となる。

図3にTV用解像力チャートとその投影像を示す。投影像によると縦方向に200本の走査線が識別されており、本実験に使用した液晶TVの個々の画素が分解されていることがわかる。

5. システムの偏光特性

左右の投影画像の互いに直交した直線偏光による分離を阻害する条件（クロストーク）としては、以下に示すものが考えられる。

- (1) ASE光を互いに直交した偏光成分に分離する偏光ビームスプリッタの特性
- (2) 投影光の中にまじる画像情報を持たない銅レーザからのASE光（ランダム偏光）
- (3) 銅レーザへ入力する画像情報を持たない迷光の存在
- (4) 使用した偏光板の消光比

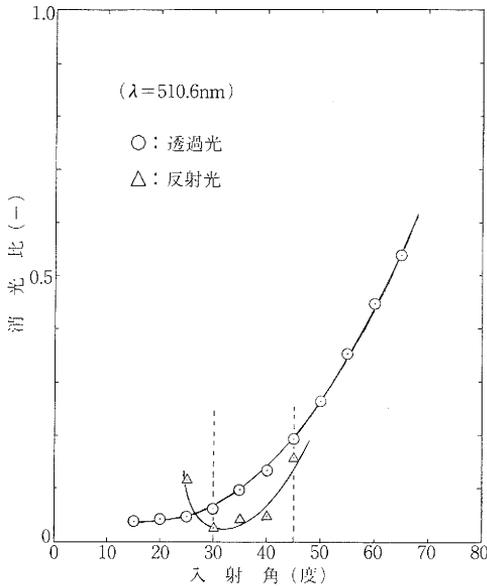


図3 偏光ビームスプリッターの特性

上記条件のうち、最も影響の大きなものは(1)の項目である。ビームスプリッターの偏光分離特性を調べるために、銅レーザーをランダム偏光出力にして使用し、偏光ビームスプリッターへ入射した場合の透過光と反射光の消光比の入射角依存性の測定結果を図4に示す。偏光分離面への入射角が約30度のとき消光比が最も小さく2~6%であり、本システムではこの条件で使用した。

また back ground noiseとして投影光の中に混じる ASEの割合は測定により1%以下であることがわかった。

使用した偏光板の消光比1%以下であり無視できる。

図5に左右の投影画像の例を示す。この画像は、スクリーン上に同時に投影した左右の画像を偏光板により分離して撮影したものである。図5により左右の画像が実用上十分に分離識別できることがわかる。

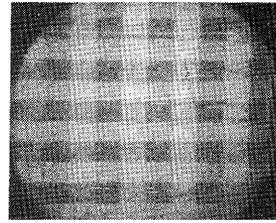
6. ステレオ画像の投影

左右画像はゲイン18、1000×750mm (50インチ)の寸法の偏光面保持スクリーンに投影される。銅レーザーの出力は650mWであり、したがってスクリーン上の輝度は840 cd/m² (240fL)である。これは通常のブラウン管式カラーTV以上の輝度である。

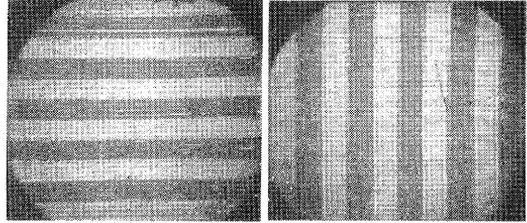
図6に分子模型とその投影像を示す。左右の画像は互いに直交した偏光板により分離観察され、立体像を認識することができた。

7. 大画面画像投影

ここでは、レーザーを用いた輝度増幅投影装置による大

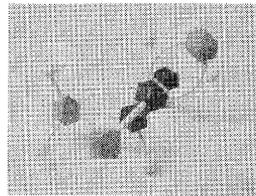


左右画像の重ね合わせ

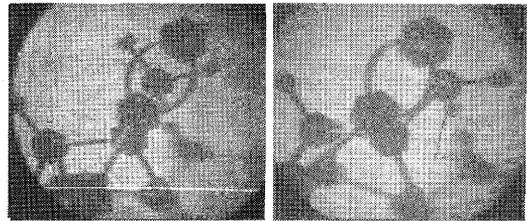


左画像 右画像

図4 左右画像の分離状況



分子模型 (L-アラニン)



左画像 右画像

図5 ステレオ画像の投影

画面表示の可能性について述べる。図7は寸法1500mm×1000mm、ゲイン1のスクリーンに投影したTV画像(動画)の例である。画像投影時のレーザー出力は約400mWであり、明室(蛍光灯点灯下)での観賞が可能である。

8. ま と め

本研究成果の主要なものを列記すると以下のようになる。

(1) 銅レーザーを用いた輝度増幅型テレビジョンにおいて、原画像として2台の液晶TVを使用し、左右の画像情報を持った互いに直交した直線偏光を同時に光増幅してステレオ画像の投影を実証した。

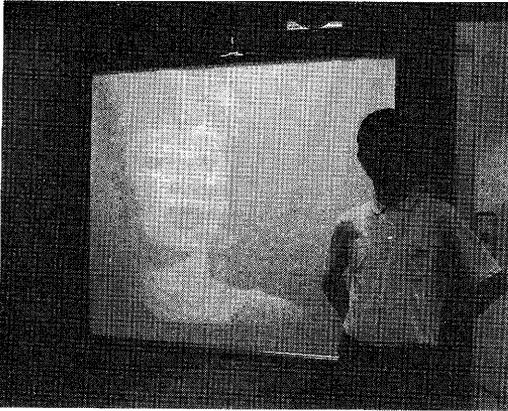


図 6 大画面画像投影像

(2) アクティブ結晶は通常の光学系において成り立つ輝度不変則を打ち破り高倍率で明るい画像投影を可能にする。本実験において、銅レーザー出力が約400mWの条件で明室での大画面 (1.5m×1m) 表示を実証した。

(3) 解像力チャートを投影することにより、本実験に使用した液晶TVの個々の画素 (220×240) が識別可能であることがわかった。

本実験結果より、今後レーザー出力を増大させれば10m×10m程度の明室での大画面表示が可能になると考えられる。

現在のところ投影画像の画素数は原画像の液晶TVの

画素数によって制限されているが、液晶TVの進歩により将来的にはハイビジョンの輝度増幅投影も可能になると考えられる。

アクティブ光学系による大画面表示技術の利用としては、広告塔やステレオ画像の娯楽への応用が考えられる。

また、3Dアクティブ光学系は、互いに直交した直線偏光により異なった2つの画像情報を同時にレーザーで増幅するという学術的にも興味深いシステムであり、今後さらに偏光特性を考慮した光増幅に関する詳細な検討が望まれる。

(1989年8月22日受理)

参 考 文 献

- 1) M. Muro, K. Kuroda, T. Shimura, T. Omatsu, M. Chihara and I. Ogura: 1988 SID International Symposium Digest of Technical Papers **19** (1988) 95.
- 2) T. Shimura, K. Kuroda, T. Omatsu, M. Chihara, I. Ogura and M. Muro: Proc. SPIE, Metal Vapor, Deep Blue and Ultraviolet Lasers, Los Angeles, 1989 (SPIE, Bellingham, 1989) p. 67.
- 3) 黒田和男, 志村 努: 光学, **18** (1989) 258.
- 4) Rabinovitz and Chimenti: J. Opt. Soc. Am., **60**(1970) 1577.
- 5) K.I. Zemskov, A.A. Izaev, M.A. Kazaryan and G.G. Petrash: Sov. J. Quantum Electron., **4** (1974) 5.
- 6) K. Kuroda, T. Shimura, S. Kamiya and I. Ogura: Tech. Dig. of Conf. on Lasers and Electro-Optics (1984) 66.
- 7) 黒田和男, 小倉磐夫: 応用物理, **57** (1988) 1067.