

第12回光学シンポジウム

銅レーザーによるアクティブ結像における
増幅の飽和とコヒーレンスの効果

志村 努・黒田和男・千原正男
尾松孝茂・伊藤雅英・小倉馨夫

東京大学生産技術研究所

〒104 東京都港区六本木 7-22-1

大口径比かつ高ゲインのレーザー増幅器を結像光学系中に挿入し、画像の輝度増幅結像を行なう光学系を、「アクティブ結像光学系 (active imaging system; 以後 AIS と略す)」と言う。AIS では低輝度の画像を大画面に高倍率、高輝度で投影することが可能となる。AIS では、レーザー増幅器はパワー利用率の点から飽和増幅領域で動作させることが望ましい。しかし結像光学系中にこのような非線形増幅素子が入れば、当然系の結像特性に影響が及ぶ。本研究では銅レーザーを増幅器として用いた AIS において、結像された画像に現われる非線形増幅の効果が、(1) 照明光の空間的コヒーレンスと、(2) 光学系と増幅器の位置関係、に依存することを、モデルによる数値シミュレーションおよび実験により調べ、もとの画像に忠実な輝度増幅投影像を得るための条件を明らかにした。

数値シミュレーションの概要を以下に示す。AIS の基本的配置として Fig. 1 に示す 3 種類の系を考えた。それぞれ Fresnel 回折領域、像面、Fourier 面に増幅器を置いている。照明光は空間的にパーシャルコヒーレントであるとし、画像物体は透過型でコヒーレンスには影響を及ぼさないとした。AIS により結像される画像を求めるため、光学系内の準単色光のコヒーレンス J の伝播を計算した。計算時間の都合上、一次元画像が二次元の光学系により結像されるとした。さらに増幅器は光軸方

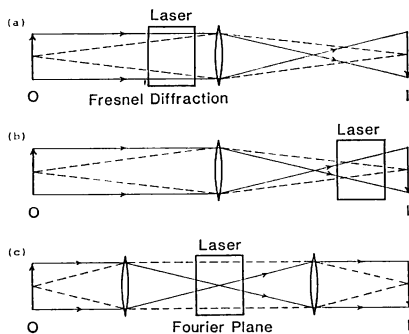


Fig. 1 Three typical configurations of AIS.

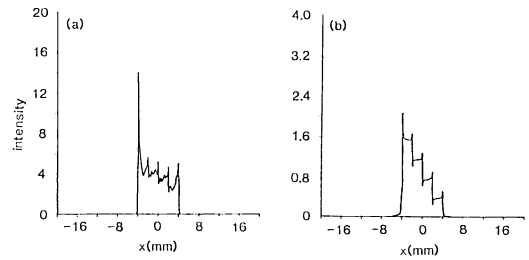


Fig. 2 Calculated intensity distribution of the image by AIS. (a) coherent, (b) incoherent illumination.

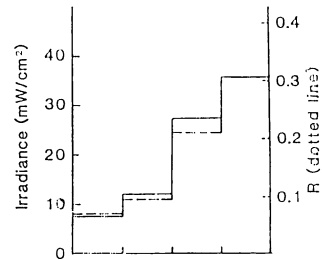


Fig. 3 Experimental results of irradiance of the image and reflectivity of the object.

向の厚みを無視し、入射の前後で光波の位相は変化せず、強度のみが増幅器上の各点ごとに Frantz-Nodvik の式に従って増幅されるものとした。

計算は各配置ごとに照明光のコヒーレンスをパラメータとして行なった。4 階調の階段状物体に対する像の計算結果の一例を Fig. 2 に示す。系の配置は Fig. 1 (a) である。コヒーレント照明の場合は、Fresnel 回折により増幅器内に光強度の分布が生じるため、増幅率が空間的に一様ではなくなり、元の画像から形が変化する (Fig. 2 (a))。一方、インコヒーレント照明の場合には増幅器内の光強度分布が一様となるため、増幅率も空間的に一様になり、結像光の相対的振幅分布は変化せず、元の画像に近い像が得られる (Fig. 2 (b))。その他の系についても、増幅器内の光強度が一様になる場合には元の画像と同じ階調の像が得られる。

実験は、コヒーレント照明光としてレーザー光、インコヒーレント照明光として銅レーザーの ASE を用いた場合について行なった。配置は Fig. 1 (a) の場合のみである。この ASE の空間的コヒーレンス幅は今回の実験では物体面上で $10 \mu\text{m}$ 程度であり、系の分解能以下であった。ASE 照明の場合の投影像の四つの階調部分の放射照度と元の物体の反射率の比較を示す。元の階調が保存されていることがわかる。