

誘導放出を利用した光能動フィルタの定常状態における飽和特性
 Saturation Properties of Optical Active Filter by Stimulated
 Emission of Radiation in Steady-State-Condition

平川 芳司 米田 晴紀 池田 紘一 小原 清成
 Yoshihiro Hirakawa Haruki Yoneda Koichi Ikeda Kiyosige Ohara
 東京理科大学 理工学研究科 電気工学専攻
 Science university of Tokyo Faculty of Science and Technology
 a Postgraduate Course of Electric Engineering

An optical active filter is a narrow band optical filter which amplifies input light of narrow spectrum by stimulated emission of radiation. It is very useful for measuring weak signal. However, its effective range of input light intensity is limited by conditions of application, and we must examine filtering properties under various conditions of input light intensity and excitation level. In this study, we analyzed saturation properties of the amplification factor and band width for the filter under steady state in theoretical way, and examined these properties using Ar⁺ ion plasma as active medium.

原理： 媒質におけるスペクトルの増幅の方法は基本的にレーザ発振と同様に放電によって励起したアルゴンのエネルギー準位を利用して行なうのであるが、このとき放電電流、入射光強度等をパラメータにとり、各準位のレート方程式をたてそれより光増幅の様子を解析する。さらに次に示す構造を持つフィルタについても同様のことを行なう。

フィルタの形状： フィルタの形状としては次の三つのものを想定する。

- 1 ファブリペロー型
- 2 反射型
- 3 多重光路型

簡単な構造とそれぞれのゲインをFig 1 に示す。

飽和特性（理論値）： 詳しい導出はここでは省くが、媒質の利得は入射光強度にたいして次のように変化する。

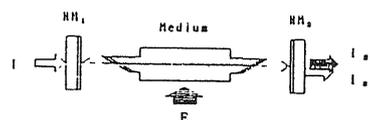
$$G = 1 + A / (1 + I / I_s)$$

ここで、Gはゲイン、Iは入射光強度、I_sは飽和光強度と呼ばれるもので、

$$I_s = (W_p + 1) h \nu / \sigma \tau_3$$

で表される。（W_pは誘導放出遷位の起こる上準位への遷移確立、hはプランク定数、νは光の振動数、σは誘導放出断面積、τ₃は誘導放出遷位の寿命である。）Aは媒質の原子数に比例する定数で入射光強度を零としたときのゲインG₀ = 1 + Aで決まる。G₀ = 1.2、I_s = 10としたときの、媒質利得の飽和特性をFig 2 に示す。

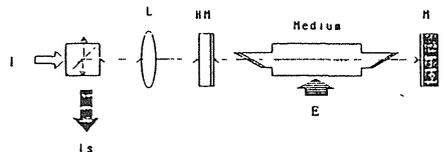
F. P型フィルタの構造



$$I' = (1 + G R_2) / (1 - G^2 R_1 R_2) I$$

$$G_f = \frac{(1 - R_1)(1 - R_2)}{1 - R_1 R_2 G^2 (I')}$$

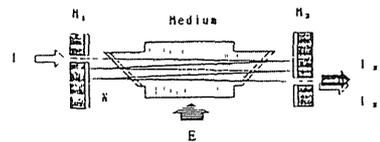
M. R型フィルタの構造



$$I' = \frac{(1 - R)(1 + G)}{1 - R G^2} I$$

$$G_f = \frac{(1 - R)^2 G^2 (I')}{1 - R G^2 (I')} + R$$

M. P型フィルタの構造



$$G_f = G_1 G_2 G_3 \dots G_n$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{ただし} \\ G_n = 1 + g_0 / (1 + G_1 G_2 \dots G_{n-1} I / I_s) \end{array} \right\}$$

Fig 1

フィルタ利得の飽和特性は媒質利得のそれより飽和が賢著である。Fig3に反射型フィルタの飽和特性を示す。

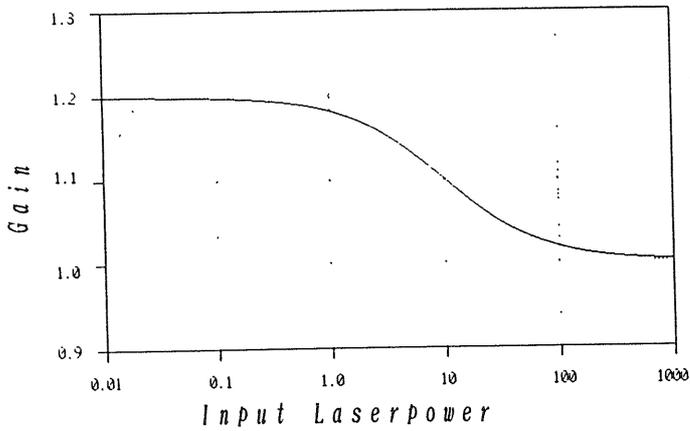


Fig2 媒質利得の飽和特性

測定：測定は488.0 (nm)の入射光を0.05 (mW)から10 (mW)まで変化させ反射型フィルタおよびその媒質単一通過における利得の変化について測定を行なった。媒質には30cmの空冷式アルゴンイオンレーザー管を用いハーフミラーとミラーによって光共振器を構成しNDフィルタによって強度調整された光を700Hzの変調をかけたものを入射光とし出力光はホトマルによって検出した。

測定系をFig4に示す。

測定結果を、Fig5に示す。

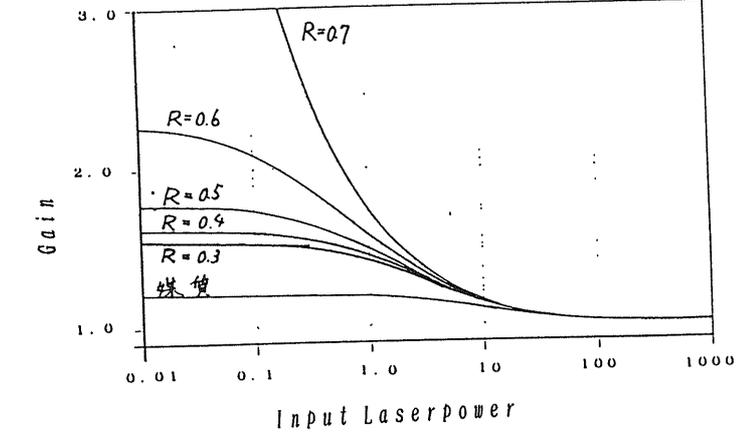
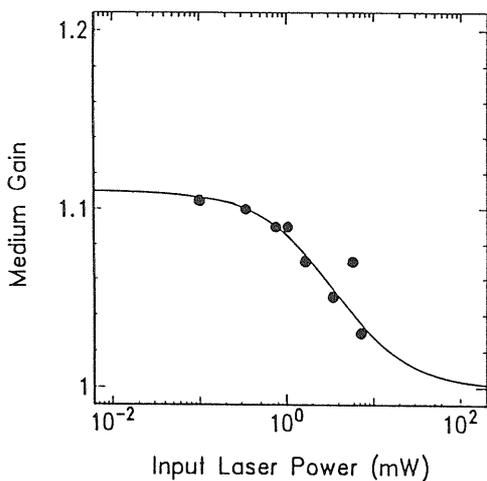


Fig3 M. R (反射)型フィルタの飽和特性

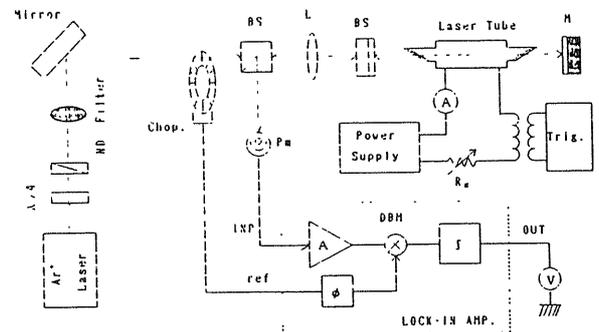
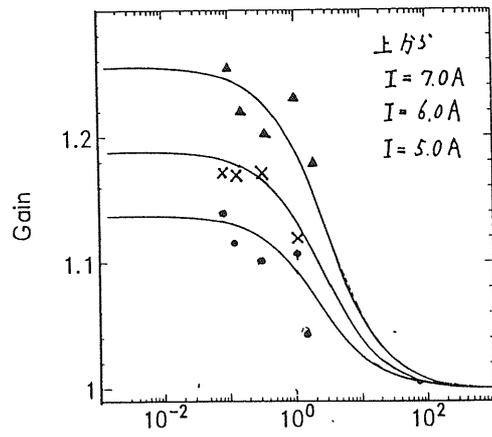


Fig4フィルタ利得測定系



媒質利得の飽和特性 (放電電流5.0A) Fig5 フィルタ利得の飽和特性

まとめ：今回、理論解析および測定結果より定常状態における光能動フィルタの飽和特性が得られ、これより入射光強度にたいしてフィルタとして使用できる範囲の限界を考察できたが、実際の使用に際して微弱光に関してはフィルタとしての能力は充分であることが解った。