

Abstract: Associated with SFR (Spin-Flip Raman) laser with very high efficiency, $Pb_{1-x}Sn_xTe$ SFR laser pumped with infrared NH_3 laser was discussed in connection with the conditions of ① resonance enhancement effect and ② resonance raman scattering.

Both condition ①, ② could be satisfied in the infrared tunable wavelength region of $15.9 \mu m$ ($628-629 cm^{-1}$), when $12.678 \mu m$ ($788.77 cm^{-1}$) NH_3 laser line was selected as a pumping source for ternary narrow-gap semiconductor $Pb_{0.83}Sn_{0.17}Te$ SFR laser.

本研究室では、従来から $15.9 \mu m$ 域 $InSb$ SFR (Spin-Flip Raman) レーザに関する研究を進めてきた。ここでは、高効率 SFR レーザの開発に関連して赤外域 NH_3 レーザ励起 $Pb_{1-x}Sn_xTe$ SFR レーザ (Fig. 1) について報告する。

ラマン散乱の利得 g_r は、 $g_r \propto [1/E_g - \hbar\omega_p]^2$ で与えられる。²⁾ この式より $\hbar\omega_p$ (励起光の光子エネルギー) の値と E_g (半導体試料のバンドギャップエネルギー) の値が近づけば近づくほど ($\hbar\omega_p \leq E_g$) ラマン散乱の利得 g_r は大きくなる。このような効果を共鳴効果と呼ぶ。

また、半導体試料 $Pb_{1-x}Sn_xTe$ は、 X の値を変える ($X = 0.13 \sim 0.19$) と、バンドギャップエネルギーと有効 g 因子が変化する。 X を変化させた場合のバンドギャップエネルギー E_g 及び有効 g 因子の値を Table. 1³⁾ に示す。

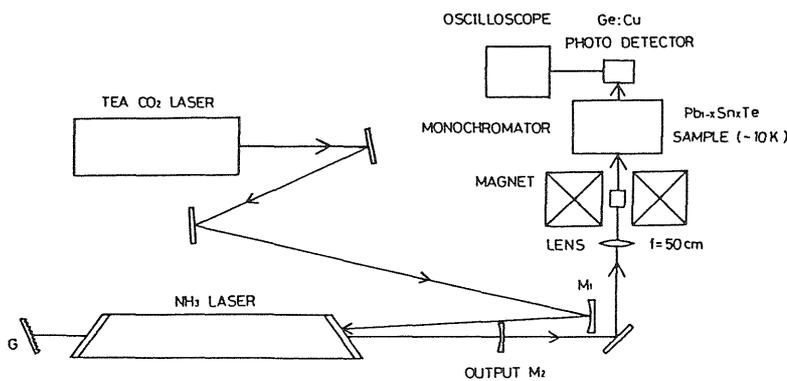


Fig. 1 $Pb_{1-x}Sn_xTe$ SFR Laser Pumped with Infrared NH_3 Laser.

X	E_g			g
	eV	μm	cm^{-1}	
0.13	0.11954	10.37	964.18	55.76
0.14	0.11411	10.87	920.38	58.98
0.15	0.10869	11.41	876.59	62.53
0.16	0.10325	12.01	832.79	66.45
0.17	0.09782	12.67	788.99	70.81
0.18	0.09239	13.42	745.19	75.67
0.19	0.08696	14.26	701.40	81.15

Table. 1 Change in Bandgap Energy and g-factor of $Pb_{1-x}Sn_xTe$ with X (Temp 4K)

Fig. 2 は、 $Pb_{1-x}Sn_xTe$ 半導体の伝導帯中のランダウ準位を示す。Fig. 2 で、A, B, C, D, E, F の各場合は、 $\hbar\omega_p$ (励起光の光子エネルギー) と $\hbar\omega_s$ (SFR レーザ発振光の光子エネルギー) の一方ないし双方が、ランダウ準位間エネルギーと等しくなる場合を示してい

る。Fig. 2においてAやEの場合には、SFRレーザー発振光の光子エネルギーがランダウ準位間のエネルギーに等しくなるため吸収が起こり、発振出力は減少する。B, C, Fの各場合には、共鳴ラマン散乱によって出力が増加する。このことは、我々の研究室でのInSbを用いた実験で確認されている⁴⁾

Fig. 3は、赤外域NH₃レーザー励起Pb_{0.83}Sn_{0.17}Te SFRレーザー発振波長の磁界同調特性を示す。この場合15.9μm(628-629cm⁻¹)域で、上記の共鳴効果と共鳴ラマン散乱の条件を同時に満足するように、励起用NH₃レーザー光の波長(光子エネルギー $\hbar\omega_p$) aP(7,6)12.678μm(788.77cm⁻¹)とPb_{0.83}Sn_{0.17}Te半導体(X=0.17)のバンドギャップエネルギーE_g=0.09782eV(788.99cm⁻¹)を選ぶことができた。

すなわち、バンドギャップエネルギーによる共鳴効果 $\hbar\omega_p (=788.77\text{cm}^{-1}) \leq E_g (=788.99\text{cm}^{-1})$ の条件を満足させるとともに、(628-629cm⁻¹)域のSFRレーザー発振が共鳴ラマン散乱の条件が満足されるB, C点近傍にくるように、赤外域NH₃レーザー励起Pb_{0.83}Sn_{0.17}Te SFRレーザーを構成することができた。

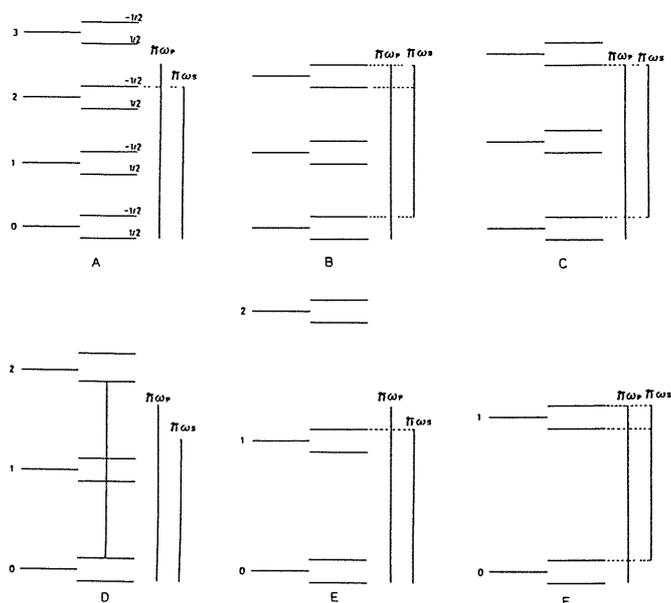


Fig. 2 Several Cases in Which Pumping Laser ($\hbar\omega_p$) and/or Pb_{1-x}Sn_xTe SFR Laser Photon Energy ($\hbar\omega_s$) Coincide(s) with Energy Difference between Landau Levels with increasing in Magnetic Field.

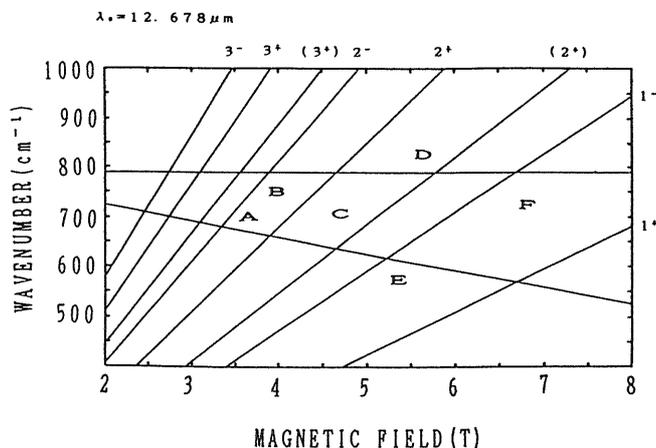


Fig. 3 Emission Wavelength of Pb_{0.83}Sn_{0.17}Te Laser Pumped with 12.678μm(788.768cm⁻¹) Line of Infrared NH₃ Laser as a Function of Magnetic Field (T)

文献

- 1) S.D.Smith et.al:Progress in Quantum Electronics Volume Part4(1977)205.
- 2) 稲場: 応用物理41(1972)38.
- 3) G.Nimtz et al:Narrow-Gap Semiconductor(1983).
- 4) 宮崎, 笠田, 吉田, 畠山: 電気学会 光・量子デバイス研究会資料OQD-88-2(1988)9.