

Abstract: Ternary narrow-gap semiconductor Pb_{1-x}Sn_xTe SFR(Spin-Flip Raman)laser was discussed in connection with the conditions of ① resonance enhancement effect and ② resonance raman scattering, showing that both conditions ①, ② could be satisfied in the infrared tunable wavelength region of 15.9 μm (628-629cm⁻¹) and in the magnetic field of about 2T(Tesla), when 14.260 μm (701.262cm⁻¹) p-H₂ raman laser line was selected as a pumping source for Pb_{1-x}Sn_xTe SFR laser with X=0.19.

我々は、分子法ウラン濃縮用赤外レーザ（15.9 μm 域赤外レーザ）の開発を目標として、高波長分解能の発振線が得られる同調可能（波長可変）レーザとして InSb SFR (Spin-Flip Raman) レーザの研究を進めてきた。すなわち、NH₃レーザを高出力化、長波長化することにより15.9 μm 域で同調可能なNH₃レーザ励起 InSb SFRレーザを開発した！ここでは、より高出力で高効率期待できるSFRレーザとして、励起用レーザにp-H₂ラマンレーザ、そして微少ギャップ（Narrow Gap）半導体のPb_{1-x}Sn_xTeを用いたSFRレーザについて報告する（Fig. 1）。

励起用レーザに用いるp-H₂ラマンレーザは、p-H₂による固有のラマンシフト（354.37 cm⁻¹）により、波長9.1～10.9 μm 域のTEA CO₂レーザで励起した場合、13.6～18.1 μm の波長域で多数の高出力の発振線を得ることができる（Fig. 2）。

Pb_{1-x}Sn_xTeはxの値を変えることにより、そのバンドギャップエネルギー（E_g）及びg-因子を変えることができ（Table 1）したがって共鳴効果による高効率SFRレーザの構成が可能である。すなわち、この種の共鳴効果は励起光波長の光子エネルギー（ħω_p）と半導体のバンドギャップのエネルギー（E_g）が近い場合（ħω_p ≲ E_g）に起こる。そのときラマン散乱断面積が3桁ほど大きくなり、SFRレーザ発振の利得が増加し、通常のSFRレーザの場合に比べて、その発振効率も非常に上がるわけである！^{3, 4)}

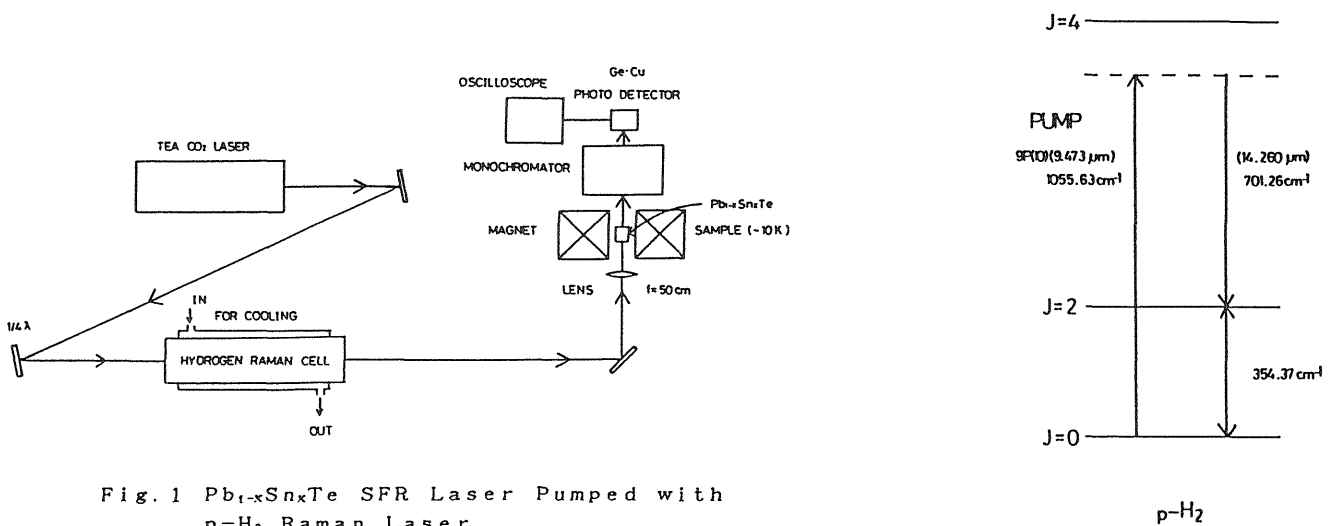


Fig. 1 Pb_{1-x}Sn_xTe SFR Laser Pumped with p-H₂ Raman Laser.

Fig. 2 Raman Shift of p-H₂.

Fig. 3 は、 $Pb_{0.81}Sn_{0.19}Te$ SFRレーザの磁界同調特性で、励起レーザ光の波長は $14.260\mu m$ (701.262cm^{-1}) の場合である。図中のA、B、C、E、O、P、Q、R、S、T、U、Vの各場合は、SFRレーザ発振光の光子エネルギー ($\hbar\omega_s$) と励起用レーザ光の光子エネルギー ($\hbar\omega_p$) の一方ないし、双方が $Pb_{0.81}Sn_{0.19}Te$ の伝導帯のランダウ準位間エネルギーと等しくなる場合を示しており (Fig. 4)、B、C、U、Tの各場合は共鳴ラマン散乱の条件が満足されるため大きな発振出力が観測される。

励起レーザ光に $14.260\mu m$ (701.262cm^{-1}) p- H_2 ラマンレーザ光を用いたのは、Fig. 3 に示すように、この場合には $15.9\mu m$ 域のSFRレーザ発振が、共鳴ラマン散乱の条件が満足され、その結果大きな発振出力の観測されるU-T間で得られるので、高出力の $15.9\mu m$ 域SFRレーザの発振を考える場合、この励起波長は適していると考えられるからである。また、 $Pb_{1-x}Sn_xTe$ 半導体のXを0.19に選び、そのバンドギャップエネルギー (E_g) を 0.08696eV (701.40cm^{-1}) としたのは、この場合 $701.262\text{cm}^{-1} = \hbar\omega_p \leq E_g = 701.40\text{cm}^{-1}$ となり上記の共鳴効果の条件を満足し、高効率でSFRレーザを発振させることができるからである。

X	E_g			g
	eV	μm	cm^{-1}	
0	0.19013	6.520	1533.54	30.60
0.18	0.09239	13.419	745.19	75.67
0.19	0.08696	14.257	701.40	81.15
0.20	0.08153	15.206	657.60	87.35
0.21	0.07610	16.291	613.80	94.44

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

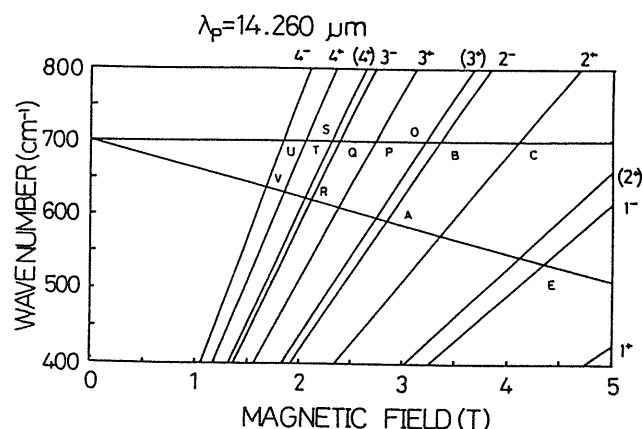


Fig. 3 Emission Wavelength of $Pb_{0.81}Sn_{0.19}Te$ SFR Laser Pumped with $14.26\mu m$ (701.262cm^{-1}) Line of p- H_2 Raman Laser as a Function of Magnetic Field (T).

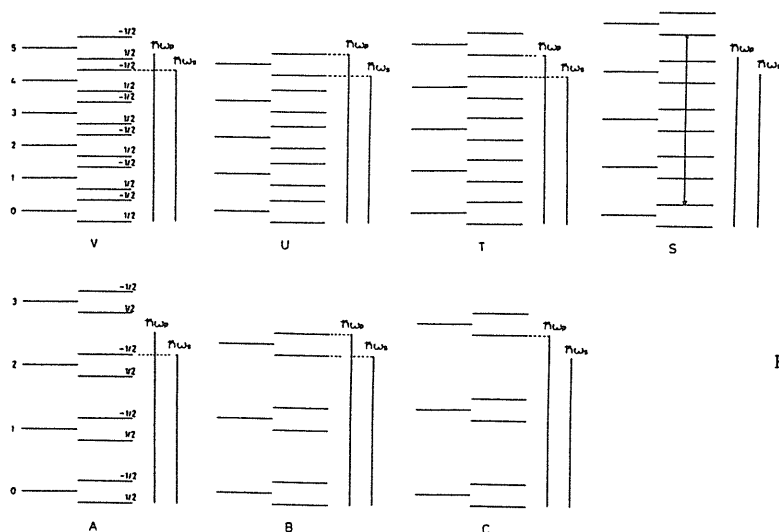


Fig. 4 Several Cases in Which Pumping Laser Photon Energy ($\hbar\omega_p$) and/or $Pb_{1-x}Sn_xTe$ SFR Laser Photon Energy ($\hbar\omega_s$) Coincide(s) with Energy Differences between Landau Levels with increasing in Magnetic Field.

文献 1) 宮崎、笠田、吉田、大島、畠山：電気学会 光・量子デバイス研究会資料

0QD-88-2(1988)9.

2) G. Nimtz et. al: Narrow-Gap Semiconductor (1983).

3) S. D. Smith et. al: Progress in Quantum Electronics Volume Part4 (1977)205.

4) 稲場：応用物理 41(1972)38.