

篠原 弘爾

KOJI SHINOHARA

富士通研究所

FUJITSU LABORATORIES Ltd.

[序]

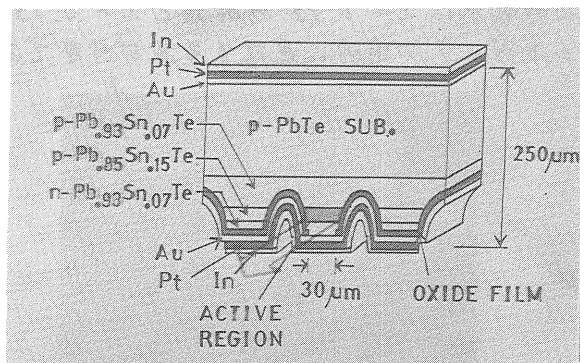
波長可変Pbカルコゲンレーザも、77 KでのCW発振が報告されて以来、もう6年の歳月が流れた。すでに波長域4 μm ~ 10 μm のものは、77 K以上で容易にCW発振が得られ、主として分光用に、一部実用に供せられている。然し、ヘテロダイナミクス計測のローカルオシレータとして考えた場合、当面、メインになると考えられるCO₂レーザとビート周波数の得られる10 μm 以上の波長のレーザは77 K以上のCW発振の報告はない。我々は独自に新しい結晶成長法を開発し、10 μm 以上の発振波長をもつPbSnTeレーザの77 K以上のCW発振が容易に得られる様になったので以下に報告する。併せて、Pbカルコゲンレーザで、現状までに積み残されていた唯一の問題点である長期間室温保管でのコンタクト劣化に關しても、電極構造の改良によって解決したので紹介する。

[長波長レーザ]

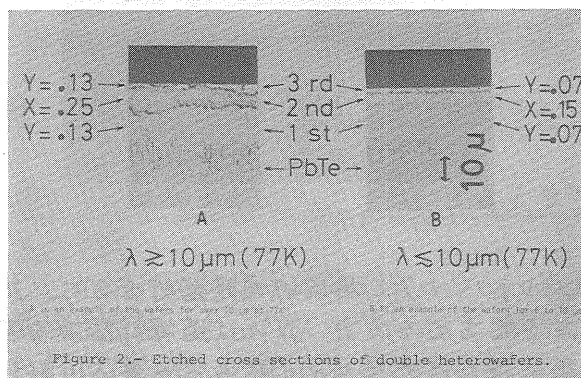
我々の開発してきたPbSnTeダブルヘテロ接合メサストライプ構造のレーザ素子を図-1に示す。この構造の採用により、連続寿命10⁴ hrs以上、室温⇔77 Kの温度サイクルでも劣化のない素子がすでに開発されている。^{(2) (3)}

発振波長6 ~ 10 μm のレーザは、図の活性層組成が $x < 0.20$ であり、10 μm 以上のものは $x \geq 0.20$ となる。通常の液相エピタキシャル法で、図-1のダブルヘテロ構造を形成すると、 $x < 0.20$ の場合と $x \geq 0.20$ の場合で、その界面形状は大きく異なる。 $x < 0.20$ の場合、通常の液相エピタキシャル成長で平坦なヘテロ界面が得られ、キャリア、光の閉じこめ効果が

有効に作用し、低閾値で高温動作のレーザ素子が製作できる。 $x > 0.20$ の場合は、同様の成長法でヘテロ界面に凹凸が生じる。(図2)



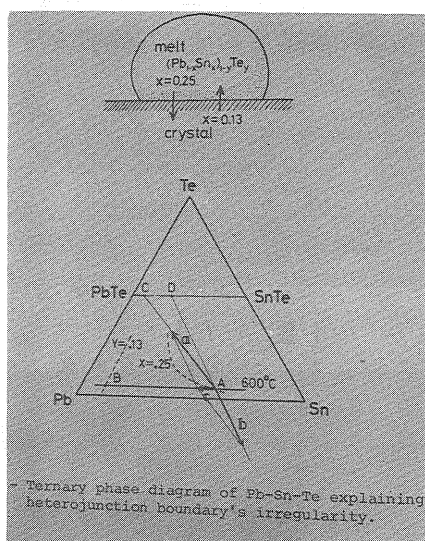
(図-1)



(図-2)

$x > 0.20$ でヘテロ界面に凹凸が生じる原因はPb-Sn-Te三元相図にある。即ちJ.S. Harris⁽⁴⁾らによる相図では、PbSnTe等組成線は、エピタキシャル成長温度600°C近傍で、 $x = 0.20$ を境として、高組成側で大きく湾曲している。このためすでに成長しているオニ層の固相($x < 0.20$)と、オニ層(活性層)成長用の液相間の組成差が甚しい。この事は、活性層成長用の液相が、オニ層と接触した瞬間に固液界面で非平衡状態をひき起こす。非平衡状態が平衡状

態に戻るため、固液界面で、メルトバックと析出が同時におこる。以上の過程を、相図で詳述する。図-3の相図に於て、 $x = 0.13$ のオー層（固相）は、 $x = 0.13$ の等組成線（実線）と成長温度 600°C の等温線（実線）の交点のBのメルトから析出したものであり当然このメルトと平衡状態にある。ここで活性層成長用メルト（ $x = 0.25$ の等組成線と 600°C の等温線の交点Aの組成をもつ）が上に来る。活性層用メルトは、オー層と平衡を保つため、 600°C 等温線上を、点Aから点Bに向って移動する。この移動には $x = 0.25$ の析出と $x = 0.13$ のメルトバックが同時に進行する必要がある。



(図-3)

メルトバックと析出の同時進行をさせ、析出のみを起させるため、我々は過冷却熔液を用いた新液相エピタキシャル成長法を導入した。新成長法によって得たウェハは、 x 値如何にかかわらず平坦なヘテロ界面を有しており、これから製作したレーザ素子は $10\ \mu\text{m}$ 以上の発振波長をもち、 77K 以上で CW 発振を示す。⁽⁴⁾

【コンタクト劣化の抑止】

PbSnTe レーザで 10^4 時間以上の連続運転及び 100 回以上の熱サイクル ($77\text{K} \leftrightarrow$ 室温) で劣化のない素子は製作できなが、長期間室温放置すると、コンタクト抵抗が増加するという問題点があった。コンタクト抵抗が増加する原因

は、素子マウントに用いる In が Au 電極を貫通して、 P 型 PbTe 内に、室温においてすら拡散してゆく事にある。 In は PbTe 内でドナーとして働く。 In 拡散を抑止するため、図-1の構造図に示す如く、 Au 電極と In 半田の間に Pt を挿入した新電極構造を採用した。このデバイスは、加速エージング試験の結果、室温で3年放置してもコンタクト劣化を示さない事が判明した。

波長可変赤外ダイオードレーザもやっと、実用に耐えうるものが製作できはじめた。今後は格子整合物ダブルヘテロ構造を採用する事によるパワーアップ及び埋めこみ構造によるシングルモード化が必要であろうと考える。

参考文献

1. S.H. Grooves, K.W. Nill and A.J. Strauss
Appl. Phys. Lett. 25, 331 (1974)
2. M. Yoshikawa, K. Shinohara and R. Ueda
Appl. Phys. Lett. 31, 699 (1977)
3. M. Yoshikawa, M. Koseto and R. Ueda
CLEOS '78 (San Diego)
4. K. Shinohara, M. Yoshikawa, M. Ito and R. Ueda
NASA Conference '80 (Williamsburg)