

曼效应的閾值激光功率同数量級(几百瓦特)。这表明前面的討論定性上是正确的,当光激光器受到极强的抽运时,或許大部分紅宝石激光輸出在受激励曼效应中未起作用。这可能是由于发生紅宝石或喇曼激光振盪的光学細絲的截面不同。因此能够說明,受激励曼效应的效率比它所表現出来的还要高很多。

由此可见,在很高的激励功率下,如果入射激光束、一次和高次受激斯托克斯綫的截面积可以比較的話,它們的輸出应当有大約相同的数量級。

### 进一步改进的可能性

考虑用現有的研究結果来改进效率的可能性,使之超过上面得到的水平是很有兴趣的。

从(3)式看出,增大 $\eta$ 和 $Q_2$ 将会增进受激励曼效应的效率。但是不可能只增大 $\eta$ 而不影响紅宝石激光振盪。激励喇曼效应的紅宝石光激光器滿足下列速率方程

$$\frac{dn_1}{dt} = n_a B n_1 - n_m \eta k n_1 n_2 - \frac{W_1 N_1}{Q_1} \quad (8)$$

並且

$$\frac{dn_a}{dt} = N a n_a B (n_1 + 1) \quad (9)$$

其中 $n_a$ 是单位体积中有效受激态的离子数; $B$ 是受激发射系数; $N a$ 是 $n_a$ 由于抽运引起的增量; $Q_1$ 是紅宝石光激光器光学諧振腔的品质因数。

(4)式表明,右边第2項的值愈大时,光学諧振腔的有效品质因数愈低;因此 $\eta$ 的增大使紅宝石激光輸出減少。

因而,存在一个对应于最大效率的最佳 $\eta$ 值。另一方面; $Q_2$ 能尽可能增大。在用紅宝石激光激励喇曼激光的情况下。由于紅宝石晶体的光学非均匀性,我們不能指望有极高的 $Q$ 值。如果用一个气体光激光器,便有理由假定 $Q_2 = 10^{10}$ , $\eta = 0.2$ ,从而 $N_{1th} = 2 \cdot 10^{11}$ 光子/厘米<sup>3</sup>。假定光束的平均截面是0.1厘米<sup>2</sup>,这就相当于大約150瓦的激励功率。也許有可能作成一个連續氩气光激光器,其光学諧振腔內的輻射功率超过150瓦。前面的討論表明。在一个高增益氩气光激光器的諧振腔中插入一个光学均匀的喇曼盒之后,有可能激励受激励曼激光。換句話說,比之本文报告的系統,受激励曼激光的效率能增进30倍以上。

譯自 Proc. IEEE, Vol. 53, № 2 (Feb. 1965) 146—149

向立人譯,顏紹知校

## 光激发下砷化镓的受激发射

H. Г. 巴索夫等

在文献(1-4)中,提出了在半导体中已經获得負温度状态,並且进行了理論研究。在文献(5)中,观察並实验研究了紅宝石光激光器光激发下, GaAs 晶体的复合发光。本文敘述了的 Q

調制紅寶石光激射器的激光激发下的 GaAs 半导体晶体的受激发射和振盪的初步研究結果。

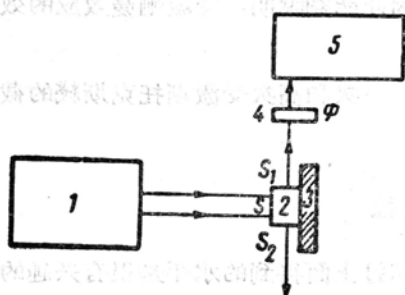


图 1 1—Q 調制紅寶石光激射器；2—試样 (GaAs 单晶)； $S_1$ 、 $S_2$ —形成諧振腔的試样反射平面；3—致冷导体；4—( $\Phi$ )—不透过泵浦光的滤光鏡；5—ИСП-51 型攝譜仪； $\Rightarrow$  泵浦光的方向； $\rightarrow$  試样的发射。

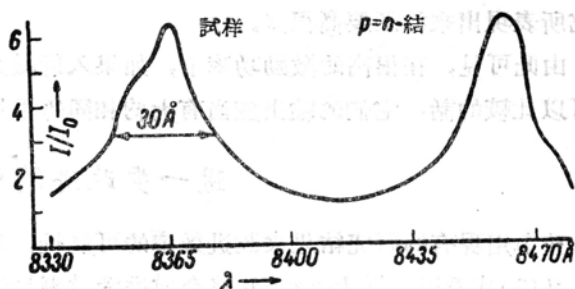


图 2 試样的振盪譜綫(載流子浓度为  $2 \cdot 10^{17}$  厘米<sup>-3</sup>；迁移率为 3500 厘米<sup>2</sup>/伏·秒)和 p-n 結注入式光激射器的振盪譜綫。

試样(見图 1)用 GaAs 单晶制成，其尺寸为  $2 \times 1$  毫米、厚 0.5 毫米。受泵浦光照射的試样的磨光平面 S 和結晶学平面(111)相吻合，对应于結晶学平面(110)的二个平面  $S_1$ 、 $S_2$  和 S 面相垂直，构成了平面平行諧振腔。試样固結在以液氮冷却的致冷导体上。为了便于調整，將試样和砷化镓注入式光激射器並放在一起。GaAs 单晶試样(和 p-n 結光激射器)的发射指向 ИСП-51 型攝譜仪，不透过泵浦光( $\lambda = 6943$  埃)的滤光鏡  $\Phi$  置于攝譜仪的前面，用照象干板記錄試样的发射，或者藉助光电变换器将它显示出来。用光电倍增管来检测光激射器泵浦发射脈冲的能量。

以能量約为 0.1 焦耳(功率为 2 兆瓦)的紅寶石光激射器的非聚焦光脈冲照射 GaAs 試样时，在 ИСП-51 型攝譜仪的輸出端可观察到在 8340 至 8400 埃的光譜範圍內复合发光譜綫的变窄。当泵浦光脈冲能量增加到 0.15 焦耳时，在波长  $\lambda = 8365$  埃处，(振盪)譜綫劇烈变窄。譜綫变窄的同时，伴随发生試样发射方向图的变窄，以及譜綫强度的显著增加。試样和 p-n 結光激射器的振盪光譜图的研究結果图示于 2。較大的振盪綫寬  $\Delta\lambda = 32$  埃，显然，这和多种形式的振盪有关，該振盪的固有頻率发生在自发复合发光譜綫所佔据的光譜範圍內；这些振盪同时滿足自激发条件。事实上，諧振腔中軸向波型間間隔(以波长計)是 1 埃，且小于攝譜仪的分辨率(等于 4 埃)。这就不可能分辨出每个振盪波型。

象文献(6,7)所指出的那样，为了在 GaAs 这种半导体中(具有較大的帶間跃迁发射机率)建立起負溫度状态，最好采用单色輻射，其光子的能量略高于禁帶寬度。紅寶石光激射器的光在液体及气体中的喇曼散射时，就可以得到这种单色輻射。为了激发砷化镓試样，則采用紅寶石光激射器輻射在液氮中喇曼散射的斯托克斯成份(стоксов компонента)(8)。为此，在光激射器和試样之間安置装有液氮的杜瓦瓶。在杜瓦瓶的輸入窗前安置一个透鏡，在輸出窗前

安置另一个透镜，这两个透镜彼此共焦。在样品的前面放置一个只能透过喇曼散射中的斯托克斯成份( $\lambda = 8281$  埃)的紅外滤光片。测量表明，当光激光器发射脉冲的能量约为 0.3 焦耳时，约有整个能量的 15% 转变为斯托克斯成份。在不大的聚焦的斯托克斯成份的辐射下，即达到 0.2 焦耳/厘米<sup>2</sup> 时，则无论在液氮温度或在室温下都会产生振盪(见图 3)，量子输出约 4%，射线发散度约 4°。

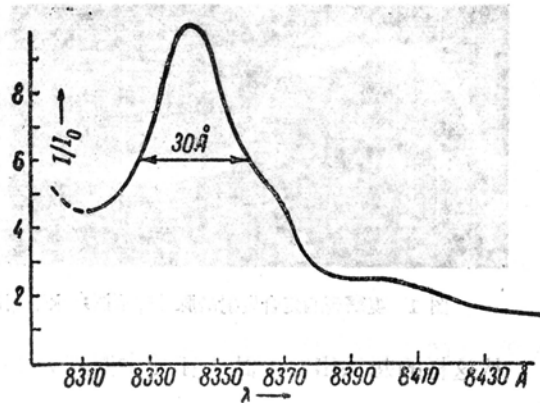


图 3 液氮状态下，在红宝石光激光器发射的喇曼散射的斯托克斯成份的作用下，试样的振盪光谱(液氮温度下)(载流子浓度为  $1.55 \times 10^{17}$  厘米<sup>-3</sup>，迁移率为 4450 厘米<sup>2</sup>/伏·秒)。室温下，在最大波长  $\lambda \approx 9000$  埃处，可观察到类似的 GaAs 的振盪光谱。

### 参 考 文 献

- [1] Н. Г. Басов, Б. М. Вул, Ю. М. Попов, ЖЭТФ, 37, 587 (1959)
- [2] Н. Г. Басов, О. Н. Крохин, Ю. М. Попов, УФН, 72, 161 (1960)
- [3] Н. Г. Басов, О. Н. Крохин, Ю. М. Попов, ЖЭТФ, 40, 1879 (1961)
- [4] Н. Г. Басов. III конф. по квантовой электронике, 2, Париж-Нью-Йорк, 1964.
- [5] Н. Г. Басов, Л. М. Лисицын, Б. Д. Осипов, ДАН, 149, 561 (1963)
- [6] Ю. М. Попов, Докторская диссертация, ФИАН, 1963
- [7] Н. Г. Басов, О. Н. Крохин, ЖЭТФ, 46, в. 4, 1508 (1964)
- [8] P. P. Stoicheff, Rendiconti della Scuola Intern. Fisica «Enrico Fermi» Varenna, 1961, Bologna, 1963.

苏联科学院列别捷夫物理研究所

译自 Д. АН СССР, Том 161, вып 6 (Апр. 1965) 1306—1307

张荣康译，王海龙校

## 磁集中效应下 InSb 的复合发射

В. И. 伊凡诺夫-奥姆斯基等

本文给出了室温下由磁集中效率引起的 p-InSb 的复合发射的初步观察结果，由于磁集中效应，在试样的一个界面上产生了非平衡载流子的过剩的集中。界面附近一部份复合激子的过剩集中，伴随着有发射发生。磁集中效应理论在一系列的文献中都作了叙述。在 Ge 中观察到了这种效应。为了在类似的条件下观察复合发射，InSb 将是较为合适的对象，因为 InSb 的本征电荷载流子的浓度和电子迁移率都比较大。