

## 贝耳电话实验室生长出大块钇铁石榴石

据贝耳电话实验室报导，他们能生长大块的没有裂纹的钇铁石榴石。

据说贝耳的新技术能够使晶体从坩埚连续引出，即当晶体生长时，不需要从炉里移出坩埚。这就能防止晶体再溶解，并能使它们慢慢冷却，以避免由于热震动而破裂。刺穿坩埚底部的金属塞，便可引出晶体。

在形成过程中，用氧气冷却坩埚底部，以促进晶体的核晶过程，并促进生长更完善的晶体。也用氧气冷却排出系统，并除去蒸汽。

据说，在熔炼时加入氧化钙能保证大块晶体的形成。

原载 *Electronic News*, 1966, 11, №551, 22 (容 宇译)

## 集居数反转介质中强脉冲光的传播速度

Н. Г. Басов, Р. В. Амбарцумян, В. С. Зуев,

П. Г. Крюков, В. С. Летохов

1. 在具有两个能级的集居数反转介质中，能观察到强脉冲光的传播现象。当脉冲光能量密度为  $E_s = \hbar\omega_0/2\sigma_0(\omega_0$  和  $\sigma_0$  为能级间辐射跃迁的频率和截面) 时，换句话说，在保证反转  $N_0$  的起始密度有很大降低的情况下，开始出现脉冲的非线性放大<sup>[1]</sup>。根据辐射传输的速度方程可以得出这样的结论：当脉冲前半部的能量密度刚达到  $E_s$  的数值时，所有的激活粒子就都进入前沿，而后沿则在具有很小放大的介质中，甚至是具有损耗的介质中传播。其结果就使脉冲的最大值发生补充前移。在通过距离  $\sim 1/\gamma$  后 ( $\gamma$ ——介质中单位长度的光的损耗系数)，脉冲能量就达到一固定数值<sup>[2]</sup>，而当脉冲继续移动时，脉冲就趋向于一固定形式：具有比介质中光速  $c$  快的有效速度  $v_{\text{有效}}$  的位移。

带有瞬时开关的激光器，它的强脉冲光总是具有约为  $e^{t/\tau_0}$  的指数前沿<sup>[3]</sup>，而脉冲宽度总要比介质的横向张弛时间  $T_2$  大得多 (红宝石： $T_2 = 10^{-11} \sim 10^{-12}$  秒)。可以肯定，当这种脉冲在集居数反转介质中传播时，脉冲前沿的宽度  $\tau_f$  (从最大值的一半至最大值) 实际上是不变的。这种脉冲达到了具有宽度 ( $\sigma_0 N_0 \gg \gamma$ ) 的固定状态：

$$\tau_{\text{脉冲}} = \tau_f \left( \frac{\sigma_0 N_0}{\gamma} \right) / \ln \left( \frac{\sigma_0 N_0}{\gamma} \right), \quad (1)$$

它的传播速度按下面的关系式确定：

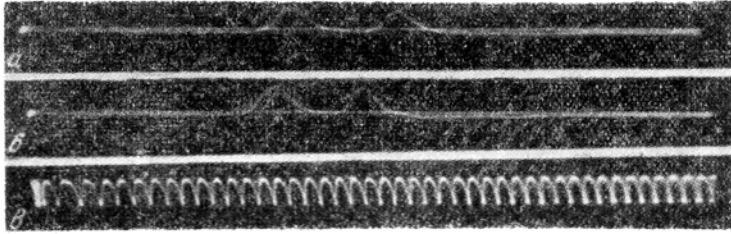
$$\frac{v_{\text{有效}}}{c} = 1 + (\sigma_0 N_0 - \gamma) \tau_0 C. \quad (2)$$

如果介质红宝石具有下面的参量： $\sigma_0 N_0 \simeq 0.2$  厘米<sup>-1</sup>， $\gamma \simeq 0.03$  厘米<sup>-1</sup>， $c = 1.7 \times 10^{10}$  厘米/秒，和  $\tau_0 = 3 \times 10^{-9}$  秒，我们就得到  $v_{\text{有效}} = 17 \times 10^{10}$  厘米/秒。可见，脉冲最大值的移

动速度要比光速快得多。当然，这与因果原则并不矛盾，因为这种移动是依靠非零强度时起始弱前沿的应变来实现的。如果把脉冲的前沿部分截去，那末脉冲就只能移动至零强度这一点，这一零强度在介质中总是以光速  $c$  运动着。

2. 我们曾用两个长 24 厘米、端面切成布儒特斯角窗的红宝石晶体组成的放大器，研究强脉冲光的传输。脉冲光由振荡器产生，这种振荡器在文献<sup>[4]</sup>中有所记述。对于弱信号，光放大器的总放大率约为 50。测试的结果表明，在距放大器输出端 10~15 厘米处，脉冲前半部中的能量密度达到  $E_s \simeq 4$  焦耳/厘米<sup>2</sup>。在放大器的输出端脉冲能量为 17 焦耳。

用同一个同轴光电管对放大前和放大后的脉冲光进行纪录，放大的脉冲要经过几十米的附加路程，因此它到达光电管的时间要比输入脉冲迟  $56 \times 10^{-9}$  秒。为保证光电管的线性工作状态，须用适当的方法减弱脉冲。在图 1 中，a 为弱信号时输入和输出脉冲的典型波形



图。用滤波器把振荡器的脉冲衰减  $3 \times 10^3$  倍。未衰减时输入脉冲的参数为：能量 1.3 焦耳，半峰值的持续时间为  $16 \times 10^{-9}$  秒，取决于振荡器开关接通之瞬间的起始脉冲，与峰值脉冲相距为  $45 \times 10^{-9}$  秒，前沿的持续时间（从 1/2 能级至最大值） $8 \times 10^{-9}$  秒。

图中  $\delta$  是在没有衰减信号时输入及输出脉冲的波形图。从 a 和  $\delta$  的波形对比中可以看出，脉冲并没有什么明显的紧缩，但  $\delta$  中输出脉冲比 a 中更靠近输入脉冲（实验中光的延迟时间是相同的）。经过精确计算后得出位移的数值是  $9 \times 10^{-9}$  秒。

图中 B 是扫描校准周期为  $8 \times 10^{-9}$  秒的正弦曲线。

综上所述，可以得出结论，在非线状态下当脉冲通过放大器时，它的峰值所达到的速度比真空中的光速快 6~9 倍。在实验中， $\sigma \cdot N_0 = 0.14$  厘米<sup>-1</sup>， $\gamma \simeq 0.02$  厘米<sup>-1</sup>， $\tau_0 = 4 \times 10^{-9}$  秒，非线性放大的间距  $L \simeq 10.15$  厘米。在这种情况下，和 (2) 式相符， $(v_{\text{有效}} - c)/c \simeq 8$ 。当脉冲通过的介质长度为  $L$  时，它会补充移动  $(v_{\text{有效}} - c)L/c$  厘米，这样会导致  $\frac{(v_{\text{有效}} - c)}{c} \cdot \frac{L}{c} = 5 - 7 \times 10^{-9}$  秒的超前。因为脉冲最大值的机械移动开始得比前半部中能量达到 4 焦耳/厘米<sup>2</sup> 来得早一些，因此，实验室里的超前数据要比理论估价高一些。实验得到的数值是  $9 \times 10^{-9}$  秒，这与上面的假设并不矛盾。

3. 因而，优先放大具有指数生长前沿的前半部脉冲并不能导致脉冲持续时间的缩短，而是导致脉冲最大值的补充位移。为了有效地缩短脉冲宽度，必须增大前沿斜率，例如用附加开关截去部分前沿、非线性吸收等。关于这些方法应用的可能性将在以后分别发表。

应当指出，脉冲最大值以  $v_{\text{有效}} > c$  的速度位移时，集居数反转界限也陪同位移，因为脉

(下转封二)

6. 研究激光棒的高速框架照相机.....(28)
7. 貝耳电话实验室生长出大块钇铁石榴石.....(30)
8. 集居数反转介质中强脉冲光的传播速度.....(30)

## 应 用 研 究

1. 将激光用于高速印刷.....(32)
2. 激光深空通讯的可能性在增长.....(33)
3. 激光地形回避传感器的研究.....(36)
4. 可产生四种波长的激光气象雷达.....(40)
5. 用激光模拟无线电传输.....(40)
6. 激光器有助于化学研究.....(41)
7. 光学存储系统采用激光器.....(41)
8. 用激光器控制光栅刻划机.....(41)

## 消息报导及其它

1. 以色列打算生产红宝石和激光器.....(42)

(上接第 31 页)

冲最大值是在具有反转  $\ll N_0$  的介质中传播的。很明显，随同脉冲产生了速度为  $v_{\text{有效}}$  的位移梯度  $\text{Im}\varepsilon$ 、介质的体积中和极化凝结以及介质的高频极化凝结，这些能导致一系列新的效应，如瓦维洛夫-契伦科夫型发光就是例子。

### 参 考 文 献

- [1] R. Bellman, G. Birnbaum, W. G. Wagner, *J. Appl. Phys.*, **34**, 780 (1963); L. M. Frantz, J. S. Nobvik, *J. Appl. Phys.*, **34**, 2346 (1963).
- [2] Н. Г. Басов, В. С. Легохов, *Препринт Физ. инст. им. П. М. Лебедева АН СССР*, А-2, 1965, *Оптика и спектроскопия*, **18**, 1042, (1965).
- [3] R. H. Hellwarth, *Adv. Quant. Electronics*, N. Y., 1961.
- [4] Н. Г. Басов, Р. В. Амбарцумян и др., *ЖЭТФ*, **47**, 1595 (1964).

原载 *Доклады Академии наук СССР*, 1965, **165**, №1, 58~60 (周稳观译, 彭家驹校)