究[88]。El-Sum 讨论了声学全息照相在医学上的应用[89]。正在研究用声学全息照相来探出肿瘤的位置；用以确定胎儿在子宫内的位置的想法也在酝酿之中。应用声学全息照相术获得了完整鸡蛋中鸡胚的全息照片。声的功率很低，对生物组织不产生损伤是可能的。关于声音和超声对组织的影响已有大量资料。

El-Sum 还指出，在超声方面，尚有一些问题需要解决，其中包括内界面问题。在研究动物肿瘤时，作用部位是被淹没的。对于人，淹没是有问题的，特别是作用部位在颈部以上时问题尤其大。已研究了一些能作为取代的技术，其中包括应用塑料袋（其声学性质与水匹配）。Greguss 初步研究了超声全息照相在眼科中的应用[92]。正常眼和有肿瘤的眼的超声全息照相有明显区别。但是应用超声全息照相探查肿瘤在技术上还需进行许多改良。至于用来鉴别不同肿瘤则是困难的。

参考资料(略)

取自 S. Fine, E. Klein, *Laser Focus*, 1969 (July), 5, №13, 28～36

会 议 报 导

洛杉矶激光等离子体会议

1969 年 11 月 12～15 日于美帝洛杉矶召开了等离子体物理学部 1969 年年会。

通过强激光脉冲将高电磁能密度聚焦在一小体积中的可能性，促使等离子体物理学工作者试图实现下列两方面的应用：

1. 产生和加热等离子体；
2. 用激光散射来诊断等离子体。

与这一课题有关的两次会议说明了这种方法的现实性。用巨脉冲激光的方法，在一个封闭的磁场中产生“纯碎”的绝热高密度等离子体，这对研究等离子体物理问题有很大的吸引力，例如研究在特殊的磁场结构中等离子体的稳定性问题。Haught和 Polk (美帝空军) 研究出了一种使直径为 $5\sim10\times10^{-3}$ 厘米的 LiH 颗粒荷电的技术，其目的是借助于静电场或振荡电场将颗粒带到脉冲激光的焦点上。这样产生的等离子体温度约 100 电子伏，将稳定地被约束在最小磁感应强度为 5 千高斯的镜面磁场中。正如报告讲的，等离子体的扩散时间是由离子散射在损耗锥体中的库仑碰撞频率来决定的。把激光产生的等离子体注入到各种磁场结构中的类似实验是用美帝普林斯顿大学的球面磁场和罗彻斯特大学的圆环四极磁场完成的。在此设备中，用激光产生的离子数和电子数为 $10^{16}\sim10^{18}$，等离子体温度约为 100 电子伏，这是因为受目前毫微秒脉冲时间输入的激光能量 $\leqslant100$ 焦耳所限。

为在氘—氚混合体中维持聚变过程，也就是说要将足够密的等离子体 (n 离子/厘米^3) 保持足够长的时间 t，而使其乘积 $nt\geqslant10^{14}$ 秒/厘米^3，加热至 10 千电子伏，那么激光

的最低输出能量也要 10^5 焦耳。考虑到实际上不可避免的能量损耗，证明必须要有 10^7～10^9 焦耳的激光能量，这样才能成为放能的聚变过程。这样庞大的激光系统尚不存在。很明显，大功率激光器发展的动力就在于等离子体研究中的可能应用，在加里福尼亚的一个聚变实验室里，目前正在建造一个圆盘结构的激光器，能产生 1,000 焦耳、3～4 毫微秒的脉冲。最末一级放大器由直径 28 厘米、厚 1.27 厘米的肖特生产的掺钕玻璃圆盘构成。为避免反射损耗，圆盘相互放置成布儒斯特角。法国研究组报告了利默耳原子研究中心的有关激光产生等离子体的试验。他们的激光器亦属于现在拥有的最大功率系统。五个串联钕玻璃激光器用磷酸二氢钾普克耳盒进行 Q 调制，产生 6 毫微秒的脉冲，能量放大为 40 焦耳，功率达到 4 千兆瓦。普克耳盒或放在振荡器和第一级放大器之间，或置于第一和第二级放大器之间。这样可以防止由于系统或等离子体反射回来的光线使振荡器损坏。将激光会聚在低温冻结的氘的小面积上。由热核聚变所产生的中子将比激光加热的多百倍。

很明显，中子辐射在任意逸散的等离子体中约束的时间很短，在这个时间内光线被强烈地吸收而使等离子体密度及温度大大升高。这就提出一个问题，用激光产生的等离子体的磁场约束能否提高中子产额。激光在等离子体中的吸收系数 α 基本上是波长、等离子体密度 n 和温度 T 的函数。温度以千电子伏表示，电子密度以厘米$^{-3}$表示，波长为 1.06 微米时，$\alpha \simeq 1.5\times10^{-41}n^2/T^{3/2}$。

在热核温度 10 千电子伏时，比较有效的吸收要求等离子体密度为 10^{20}～10^{21} 电子/厘米^{3}为补偿。相应的等离子体压力，需要 10^7～10^8 高斯的磁场，这是简单技术不能达到的。这个数字清楚说明了一个问题，用激光加热聚变过程是有矛盾的。欲使激光能量被大量吸收并使等离子体温度升高，只有使等离子体密度在激光发射时足够大才能达到。高密度、高温等离子体不能用磁场加以保持，由于等离子体膨胀限制了加热过程的效能，离子产生了很高的热运动。

10 千电子伏氘离子只要 10^{-10}秒就离开了直径为 10^{-2}厘米的激光焦斑，只有当激光脉冲时间小于 1 毫微秒时，1.06 微米波长激光能量才可能较多被吸收。从这一基本概念出发，等离子体物理学家极为关心微微秒范围短脉冲大功率激光器。劳伦斯辐射实验室的 Shaerer 和 Barnes 及华盛顿大学的 Steinhaer 和 Ahlstrom 报导了用 4～500 微微秒激光脉冲来加热氘冰的理论计算。对非常短的激光脉冲来说，可以忽略等离子体的宏观膨胀。换句话说，在这一时间内，由于离子惰性，使等离子体保持不变。通过电子气中的“热碰撞波”完成等离子体的能量传输，尽管是高密度，一开始时在吸收激光能量的电子和冷的离子之间也不存在热平衡。在经过 10～30 微微秒后离子才达到最高温度，这时渴望得到缓慢的中子发射。这一看法表明，假如能建立功率足够大的钕玻璃激光器，爆炸性的产生聚变能量就是可能的。为了实际获得能量，必须在“Blascon”反应堆中，周期地注入氘化锂冻块，并用激光点火。

在某种意义上讲，这种燃料注入和点火的方式相当于爆炸式发动机。这一激光点火反应堆的优点是不需要约束等离子体的磁场。

虽然目前激光有可能产生聚变中子，但离所要求的10^7～10^8 焦耳的激光器还很远，在 Blascon 反应堆中产生瞬时放热聚变等离子体，这些能量是必要的。现在很多人谈到

另一种方法，就是用激光产生等离子体做为聚变反应堆的起动器。洛杉矶的 Hansen、Bernstein 和Fried 计算了在加里福尼亚的 Alice 设备的磁场中激光产生等离子体中性氢原子高能射线的电离几率，它比劳伦斯电离好十多倍。根据劳伦斯辐射实验室报告的方法，由反射镜机里逸散的高能等离子体粒子直接转变为动能，达 90% 的高效率是很可能的。通过排除一切可能产生的不稳定性而获得直接能量转换的高效率和瞬时量得的约束时间，使得反射镜机迅速地突然移向可能聚变机的第一个位置。

正象上面指出的，用钕玻璃激光器不能将等离子体有效地加温至聚变温度并同时进行磁收缩。由于吸收系数与波长的平方关系和 CO_2大功率短脉冲激光的产生开辟了激光加温磁约束等离子体的新的可能性，华盛顿大学的 Vlases 和 Ahlstrom 在此会议上做了探讨。CO_2激光波长为 10.6 微米，从技术上考虑完全满足电子密度 10^{17}～10^{18} 厘米$^{-3}$，其吸收长度为 10～100 米。$n=10^{17}$ 厘米$^{-3}$ 的等离子体，10 千电子伏的聚变温度要求约束磁场为 300 千高斯。这在技术上是可以达到的，这就可能用 50 微秒的 CO_2 激光脉冲来加热磁约束等离子体。在这方面特别引起人们关注的是 CO_2激光器有很高的效率，并且目前还有一种方法，可以通过CO_2的循环泵浦进行冷却，从而在 10～50 微秒时间内产生 10^4 焦耳激光脉冲。

英格兰卡耳汉实验室的 N. J. Peacock 报告了英国研究组的一些结果，引起会议的重视。在苏修莫斯科库尔恰图夫研究所的 Tokamak-T-3 机中用激光散射的方法测定了电子温度和等离子体密度。应苏修的邀请利用调 Q 红宝石激光器进行的实验，验证了等离子体温度为 500～1,000 电子伏和等离子体的长约束(经典扩散)时间，获得了令人振奋的结果。这个长约束时间，过去是用磁探针进行测量的。激光散射比探针诊断等离子体的好处是等离子体不受外来物体的干扰。等离子体电子散射强度正比于它的密度。由于电子热运动引起的散射光多普勒位移可读出温度值。汤姆逊散射截面还是很小的，所以只能使用脉冲激光作为强光源才能完成这样的测量。

取自 F. Schw'rzke., *Laser*,, 1970 (März), 2, №1, 62～63

巴黎激光等离子体会议

1969 年 12 月 2～4 日，在巴黎工业大学召开了激光等离子体会议，一些从事激光产生等离子体工作的欧洲研究集团应邀参加了会议。

法国利默耳武器研究中心的 F.Floux 报告了引人注目的激光产生核聚变等离子体工作的近况。在固体氘棒中产生聚变中子所需的激光功率已从 4 兆瓦下降到 2 兆瓦。30 焦耳的激光脉冲能量可打出 3,000 个聚变中子。法国通用电气公司已开展了激光研究。该公司认为，不要多大麻烦就能建成十万焦耳的钕玻璃激光器。钕玻璃负载强度要超过肖特玻璃。M. Lubin 报告 2 千焦耳钕玻璃激光器系统的建造状况、中子产额计数及测量聚变中子的瞬时结果。慕尼黑工业大学的 H. Puell 报告了各个实验室同时进行的类似