

磁化水受激布里渊散射(SBS)的实验研究

周仲壁 刘新民 杨经国 余学君

(四川大学物理系)

以一定速度流过适当强度的磁场后的水称为磁水或磁化水。磁化水在许多情况下呈现出一些值得注意的生物和非生物效应,在工农业、医学和日常生活各方面得到愈来愈广泛的应用,取得了一定的效果。关于磁化水所引起的各种效应的机理也有了多种理论和设想,但是,就目前来看,无论是磁化水的效应及其应用,还是磁化水效应的机理研究方面,都还处于实验和探索的阶段^[1]。因此,为了给磁化水的应用和进一步发展提供依据,有必要从多方面开展相应的研究工作。本文试图通过水在磁化前后布里渊散射频移的比较,为磁化水的一些应用和机理研究提供一定的依据。

由磁水效应的热力学理论推知,磁场会改变水的密度^[2]和比热,因而改变水的超声传播速度,实验上也已观察到这种变化^[3,4]。布里渊散射正是由于介质的密度起伏引起超声振荡,入射光受超声场调制而形成的。因此,磁化水的上述性质可以通过受激布里渊散射进行研究。布里渊散射光频率与入射光频率之差 $\Delta\nu_B$ 满足下列关系^[5]:

$$\Delta\nu_B = \nu_{as} = 2\nu_0 \left(\frac{n\nu_{ac}}{c\gamma} \right) \sin \frac{\theta}{2}, \quad (1)$$

式中 ν_{as} 为超声频率, ν_0 为入射光频率, n 为介质折射率, ν_{ac} 为介质声速, γ 为定容比热与定压比热之比(对固体和液体, $\gamma \sim 1$), θ 为入射光波矢与散射光波矢的夹角, c 为真空中的光速。从(1)式可知, θ 为 180° 时频移最大。实验中,我们正是利用这一后向散射测试的。

一、实验装置和实验结果

本实验所用磁化装置是重庆九龙坡电器厂

生产的 MC-2 型磁化器。磁化器所用磁铁为环状永久磁铁,外径 56 毫米,内径 19.5 毫米,长 48 毫米,腔内磁场强度约 1000 高斯。使用时,水由腔的一端流入,由另一端流出。

受激布里渊散射实验装置如图 1 所示。红宝石激光器用隐花菁的乙醇溶液(该溶液对 6943 埃波长的光的透光率 $\sim 40\%$)调 Q, 激光器输出的激光波长为 6943 埃, 激光输出能量 ~ 1 焦耳, 脉宽 ~ 30 毫微秒。激光经分束器后由透镜聚焦进入样品池, 池长 20 厘米。布里渊后向散射($\theta = 180^\circ$)由分束器(即半透片, 它对 6943 埃波长的光的透光率 $\sim 65\%$)反射进入摄谱仪, 并经鲁末板(板厚 $d = 4.45$ 毫米, 折射率 $\mu_0 = 1.5086$)干涉摄谱。用平面反射镜使 6943 埃激光的另一部分也反射入鲁末板, 在干涉图上同时记录下入射激光和布里渊后向辐射的干涉条纹, 以便测定布里渊频移。鲁末板频差的计算公式为^[6]

$$\Delta\nu_B = \frac{r_{P'}^2 - r_P^2}{r_{P-1}^2 - r_P^2} \Delta\nu_0, \quad (2)$$

式中 $\Delta\nu_0$ 为鲁末板自由光谱范围

$$\left(\Delta\nu_0 = \frac{1}{2d} \sqrt{\mu_0^2 - 1} = 0.995 \text{ 厘米}^{-1} \right)$$

$r_{P'}$, r_P 和 r_{P-1} 分别为散射光第 P 干涉级、入射光第 P 和 $P-1$ 干涉级干涉条纹半径(干涉级次从外向内逐渐增高)。

实验中采用自来水, 将水以一定流速通过磁化器后再装入样品池中, 然后以一定时间间隔作散射摄谱。我们在不同流速下得出五组实验结果。图 2 为用 400 毫升/分流速通过磁化器的水所得的照片, 除 1 和 11 两排为激光干涉条纹外, 其余均为激光和布里渊散射光干涉条纹, 从 2 到 10 依次为经磁化器后 5 分钟开始每

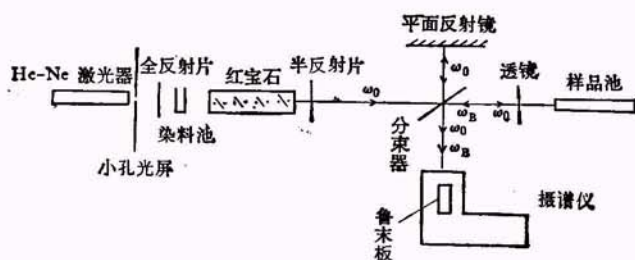


图1 受激布里渊散射实验装置方框图

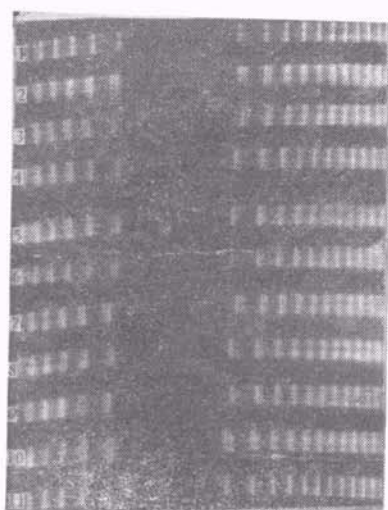


图2 6943 埃激光和布里渊散射光的干涉条纹照片

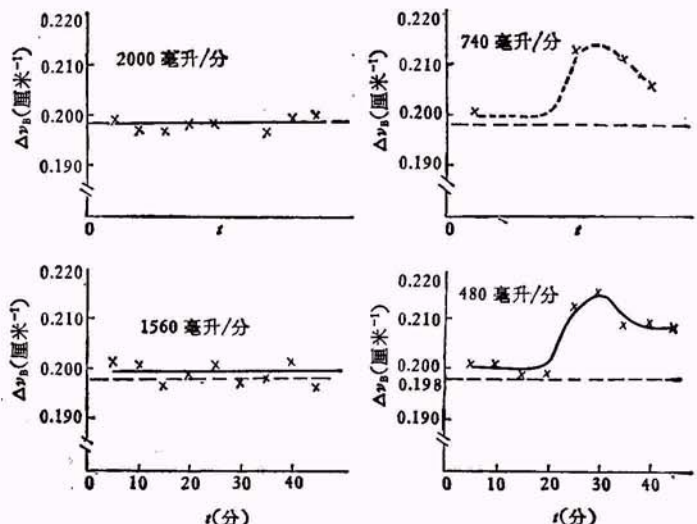


图3 以不同流速通过磁化器的水的布里渊频移 $\Delta\nu_B$ 与流过磁化器后的时间 t 的关系曲线

隔 5 分钟摄得的结果。图 3 为用不同流速通过磁化器的水所摄照片算出的曲线。纵坐标为布里渊频移 $\Delta\nu_B$ ，横坐标为经磁化器后停留的时间 t 。为了便于比较，对同时测定的未进行磁化的水的布里渊散射频移，我们在图中用短线标出，其值为 0.198 厘米^{-1} 。图上方的数字为流速。流速为 740 毫升/分时，所测数据不足，曲线用虚线表示；流速为 2000 毫升/分时，曲线（直线）与短线相重合。所测各点的标准误差为 $\pm 0.004 \text{ 厘米}^{-1}$ 。

二、讨 论

1. 从实验结果看出，由于磁场的作用，确实使水的布里渊散射频移发生了变化，即磁场对水的作用导致水的密度改变，从而改变了超声物理

在水中的传播速度，这一结论与若干文献所得结论一致^[3,4]。但是，我们是在与他们不相同的条件下得到的。根据公式(1)，在得出布里渊频移的同时，如能直接测出超声声速的变化(例如参照文献[3]中的方法)，则有可能从实验上研究磁场对水比热的影响。

2. 由曲线可以看出磁化水的若干规律性：

(1) 水的磁化特性与水流过磁化器的速度密切相关。当水速低于 1200 毫升/分时，布里渊频移的变化显著，速度变小时，其变化峰值增大；当水速高于 1560 毫升/分时，基本上无甚变化；当水速到 2000 毫升/分时，则完全没有变化。

(2) 水的磁化特性也与水通过磁化器后的时间密切相关。在水通过磁化器后的一段时间内，其布里渊频移的变化是很小的，25 分钟左

右才显著增大,在30分钟附近出现一峰值,以后开始减小,减小的速度与水磁化时流过磁化器的速度有关,随流速的增大,减小的速度也加大。

显然,上述规律性有助于选择磁化器的最佳工作状态。这些规律与文献[3]中的有关结论是一致的。

上面结果说明,可以利用受激布里渊散射的方法研究磁化水的特性和机理。这一方法装置较简单,可作为研究磁化水的有效手段之一。本文介绍的实验方法和实验结果,对于研究磁

化水的应用和机理都是相当有用的。

参 考 文 献

- [1] 李国栋,中华物理医学杂志,1(1979),103.
- [2] Н. И. Лычагин, В сб. вопр. теор. и практ. магнит. обработ. воды и вод. систем, (1971), 41.
- [3] П. И. Тоськов и др., Изв. высш. учеб. завед. сер. физ., 12 (1971), 48.
- [4] Л. А. Бантыш, II Всесоюзное совещание по электрической обработке материалов, Кишинев, Октябрь, (1969).
- [5] N. Bloembergen and Y. R. Shen, Phys. Rev. A, 137(1965), 1787.
- [6] С. 坎恩达勒,近代干涉仪,上海科学技术出版社,(1959).

关于用离子束刻蚀作剖面分析时深度值的定标问题

余 觉 觉 王 维 明

(中国科学院半导体研究所)

一、引 言

俄歇电子能谱和光电子能谱结合离子束刻蚀逐层检测,可以获得剖面分布曲线。一般说来,这样做的结果只能得到信号-时间(t)的关系。实际应用中需要把这种关系转换为信号与厚度 Z 的关系。本文以 SiO_2/Si 为例,讨论如何进行转化。

二、分 析

在溅射时间 t_1 后刻蚀的层厚 Z 为^[1]

$$Z = \int_0^{t_1} \dot{Z} dt, \quad (1)$$

其中 \dot{Z} (溅射速率)为

$$\dot{Z} = \frac{M}{\rho N_A e} S_M j_p, \quad (2)$$

式中 M 为(平均)原子量, ρ 为(平均)密度, N_A 为阿伏伽德罗常数, e 为基本电荷, S_M 为(平均)溅射产额(原子/离子), j_p 为一次束流密度。若溅射速率为常数,(1)式可简化为

$$Z(t) = \dot{Z}t. \quad (3)$$

对于均匀样品, M 和 ρ 为常数。又若测试条件一定使 S_M 和 j_p 固定不变(注意:可以不

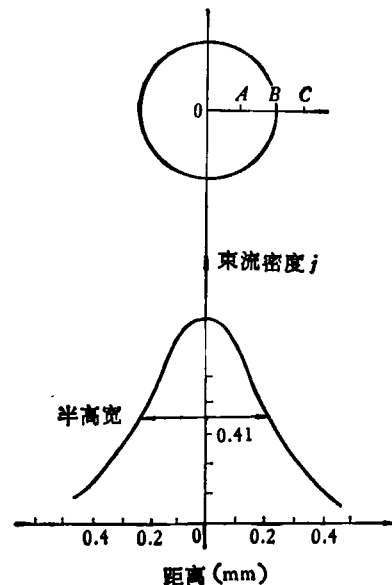


图1 离子束斑内的束流密度分布
(0点为离子束斑中心点)

$$i_A/i_0 = 86\%; \quad i_B/i_0 = 51\%; \\ i_B/i_A = 59\%; \quad i_C/i_0 = 23\%$$