

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01R 27/26 (2006.01)

G01R 33/12 (2006.01)

G01N 21/17 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610041571.5

[43] 公开日 2007年4月11日

[11] 公开号 CN 1945342A

[22] 申请日 2006.9.15

[21] 申请号 200610041571.5

[71] 申请人 江苏大学

地址 212013 江苏省镇江市丹徒路 301 号江
苏大学内

[72] 发明人 周明 陈磊 任乃飞 蔡兰

[74] 专利代理机构 南京知识律师事务所

代理人 汪旭东

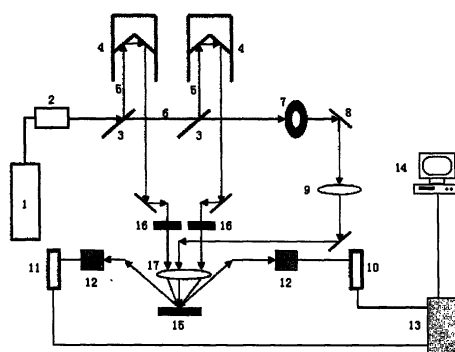
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

[54] 发明名称

双光束 - 两角度超短脉冲激光抽运探测方法
及其装置

[57] 摘要

本发明是一种超短脉冲激光测试技术，特指双光束 - 两角度超短脉冲激光抽运探测方法及其装置，激光脉冲由超短脉冲激光器发射，经过分束镜后被分成两束，一束作为抽运光，一束作为探测光。探测光通过时间延迟线后再经过一个分束镜，分成两束以不同的角度入射到样品表面，然后由两个光电探测器分别在反射方向上独立接收信号，最后通过锁相放大器由电脑采集信号，由电脑将得到的两组数据进行处理，得到样品光学特性曲线。本发明的优点是可结合材料的介电常数和光束极化幅值两方面的探测，实现对转变过程物性参数的精确测定探测技术的时间分辨率可从皮秒突破到飞秒级别。



1. 双光束一两角度超短脉冲激光抽运探测方法，其特征是激光脉冲由超短脉冲激光器发射，经过分束镜后被分成两束，一束作为抽运光，一束作为探测光，探测光通过时间延迟线后再经过一个分束镜，分成两束以不同的角度入射到样品表面，然后由两个光电探测器分别在反射方向上独立接收信号，最后通过锁相放大器由电脑采集信号，由电脑将得到的两组数据进行处理，得到样品光学特性曲线。

2. 根据权利要求1所述的双光束一两角度超短脉冲激光抽运探测方法，其特征是所述的样品光学特性包括介电常数、反射率、透射率和光信号幅值。

3. 实施权利要求1所述的方法的装置，其特征是由超短脉冲激光器(1)、分束镜(3)、时间延迟线(4)、镜片、波片(16)、聚焦镜(17)、光电探测器(10、11)、锁相放大器(13)依次连接组成。

4. 根据权利要求1所述的装置，其特征是在探测器(10)前面放置一个偏振方向和抽运光垂直的起偏镜(12)。

双光束一两角度超短脉冲激光抽运探测方法及其装置

技术领域

本发明是一种超短脉冲激光测试技术,特指双光束一两角度超短脉冲激光抽运探测方法及其装置,其采用超短脉冲激光器,利用泵浦探测技术定量研究物质结构磁性转变超快动力学过程,属于激光测试技术与材料科学领域,能实现对多种材料的晶体与薄膜结构内部超快转变过程的测试。

背景技术

太赫兹工作频率微结构目前是微纳米科学领域的研究热点和难点,相当多的科学工作者正在致力于设计制作各种用于微执行、微驱动器的太赫兹微结构,但成功的报道极少。

磁性转变研究是物理学中的一个重要分支,也是材料科学家普遍关心和重视的研究领域。物质在磁性转变点附近往往不仅微观结构发生变化,而且宏观物理性能也发生激烈的变化,因此,对于磁性转变特性和磁性转变机理的研究一直是人们感兴趣的课题。材料结构磁性转变是重要的基础科学命题,是材料科学、凝聚态物理等科学研究的重要理论基础,对新材料研发、加工和制造技术影响重大。以材料结构磁性转变为技术特征的产业几乎覆盖了当前绝大部分的高新技术行业,如功能和结构材料的制造业、航空航天、微电子、光电子、通讯产业、信息传输与存储、生物环保材料等高技术产业。深入理解材料表面或内部的结构磁性转变动力学过程,实现有效控制和开发将会对上述高新产业产生巨大的推动作用,为太赫兹工作频率微器件的设计制造提供坚实的理论依据。

但是,由于磁性转变过程是典型的超快过程,以固体材料内部原子的运动时间为标度,磁性转变发生的时间范围约在几十到几百飞秒之间($1\text{fs}=10^{-15}\text{s}$),无论是微观或是宏观的测量方法,都必须有足够高的时间分辨率,否则只能通过测试信号中的异常突变来确定磁性转变点和磁性转变前后的物性参数变化,对于磁性转变超快过程却是无能为力。因此只有使用超高时间分辨率的超快探测技术才有可能对磁性转变的动力学过程进行研究。所以,迄今为止对物质磁性转变超快过程动力学过程的研究手段相当匮乏,对磁性转变超快过程的物理机制的认识仍然十分有限。

九十年代以来,超快短脉冲激光技术飞速发展,目前光脉冲已由纳秒、皮秒进入飞秒阶

段，最短的光脉冲已达 4fs 的国际最高指标，而 10fs 以上的飞秒激光器在九十年代末已经水平化，这极大地推动了超快激光技术的广泛应用研究。目前，利用飞秒超快技术研究物质结构磁性转变的工作开展的不多，但是应用短脉冲光研究物质结构磁性转变过程有很多的方法被提出来，如光反射和透射法，非线性光学效应法，拉曼散射法等等。它们虽然能对晶体短程有序结构磁性转变能提供有用信息，但是对长程有序结构磁性转变以及熔化和非晶化等磁性转变过程无法进行有效测试，测试的重点也是集中在对光反射、二次谐波和晶格参数的研究，不能直接进行磁性转变过程的动力学研究。同时这些方法都是皮秒级以上的超快测试方法，对飞秒级的超快磁性转变过程仍然是显得时间分辨率远远不够，无法直接进行磁性转变过程动力学研究。

发明内容

为了克服以前研究工作的不足，实现对材料内部超快过程的飞秒级定量测试，并实现对材料瞬时复介电常数的测定，本发明提出了一种新的测试方法——双光束-两角度超短脉冲激光抽运探测方法。

当超短脉冲激光入射到光各向同性的试样表面时，会在平行或垂直于入射平面的方向发生偏振，反射光线也具有和入射光线同样的偏振特性；但是当材料为光各向异性时，反射光线就会包含不同于入射波偏振特性的成份。

基于这种光的各向异性现象，本发明的试验方法是：将入射探测激光束单一 P(或 S)极化后入射，在反射探测光束定量测定 S(或 P)极化的幅值大小，用以描述这种包含各向异性相位转变的动力学过程。同时直接测定磁性转变微区介电常数的时变过程，观察材料内在光学特性的瞬态变化。以往的试验对光反射和二次谐波数据的解释，经常是依靠对电介质函数的函数形式的假定，而电介质常数是材料最重要的三个物理参数之一，它直接反映材料内部电磁场和光学性质的变化。为了能够通过菲涅耳反射公式求解出金属电介质常数实数和虚数部分，必须进行两个独立的测量。而本发明提出的双光束-两角度超短脉冲激光抽运探测方法正是分别利用两条独立的探测光线（双光束）对材料进行测试，刚好完美的解决了这一问题，实现对复介电常数时变过程的测定。

本发明所提出的装置由超短脉冲激光器、分束镜、时间延迟线、镜片、波片、聚焦镜、光电探测器、锁相放大器等装置依次连接组成。

其中所述的超短脉冲激光器为纳秒激光器、皮秒激光器、飞秒激光器。

本发明所述的方法为：激光脉冲由超短脉冲激光器发射，经过分束镜后被分成两束，

一束作为抽运光，一束作为探测光。探测光通过时间延迟线后再经过一个分束镜，分成两束以不同的角度入射到样品表面，然后由两个光电探测器分别在反射方向上独立接收信号，最后通过锁相放大器由电脑采集信号，由电脑将得到的两组数据进行处理，得到样品光学特性曲线。

如采用钛宝石飞秒激光器实施该测试方法，其发射的激光脉冲宽度为 30fs，中心波长 798nm，输出功率 560mW，重复频率 82MHz。

因为材料的介电常数直接反映了材料内在的光学特性，同时光束极化幅值可以定量描述这种包含各向异性相转变的动力学过程。

本发明的优点是可结合材料的介电常数和光束极化幅值两方面的探测，实现对转变过程物性参数的精确测定。超短脉冲激光抽运-探测技术是采用光学位移延迟的方法将飞秒级的时间分辨转化为位移分辨，一般 10fs 的时间分辨通过约 3 μ m 的位移延迟就做到。因此，能以 10fs 甚至更小的时间分辨率精细观测物质结构转变的超快过程，从而对物质结构转变探测技术的时间分辨率从皮秒突破到了飞秒级别。

附图说明

图 1 双光束一两角度超短脉冲激光抽运探测实验装置示意图

1 超短脉冲激光器 2 放大级 3 分束镜 4 时间延迟线 5 探测光 6 抽运光 7 斩波器
8 反射镜 9 透镜 10 光电探测器 A 11 光电探测器 B 12 起偏镜 13 锁相放大器 14
计算机 15 样品 16 波片 17 聚焦镜

具体实施方式

以图 1 所示的双光束一两角度抽运探测装置示意图为例，具体说明本发明中试验装置与样品的细节与探测过程中的具体实施方式。

测试对象以超磁致伸缩材料薄膜为例：利用直流磁控溅射方法制备了 TbDyFe 和 NiMnGa 两种超磁致伸缩材料薄膜，镀膜的底片有硅片和玻璃两种。制备薄膜是所用靶材为 Tb_{0.3}Dy_{0.7}Fe₂ (99.9%) 和 Ni₂MnGa (99.9%) 合金，镀膜底片是厚度为 0.5mm 为硅片和玻璃片，真空度为 2×10^{-5} Pa，溅射气体是压力为 0.6 Pa 的高纯度氩气。溅射功率为 60W，溅射速度 0.06nm/s，最后得到的薄膜厚度约为 600nm。另外的试验样品还有 GaAs 和 InAs 晶体。

首先，飞秒激光器 1 发射出飞秒脉冲，经过放大级 2 放大，并被第一分束镜 3 分成两束，较强的作为抽运光 6，较弱的作为探测光 5 通过第一时间延迟线 4；然后在通过第二分束镜 3 时，分出第二束探测光 5，此时的分束比率与第一分束镜 3 不同，透过第二分束镜 3 的光被第二条时间延迟线延迟 4 后作为第二束探测光作用到样品 15 上。抽运光经过能量放大通过斩波

器7在特定频率被调制，并由反射镜8改变方向。而为了减少相干造成的假象，抽运光和探测光要垂直极化。为了抑制抽运光产生的噪声，在探测器10前面要放置一个偏振方向和抽运光垂直的起偏镜12，使探测光通过后获得更高的信噪比。两束探测光通过波片16调整和聚焦镜17聚焦后照射在样品15表面。在两条延迟线运动的过程中，焦点的位置保持不变；抽运光光斑面积要比探测光大，目的是使探测光探测到的激发区域一致。两束探测光分别以不同的角度入射到样品15表面，在各自的反射方向上通过两个探测器10进行信号探测，得到两个独立的测量。计算机14用来改变抽运光和两条探测光之间的时间延迟，同时从锁相放大器13中采集数据。得到的两组数据经过处理，结合菲涅耳反射公式，可以分别得到样品介电常数的实部与虚部随时间变化的曲线。

而对不同样品超快动力学过程的测试，除了介电常数的测定，本发明还可以实现在不同的试验条件下对反射率、透射率和光信号幅值的时变过程的测定，此时可对图1中的试验装置进行改动，减少一个分束镜，只保留一个探测光束对样品表面进行测试；或者让两束探测光束作用到不同的区域内，观察抽运光作用范围中心与边缘的反射率与透射率的变化，得到两组数据进行比较。随后的信号探测和数据采集与测量介电常数时是一样的。在测定透射率时，光信号探测器的位置要从探测光的反射方向转移到样品的后面，即探测光的透射方向来采集信号。

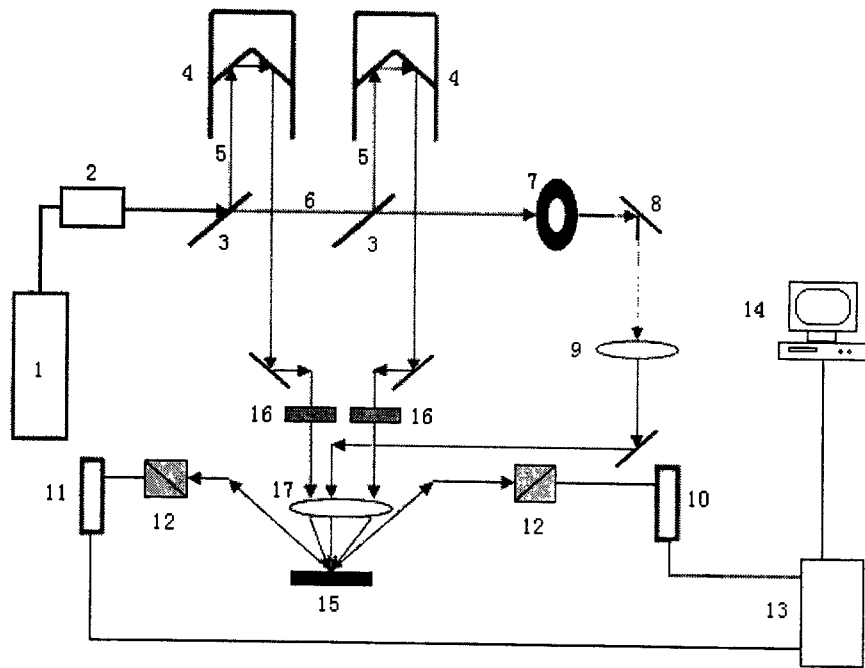


图 1