

氧化物记录介质在光存储中的应用及其研究进展

Progress in Research and Application of Oxide Thin Films for Optical Storage

蒋志 耿永友 顾冬红 周莹 翟凤潇

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

JIANG Zhi GENG Yongyou GU Donghong ZHOU Ying ZHAI Fengxiao

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

摘要 系统总结了用于光存储记录层的氧化物薄膜的存储机理、存储特性以及最新进展, 讨论了氧化物掺杂对提高存储性能的影响, 指出了氧化物薄膜存在的不足, 并探讨了可能的改善途径。在此基础上对存储材料的发展趋势及氧化物材料的研究前景进行了展望。

关键词 光存储; 氧化物薄膜; 存储材料; 记录机理

Abstract The recording mechanism, recording performances and recent development of oxide thin films used in optical recording systems are systematically summarized. The effect of doping oxide thin films on improving recording performances is also discussed. Then the problems in oxide thin films and possible improvements are proposed. Finally, the developing tendency of storage materials and the application prospect of oxide thin films for optical data storage are previewed.

Keywords optical storage; oxide thin films; recording materials; recording mechanism

中图分类号 TB34; TB43

1 引言

20 世纪 20 年代, 人们就意识到利用光来存储信息可以实现比留声机更高的记录密度^[1]。现在所熟悉的光存储系统是在 20 世纪 60 年代出现红宝石激光器后逐步发展起来的, 光存储已经成为现代社会最重要的信息存储方式之一。目前, 光存储系统正在从第一代 CD 存储和第二代 DVD 存储过渡到第三代蓝光存储 (BD 和 HD DVD)。在存储容量和数据传输率

不断取得突破的过程中, 存储材料起着关键作用, 也是进一步提高存储密度的基础。其中氧化物薄膜由于具有稳定性好和对短波长脉冲敏感等优点, 近几年来对它的研究十分广泛。鉴于其在光存储系统中的重要性, 尤其是在第三代蓝光存储中的商业化应用前景, 本文系统地总结了氧化物薄膜的研究历史、现状, 指出了氧化物记录介质存在的问题, 并对它的发展趋势进行了展望。

2 材料在光存储中的应用

光存储技术是将具有很高的相干性和单色性的激光束, 会聚到光衍射极限的斑点 (一般小于 $1 \mu\text{m}$), 使这个微光斑区域内的记录介质发生物理或化学变化, 导致该微区域的某种光学性质 (如折射率、反射率等) 与周围介质形成较大的反衬度, 实现信息的记录和读出^[2]。根据材料的属性, 光存储记录介质可以分为无机材料和有机材料两种^[3]。有机材料具有

制备成本低、抗磁能力强和结构易于加工等优点；但是薄膜能够获得高反射率和吸收率的波长范围较窄，在短波长(405 nm)记录中，记录灵敏性^[4]和调制度^[5]较低，从而限制了其在蓝光存储中的应用。而氧化物薄膜则具有许多短波长记录的优点，首先是其禁带宽度通常都大于 3 eV，与蓝紫光(405 nm)相对应；其次是薄膜的透射率等光学性质可以方便地通过改变薄膜中的氧含量来调节，为多层存储提供了条件；再次氧化物薄膜由于有氧的存在，它比有机染料、金属及其合金材料具有更高的稳定性，同时能显著降低薄膜的热传导系数，有效地降低了光盘在高密度和高速率记录过程中的热串扰，提高了读出载噪比。

2.1 相变型氧化物记录材料

最早提出的相变型氧化物记录材料是 TeO_x 。1982 年日本的 Takeo Ohta^[6]等研究了次氧化物 SbO_x 、 TeO_x 、 MoO_x 和 GeO_x 等在热处理过程中光学性质的变化。发现 TeO_x 不仅有大的折射率变化，而且发生变化的临界温度也很适中，由此提出了用 TeO_x 作光存储记录介质的设想。随后他们^[7]对 TeO_x 薄膜的光学特性随温度($T=80\sim 130^\circ\text{C}$)和氧含量($x=0.8\sim 1.2$)的变化进行了研究，发现减小氧含量(x)可以提高薄膜的记录灵敏性，同时降低记录阈值。关于

TeO_x 薄膜的记录机理，Takeo Ohta 等^[6]和 H. Seki 等^[8]认为是非晶态 TeO_x 薄膜在激光照射后， TeO_2 网格中的 Te 由非晶态转变成晶态，引起薄膜光学性质的变化；另一些学者则认为光学性质的变化是由沉积态 TeO_x 薄膜中晶态的 Te 在激光照射后发生偏析和重聚集引起的^[9,10]，两种不同的研究结果可能与薄膜的制备条件有关。 TeO_x 薄膜虽然在热处理前后有较大的光学对比度，但是这种变化过程需要的时间较长(几分钟)，无法满足应用要求^[11]。为了提高薄膜的转变速率，Kunio Kimura 等^[12]在 TeO_x 薄膜中分别掺杂 Ge、Sn、Pd 等元素，发现掺 Pd 对提高薄膜相变速率最显著(由几分钟缩短到 300 ns)，同时提高了薄膜的热稳定性和抗氧化能力。1998 年，Kenichi Nishiuchi 等^[13]对成分优化后的 $\text{Te}_{42}\text{O}_{46}\text{Pd}_{12}$ 薄膜在高密度双层存储中的性能进行了研究，得到了单面记录密度为 5.2 GB 的容量。Shigeru Furumiya 等^[14]则通过对写策略的优化，在以 Te-O-Pd 为记录介质的可录蓝光(Racordable Blu-ray Disc)光盘上实现了单通道为 500 Mbps(相当于 8x-BD)的数据传输率。最近，Naoyasu Miyagawa 等^[15]用 Te-O-Pd 作记录介质，制备了容量为 50 GB 的双层蓝光光盘，加速老化试验表明光盘寿命大于 500 年。图 1 所示是 Te-O-

Pd 材料的记录机理。从图中可以看到沉积态薄膜是由非晶 TeO_2 网格与分散在其中的 Te 和 Pd-Te 粒子组成，当聚焦激光照射薄膜时，Te 和 Pd-Te 精细粒子发生晶化，成为记录态。由于 Te 和 Pd-Te 粒子的晶态自由能比非晶态自由能低得多，当数据写入后记录点成为稳定的晶态结构，同时 TeO_2 基体是非常稳定的金属氧化物，不容易被腐蚀，因此，用 Te-O-Pd 材料作记录介质具有超长的记录寿命。

2004 年，有学者提出了另一种相变型记录介质 BiFeO ^[16,17]，并将其用于多阶光存储(multilevel optical recording)。其记录机理是薄膜中的 Bi 和 BiO 在记录激光作用下发生晶化，晶化效果越好，得到的信号调制度就越高。

TeO_x 薄膜是研究的最早也是最成熟的记录材料之一，其本身由于转变速率太慢，无法满足实用化要求，通过在薄膜中掺入贵金属原子 Pd，一方面提高了薄膜的相变速率，从而提高其数据传输率，另一方面由于 Pd 原子的存在改善了薄膜的稳定性，从而大大提高了光盘的存储寿命。今后的研究将集中在如何保证薄膜的最优组成，并简化制备工艺，降低生产成本。 BiFeO 薄膜用于多阶存储是一种新的提高存储密度的有效方法，这类记录介质由对激光敏感的材料(氧化铋)与另一种对激光相对不敏感的材料(氧化铁)组成，有利于形成大小均一旦稳定的记录点，因为惰性氧化物的存在阻止了记录光斑产生的热量传递，以及晶化粒子的聚集和生长，从而减小了记录点，提高了记录密度。其在多阶存储中的机理还有待进一步的研究，开发具

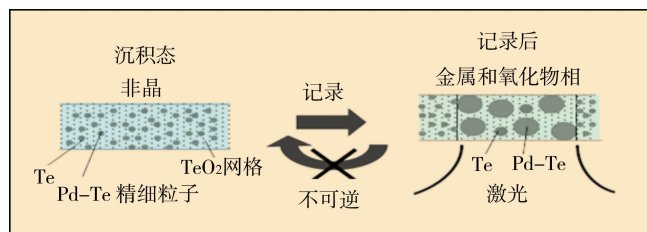


图 1 Te-O-Pd 材料的记录机理

有类似特性的记录材料是提高光盘存储密度和稳定性的重要途径之一。

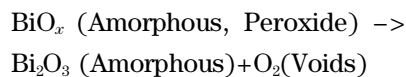
2.2 热分解型氧化物记录材料

用作记录层的热分解型氧化物主要有 AgO_x 、 NiO_x 、 CrO_x 和 BiO_x 。1992年,Junji Tominaga 等^[19]研究了 AgO_x 薄膜作为光存储记录介质的存储特性。在 792 nm 记录波长、0.6 的数值孔径、8 mW 的记录功率条件下得到的信号调制率大于 80%,除串扰值(cross-talk)外,基本达到了 CD-R 标准的要求。其记录过程是薄膜在激光束照射后, AgO_x 发生热分解反应,释放出来的 O_2 对因温度升高而软化的聚碳酸酯衬底产生压力,导致衬底变形而形成记录坑。S. Haratani 等^[20]研究了不同的介电层(SiO_2 、 LaSiON 、 SiN 和 SiNO)对 AgO_x 薄膜记录特性的影响,发现记录坑的形成与介电层的特性和厚度有很大关系,而好的介电层应该具有高透明度、高硬度和高折射率系数。与有机染料介质相比, AgO_x 薄膜具有分解温度低和在很宽的波长范围反射率都大于 70%等优点。

2004年,Hung-Lu Chang 等^[21]提出了一种新的蓝光可录存储材料 NiO_x 。其记录机理是 NiO_x 薄膜在热作用下发生了反应: $\text{NiO}_x \rightarrow \text{NiO} + \text{O}_2$,使得沉积态 NiO_x 薄膜中的色心(Ni^{3+})变成了漂白态(Ni^{2+}),释放出的氧气压迫衬底形成凹坑,与周莹等^[22]的研究结果一致。与其他可录存储介质(如有机染料、 Te-O-Pd 、 AgO_x 等)相比, NiO_x 记录材料具有以下优点:在空气中更稳定、耐光性更好;结构简单,易于制备,性价比高;记录特性对波长不敏感等。此外,Chung-Ping Liu 等^[23]研究了 CrO_x

薄膜在 DVD-R 中的记录特性。认为 CrO_x 薄膜的记录机理是记录激光辐照下, CrO_x 薄膜热分解释放出 O_2 ,对衬底产生压力形成记录坑,同时使记录点的成分发生变化,这些因素的共同作用导致了记录点和非记录点的反射率差异。 CrO_x 记录介质的缺点是在制备薄膜的过程中会产生有毒的 Cr^{6+} 离子,不符合环保要求,从而阻碍了 CrO_x 薄膜的实用化进展。

此外,TDK 公司的 Koji Mishima 等^[24]研究了用掺杂氧化铋的过氧化铋作多层存储的记录介质。其记录机理被认为是激光的热作用使过氧化铋($\text{Bi}-72\text{mol}\% \text{O}_2$)发生热分解反应:



在多层记录光盘中,为了使激光能够在不同记录层上写入和读出数据,要求各记录层具有不同的反射率和透射率,越靠近顶层其透射率要求越高(反射率相对较低)。单一的氧化物薄膜无法满足这种条件,而通过调节掺入 GeO_x 的含量则可以实现不同的透射率 (73%~88%),以满足不同记录层对薄膜光学性质的要求。由于多层存储在增加光盘的记录容量方面比单纯通过提高记录层的记录密度要相对容易,因此开发适合多层存储的光学常数可调的记录介质将是今后研究的重要课题之一。

2.3 化合反应型氧化物记录材料

化合反应记录过程是指在光热作用下,记录介质吸收氧气或者记录介质之间发生化合反应,从而引起光学性质突变,完成信息的记录过程。迄今为止,属于这种类型的记录介质主要有 WO_x 、 ZnO , 以及 Ga_2O_3 和 In_2O_3 双层记录薄膜。2000年,Rebecca

Bussjager 等^[24]研究了氧化钨薄膜的电致变色和光致变色特性,并将其用于光存储的记录介质。其变色反应过程被认为是黄色的共角八面体 WO_3 在光热作用后转变成蓝色的共边结构 W_2O_5 ,如图 2 所示,这种光热致化学变化引起的薄膜反射率突变非常大。2004年,Yasuhiko Takeda 等^[25]提出了用 WO_3 /金属双层薄膜结构作为光存储的记录材料。对比研究了不同金属(如 Al、Ti、Al-Ti、Mg 和 Si)与 WO_3 组成的双层膜结构的光学和热学性质。实验表明 WO_3 /Al-Ti 结构具有较好的光热特性,当金属层组成为 $\text{Al}_{0.75}\text{Ti}_{0.25}$ 时,复合薄膜能在较低的温度反应并获得较高的光学对比度,满足作为记录介质的要求。2006年,Tokanri Aoki 等^[26]研究了用激光脉冲法制备的 WO_2 在可录光存储系统中的记录特性,得到了蓝光标准^[27]要求的 25 GB 的存储容量。 WO_x 薄膜用于高密度可录存储的优势就在于它的高载噪比和高稳定性,但是如何改进其制备方法、降低其记录阈值并改善其与传统光存储的兼容性是今后要解决的重要课题。

1996年,Akio Suzuki 等^[28]研究了激光脉冲沉积的 Ga-掺杂 ZnO (GZO)薄膜。研究表明 Zn-Ga-In 复合氧化物薄膜的记录功率比传统的记录介质 Ge-Sb-Te 薄膜低 50%,而且沉积态薄膜的低

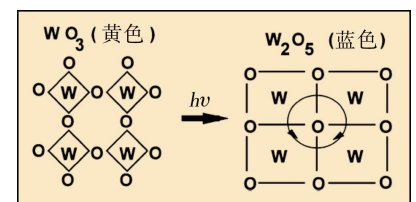


图 2 共角八面体 WO_3 转变成共边结构 W_2O_5

表 1 氧化物记录介质的性能和记录机理

记录材料	抖动值/%	CNR/dB	数据传输速率/Mbps	记录功率/mW	记录机理	参考文献
Te-O-Pd	<11	-	500	<9.5	相变	[13,14]
BiFeO	5.7	-	72	6.5	相变	[16,17]
AgO _x	<20	-	-	8	热分解	[19]
NiO _x	<13	>47	26	12	热分解	[20]
CrO _x	-	>40	-	11-18	热分解	[22]
BiGeO _x	<8	-	72	<16	热分解	[23]
WO _x	-	62	-	8.5	化合反应	[26]

透过率特性在 200℃时可以保持 1000 h,显示其具有非常好的稳定性^[29]。尽管 Zn-Ga-In 氧化物薄膜具有许多用作光存储记录介质的潜在优势,但对它的研究还远远不够,此外薄膜组成复杂,如何简化沉积条件、降低成本是研究人员面临的重要课题。1999 年, Tatsu-hiko Aoki 等^[30]研究发现了一种在近紫外光波段(350 nm)能够得到大光学对比度的记录材料。这种复合薄膜的提出,成为探索新的紫外波段(与 Nd:YAG 激光,λ=355 nm 对应)记录介质的先驱,为开发比蓝光存储系统波长更短、记录密度更高的紫外波段光存储记录材料打下了基础。

表 1 是近几年来研究的氧化物记录介质在光存储中的记录性能及其机理。从前面的综述和表中可以看出:1) 氧化物薄膜作为记录介质的优点是具有较高载噪比和较好的稳定性,这有利于数据的长期保存;2) 其缺点是抖动值和记录功率较高,这对数据写入和读出的稳定性提出了更高的要求,也不利于延长记录激光器的寿命;3) 单一氧化物很难得到满足各方面要求的较好的记录性能,而掺杂能显著提高氧化物薄

膜的记录性能(如 TeO_x 和 BiO_x); 4) 氧化物薄膜的记录机理往往是一系列复杂的物理化学变化共同作用的结果,因此其记录机理是以一种或几种变化为主,但是伴随许多重要的副反应,这增加了研究人员理论解释记录机理的难度,同时也为理论指导下寻找更优异的记录介质带来了困难。从表 1 还可以看出, Te-O-Pd、BiFeO 和 BiGeO_x 是目前为止记录性能表现最好也是最有潜力的氧化物记录介质,它们的共同特点是通过掺杂克服了单一氧化物相变速度慢、稳定性差和透射率低的缺点。Pd 的掺入显著提高了 Te 基氧化物的数据传输率和光盘寿命;Fe 及其氧化物的存在阻止了记录点的扩散,减小了记录点尺寸,改善了 BiO_x 薄膜在多阶存储中由码间干扰(ISI)引起的数据错误,得到了大容量的光盘;通过在 BiO_x 薄膜中掺杂 Ge 得到了满足多层存储需要的不同透射率,提高了信噪比。而单一氧化物(如 AgO_x, NiO_x, CrO_x, WO_x)受材料自身特点(如反应速度,稳定性,环保以及兼容性等)的限制,其记录性能还不能完全满足实用化的要求。今后的研究将集中在寻找适合

短波长脉冲、光热作用后转变速度快以及更稳定更环保的氧化物薄膜。实现途径将是将对现有的记录介质进行掺杂、改性为主,以探索新的记录介质为辅。

3 结束语

光存储的发展方向是不断提高记录密度^[31]、数据传输率、稳定性、读写次数和降低信息位价格。氧化物薄膜由于能形成稳定的亚波长纳米记录点、禁带宽度可调、对短波长依然敏感、光学对比度高、原料丰富以及环保等优点,是未来短波长高密度光存储系统中最有竞争力的候选记录材料之一。但是,氧化物记录介质要满足实用化的要求,还需要解决以下问题:首先是在减小记录点尺寸、提高记录密度和记录灵敏度的同时,保持材料的稳定性和寿命;其次是减小盘片在高速读写过程中出现的热串扰对信号载噪比的影响。今后的研究将集中在寻找激光处理后能够形成直径更小的金属纳米颗粒以及形状更规则的鼓泡的氧化物薄膜或者复合薄膜;并继续研究现有氧化物记录介质的记录/读出机理,为探索新的记录材料提供理论指导。

收稿日期:2007-03-16

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50672108;60644002)

作者简介:蒋志(1981-),男,湖南人,硕士研究生,主要从事高密度光存储材料的研究。

E-mail:jiangzhi99@gmail.com

导师简介:耿永友(1968-),男,副研究员,主要从事高密度光存储材料和制备方法的研究。

E-mail:yyoung@sh163.net

参考文献

- 1 A. S. Van de Nes, J. J. M Braat, S. F. Pereira. High-density optical data storage [J]. *Rep. Prog. Phys.*, 2006, 69: 2323~2363
- 2 干福熹,沈德芳,姜复松等. 数字光盘存储技术[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 1~3
- 3 黄福新, 吴谊群, 顾冬红等. 用于新一代高密度可录光盘的有机材料研究进展[J]. *物理学进展*, 2003, 23(3): 312~320
- 4 Yung-Chium Her, Chun-Lin Wu. Feasibility of Cu/a-Si bilayer for high data-transfer-rate write-once blue-ray recording[J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 2004, 43(3):1013~1017
- 5 周莹, 耿永友, 顾冬红. 用于蓝光可录存储的无机材料研究进展[J]. *材料科学与工程学报*, 2006, 24(5): 778~782
- 6 Takeo Ohta, Mutsuo Takenaga, Nobuo Akahira *et al.*. Thermal changes of optical properties observed in some suboxide thin films [J]. *J. Appl. Phys.*, 1982, 53(12): 8497~8500
- 7 Mutsuo Takenaga, Noboru Yamada, Kenichi Nishiuchi *et al.*. TeO_x thin films for an optical disc memory[J]. *J. Appl. Phys.*, 1983, 54(9): 5376~5380
- 8 H. Seki Effective medium analysis of TeO_x optical storage layers[J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1983, 43(11):1000~1002
- 9 Y. S. Tyan, D. R. Preuss, F. Vazan *et al.*. Laser recording in tellurium suboxide thin film[J]. *J. Appl. Phys.*, 1986, 59(3): 716~719
- 10 I. Podolesheva, V. Platikanoval, I. Konstantinov *et al.*. Thermal induced changes in TeO_x thin layer[J]. *J. Vac. Sci. Technol.*, 1994, 12(2):393~398
- 11 W. Y. Lee, F. Sequeda, J. Salem *et al.*. Reactively sputter deposited and coevaporated TeO_x thin films for optical recording [J]. *J. Vac. Sci. Technol.*, A1986, 4(3): 553~557
- 12 Kunio Kimura. Optical recording materials based on TeO_x films [J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1989, 28(5): 810~813
- 13 Kenichi Nishiuchi, Hideki Kitaura, Noboru Yamada *et al.*. Dual-layer optical disk with Te-O-Pd phase-change film [J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1998, 37(4B): 2163~2167
- 14 Shigeru Furumiyu, Katsuyuki Takahashi, Hideki Kitaura *et al.*. Over-500-Mbps data recording on write-once media with L-shaped write strategy [J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 2006, 45(2B): 1223~1225
- 15 Naoyasu Miyagawa, Hideki Kitaura, Katsuyuki Takahashi *et al.*. Over 500 years life time dual-layer blu-ray disc recordable based on Te-O-Pd recording material[J]. *Proc. SPIE*, 2006, 6282: 62822F-1~62822F-5
- 16 Noboru Sasa, Yoshitaka Hayashi, Toshishige Fujii *et al.*. Write-once disk with BiFeO thin films for multilevel optical recording [J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 2004, 43(7B): 4972~4973
- 17 Noboru Sasa, Yoshitaka Hayashi, Toshishige Fujii *et al.*. Write-once disk with BiFeO thin films for multilevel optical recording [J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 2005, 44(5B): 3643~3644
- 18 Junji Tominaga, Susumu Haratani, Kenji Uchiyama *et al.*. New recordable compact disc with inorganic material, AgO_x[J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1992, 31(9A): 2757~2759
- 19 S. Haratani, J. Tominaga, H. Dohi *et al.*. Property change of AgO_x recordable compact disc with various dielectric films [J]. *J. Appl. Phys.*, 1994, 76(2): 1297~1300
- 20 Hung-Lu Chang, Tzuzn-Ren Jeng, Jung-Po Chen *et al.*. New write-once medium with NiO_x film using blue laser[J]. *J. Appl. Phys.*, 2005, 44(8):6109~6112
- 21 周莹, 耿永友, 顾冬红. 热致 NiO_x 薄膜的结构和光学性质变化[J]. *中国激光*, 2007, 34(1): 125~129
- 22 Chung Ping Liu, Yao Ti. Hung. New recording layer of recordable digital versatile disc with CrO_x film using red laser [J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 2006, 45(3A): 1680~1685
- 23 Koji Mishima, Daisuke Yoshitoku, Hidetake Itoh *et al.*. 150 GB, 6-layer write once disc for blu-ray disc system [J]. *Proc. SPIE* 2006, 6282:62820I-1~62820I-11

- 24 Rebecca Bussjager, Joseph Chaiken, Mark Getbehead *et al.*. Using tungsten oxide based thin films for optical memory and the effects of using IR combined with Blue/Blue-Green wavelengths [J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 2000, **39**(2B):789-796
- 25 Yasuhiko Takeda, Naohiko Kato, Tatsuo Fukano *et al.*. WO₃/metal thin-film bilayered structures as optical recording materials[J]. *J. Appl. Phys.*, 2004, **96**(5):2417-2422
- 26 Takanori Aoki, Tatsuhiko Matsushita, Akio Suzuki *et al.*. Write-once optical recording using WO₂ films prepared by pulsed laser deposition[J]. *Thin Solid Films*, 2006, **509**:107-112
- 27 White paper: Blu-ray Disc Recordable Format Part 1, Physical Specifications [S]. BD-R Physical 3rd edition. Feb, 2006: 1-33
- 28 Akio Suzuki, Tatsuhiko Matsushita, Hiroshi Yamanishi *et al.*. Large transmittance changes induced in Ga-Doped ZnO thin films prepared by pulsed laser deposition [J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1996, **35**(12A): L1603-L1604
- 29 Tatsuhiko Matsushita, Akio Suzuki, Shogo Toda *et al.*. Optical recording in Ga and In-doped zinc oxide thin films grown by Radio-Frequency Magnetron Sputtering [J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1998, **37** (1A/B): L50-L52
- 30 Takanori Aoki, Akio Suzuki, Tatsukiko Matsushita *et al.*. Large transmittance changes near the ultraviolet region observed on a laminated multilayer structure of Ga₂O₃ and In₂O₃ prepared by the pulsed laser deposition method [J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1999, **38**(8): 4802-4803
- 31 周辉,赵晓枫,阮昊.光学超分辨率技术在高密度光存储中的应用[J]. 激光与光电子学进展, 2007, **44**(2):54-60

市 场 由 此 而 宽 阔



www.ilope-expo.com
垂询电话: 010-8460 0344

中国光电周 暨
第十二届中国国际激光·光电子及光显示产品展览会
北京·中国国际展览中心 2007年11月20日-22日

主办单位 中国国际贸易促进委员会 中国国际展览中心集团公司 中国光学光电子行业协会	支持单位 中国信息产业部 中国兵器工业集团公司 美国光电协会 德国光学、医疗精密设备协会	中国科技部 北京生产力促进中心 日本光产业技术振兴会 财团法人光电科技工业协进会	中国科学院 北京光机产业基地 德国工商总会 北京市市政工程总公司(集团)	中国物理学会 美国光学工程学会 韩国光产业振兴会
承办单位 中国光学光电子行业协会 中展集团北京华港展览有限公司	展品范围 激光与红外产品及设备 光电材料与元件	光电显示及照明 光学元件与材料	LED & OLED & FPD 光通讯设备	