

8光罩BCE结构IGZO-TFT的钝化层通孔柱状不良的改善

刘浩, 常维, 王志强, 刘勃

引用本文:

刘浩, 常维, 王志强, 等. 8光罩BCE结构IGZO-TFT的钝化层通孔柱状不良的改善[J]. *液晶与显示*, 2020, 35(12): 1234-1239.
LIU Hao, CHANG Wei, WANG Zhi-qiang, et al. Columnar defect in the hole of BCE structured IGZO-TFT in 8-mask process[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(12): 1234-1239.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203512.1234>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于以顶层ITO为像素电极设计的产品工艺优化

Process optimization based on products of pixel top design

液晶与显示. 2020, 35(3): 219-226 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203503.0219>

栅极坡度角对TFT器件制程的影响

Influence of gate profile on TFT manufacturing process

液晶与显示. 2020, 35(10): 1026-1035 <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203510.1026>

电子纸的2W2D工艺改善研究

Improvement of 2W2D method on electronic paper

液晶与显示. 2020, 35(4): 306-314 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203504.0306>

液晶扩散不均问题的原理分析与改善

Analysis and improvement of liquid crystal diffusion inhomogeneity

液晶与显示. 2020, 35(9): 921-926 <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203509.0921>

具有PEDOT : PSS/HAT-CN双空穴注入层的高效柔性OLED器件

High-efficiency flexible OLED devices with PEDOT: PSS/HAT-CN double hole injection layer

液晶与显示. 2020, 35(2): 99-107 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203502.0099>

文章编号:1007-2780(2020)12-1234-06

8 光罩 BCE 结构 IGZO-TFT 的 钝化层通孔柱状不良的改善

刘 浩*, 常 维, 王志强, 刘 勃

(重庆京东方光电科技有限公司, 重庆 400700)

摘要:针对氧化物工艺形成的钝化层通孔柱状不良进行系统研究,发现通孔柱状不良发生的根本原因,并找到了有效改善措施。通过对比两种不同设计的通孔出现的差异推测通孔柱状不良可能与膜层结构相关,对相应的膜层进行去除验证,确定了通孔柱状不良为 1ITO 膜层导致。通过扫描电镜发现 1ITO 刻蚀后仍然有小颗粒 ITO 残留,对通孔柱状不良提出合理解释。最后在通孔柱状不良形成机理上,提出了有效改善措施。ITO 结晶物无法被刻蚀液刻蚀,残留的 ITO 结晶物阻挡 SiO_2 刻蚀,从而形成通孔柱状不良。ITO 一旦结晶,延长 1ITO 刻蚀时间也不能改善柱状不良,通过降低 ITO 厚度可有效减轻通孔柱状不良,但仍然无法消除,通过加大钝化层刻蚀反应气体,可以有效将 ITO 结晶物反应抽出,彻底消除通孔柱状不良。

关键词:ITO; 柱状不良; 结晶; 通孔刻蚀

中图分类号:TN321+.5 **文献标识码:**A **doi:**10.37188/YJYXS20203512.1234

Columnar defect in the hole of BCE structured IGZO-TFT in 8-mask process

LIU Hao*, CHANG Wei, WANG Zhi-qiang, LIU Bo

(Chongqing BOE Optoelectronics Technology Co., Ltd., Chongqing 400700, China)

Abstract: The columnar defect of hole etching in oxide process was investigated in this study. The reason or sources which is responsible for the columnar defect was revealed and corresponding measures for avoiding columnar defect were effectively established. The primary reason for producing columnar defect might be related to film structure, which can be deduced from the differences between two kinds of hole. After uncovering each layer of the film, columnar defect was detected in ITO layer. The result of scanning electron microscopy (SEM) showed that small particles appeared on the ITO layer after hole etching. Based on the above-mentioned mechanism of columnar defect formation, three solutions were attempted to solve the issue. ITO crystal cannot be etched by etching solution and residual ITO crystals will impede SiO_2 etching, which will produce columnar defect. Once ITO crystal was formed, extending the etching time will not remove the columnar defect. Decreasing the thickness of ITO can partially eliminate the columnar defect while completely erasing the columnar defect and etching the ITO crystal can be achieved by increasing the etching gases in passivation layer

收稿日期:2020-06-05;修订日期:2020-08-31.

* 通信联系人, E-mail: haol@boe.com.cn

etching process

Key words: ITO; columnar defect; crystallization; hole etching

1 引 言

目前 TFT 主要包括非晶硅 TFT、多晶硅 TFT 和铟镓锌氧化物(Indium Gallium Zinc Oxide, IGZO) TFT^[1]。而氧化物 TFT 不仅具有高电子迁移率、高开口率、光学稳定性好等优点,并且在传统非晶硅 TFT 产线基础上,进行极少数设备改造,就可生产高性能氧化物 TFT 原件,投资费用低,受到越来越多面板生产厂商和 TFT 研究者的关注^[2-3]。

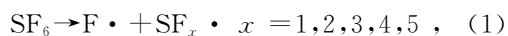
IGZO TFT 在实际工业生产过程中采用传统的底栅结构,膜层结构从下往上分别是:栅极、绝缘层(SiN_x & SiO_2)、IGZO、源漏极、钝化层 1 (简称 PVX1(SiO_2))、公共电极、钝化层 2 (简称 PVX2(SiN_x))、像素电极。相对于非晶硅 TFT,钝化层增加了 SiO_2 为 IGZO 提供氧分压,用以确保 TFT 特性^[4]。钝化层通孔刻蚀需要同时刻蚀 SiN_x 和 SiO_2 两种不同膜层,通常 SiN_x 采用六氟化硫和氧气刻蚀气体进行刻蚀, SiO_2 采用四氟化碳和氧气刻蚀气体进行刻蚀^[5-7],由于 IGZO 通孔结构相对于非晶硅膜层复杂,且两种膜层膜质差异较大,在通孔刻蚀过程中易出现通孔形貌异常,导致通孔连接异常。

本文针对 IGZO 通孔柱状不良进行系统研究,确定通孔柱状发生的根本原因,同时讨论了改善柱状不良的方法,成功解决了 IGZO 通孔柱状问题,为 IGZO 的泛应用提供技术参考。

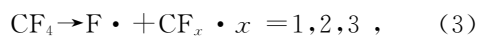
2 通孔柱状原因分析及机理研究

2.1 不良现象确认

本文采用六氟化硫和氧气刻蚀气体刻蚀 SiN_x , 四氟化碳和氧气刻蚀气体刻蚀下层 SiO_2 , 主要反应方程如下:



其中: $\text{F} \cdot$ 、 $\text{SF}_x \cdot$ 表示化学反应性高的活性自由基,真空系统将反应生成物 SiF_4 、 N_2 等挥发性气体抽离反应腔室,从而完成对 SiN_x 的刻蚀。



其中: $\text{F} \cdot$ 、 $\text{CF}_x \cdot$ 表示化学反应性高的活性自由基,真空系统将反应生成物 SiF_4 、 O_2 等挥发性气体抽离反应腔室,从而完成对 SiO_2 的刻蚀。

图 1 为钝化层刻蚀(PVX Etch)工艺完成后不良图片。由图 1 可见,钝化层刻蚀完成后,通孔中间有柱状不良,高度和 SiO_2 膜层高度接近,这种不良可能会导致接触电阻偏大,甚至影响产品品质和信赖性测试,因此急需改善。

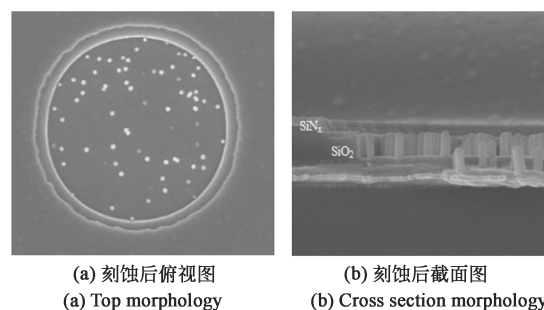


图 1 刻蚀后通孔形貌

Fig.1 Morphology of the hole after etching

为了明确不良发生的原因,首先需要对通孔设计和膜层结构进行研究,重庆京东方某款氧化物 TFT 产品设计为背沟道刻蚀(BCE)结构,钝化层通孔刻蚀主要形成两种通孔结构,如图 2 所示:一种通孔为 2ITO-ITO(R1 孔),1ITO 和 2ITO 均为非晶硅即 a-ITO,在常温情况下,在电场作用下,通过氩气溅射靶材进行沉积,沉积厚度均为

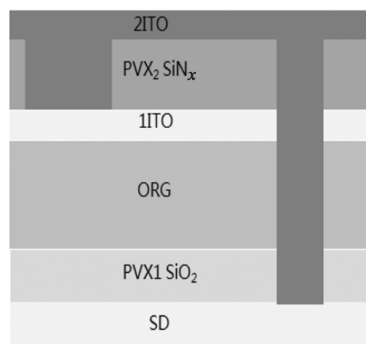


图 2 通孔结构示意图

Fig.2 Structure of the hole

70 nm。钝化层刻蚀时只刻蚀 SiN_x , 这种通孔主要分布在外围, 连接外围线路; 另外一种通孔为 2ITO-SD(R2 孔), 钝化层刻蚀时需要同时刻蚀 SiN_x 和 SiO_2 , 这种通孔主要分布在像素区, 主要将像素电极(2ITO)和 TFT 开关连接。

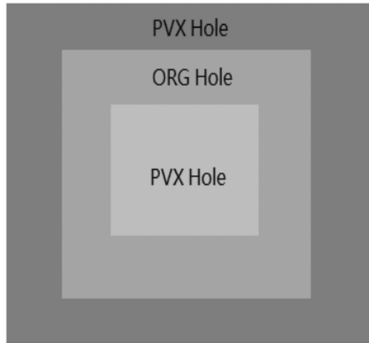


图 3 R2 通孔设计

Fig.3 Design of R2 hole

R2 通孔采用三层套孔设计, 钝化层通孔。1ITO 孔和有机膜(ORG)孔。有机膜孔在有机膜层经过曝光显影形成, 1ITO 孔在 ITO 层 ITO 刻蚀后形成, 钝化层通孔在钝化层刻蚀后形成, 俯视图如图 3 所示。目前发现发生不良主要为像素区 R2 孔, 为了查清发生原因, 我们对 R1 通孔进行扫描电镜确认, 发现 R1 孔形貌规整, 无柱状不良现象, 如图 4 所示。这说明 SiN_x 刻蚀正常, R2 通孔可能和套孔结构相关或者 SiO_2 通孔刻蚀过程异常导致。

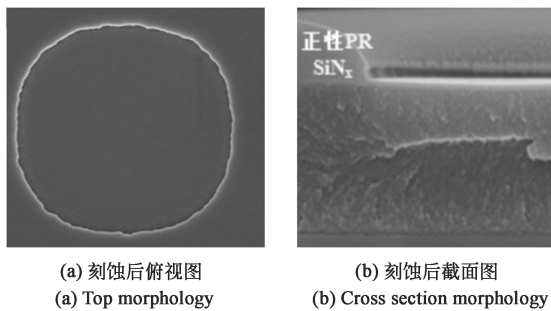


图 4 刻蚀后 R1 通孔形貌

Fig.4 Structure morphology of R1 hole after etching

2.2 柱状不良原因分析

为了研究通孔柱状是否与有机膜和 1ITO 膜层相关, 我们在量产工序基础上分别去掉有机膜和 1ITO 膜层验证, 然后钝化层刻蚀后分别进行扫描电镜确认, 如图 5 所示。

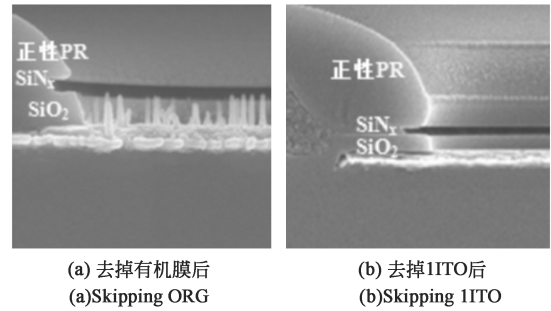


图 5 刻蚀后通孔形貌

Fig.5 Structure morphology of the hole after etching

由图 5 可知, 有机膜膜层去掉后, 通孔柱状不良并无明显改善, 而 1ITO 膜层去掉后, 通孔形貌干净, 柱状不良完全消失, 所以柱状不良和 1ITO 膜层相关。为进一步查清发生的原因, ITO 刻蚀完成后对 ITO 孔进行扫描电镜确认, 如图 6 所示。

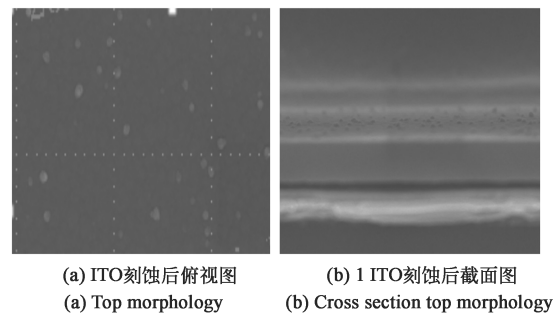


图 6 ITO 刻蚀后过孔形貌

Fig.6 Structure morphology of the hole after ITO etching

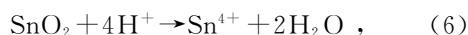
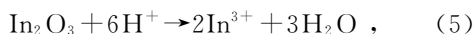
扫描电镜显示 ITO 刻蚀后, ITO 孔有圆形小颗粒, 形状以及大小和柱状颗粒物类似, 怀疑此颗粒为 ITO 结晶物, ITO 在沉积过程中极易结晶^[8-9], ITO 在常温下进行沉积, 随着沉积进行, 腔室温度逐渐升高, 在膜层上方形成结晶, 膜厚越厚, 沉积时间越长, 温度升高越高, 结晶越严重。ITO 结晶物残留在 SiO_2 上方, 在钝化层刻蚀时由于 ITO 结晶物阻挡刻蚀, 且 SiO_2 刻蚀采用低压力刻蚀, 物理刻蚀占主导作用^[10], 主要以纵向刻蚀为主, 优先从结晶处进行刻蚀, 由于物理刻蚀对 ITO 结晶物刻蚀率极慢, 钝化层刻蚀完成后 ITO 结晶仍然没有被刻蚀完, 导致 SiO_2 未被刻蚀从而形成柱状, 柱状高度刚刚与 SiO_2 膜层高度接近。

3 改善措施及效果

柱状不良主要为 ITO 结晶导致 ITO 刻蚀不干净,从而阻挡 SiO_2 刻蚀导致,以下主要从 ITO 工艺和钝化层刻蚀工艺两个方面进行改善。

3.1 ITO 刻蚀时间延长和 ITO 膜厚降低

因为 ITO 结晶物阻挡 SiO_2 刻蚀形成柱状不良,尝试增加 ITO 刻蚀时间将生成的 ITO 结晶物反应掉。透明电极膜 ITO 为氧化铟(In_2O_3)和氧化锡(SnO_2)的合成物,刻蚀药液主要为硫酸(H_2SO_4)和硝酸(HNO_3)。其中硫酸的作用使 In_2O_3 和 SnO_2 溶解,硝酸的作用是作为缓冲溶液,调节刻蚀速率,其反应方程式如下:



在量产基础上,分别将 ITO 刻蚀时间延长 20 s 和 40 s,钝化层刻蚀完成后进行扫描电镜确认,如图 7 所示。

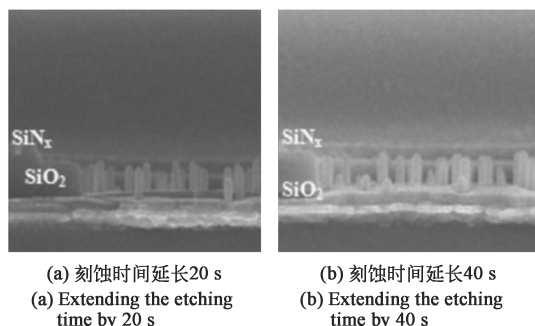


图 7 ITO 刻蚀工艺优化后通孔形貌

Fig.7 Structure morphology of the hole after improving ITO etching

由图 7 可知,分别将 ITO 刻蚀时间延长 20 s 和 40 s,通孔柱状并无改善,这说明 ITO 一旦形成结晶,通过延长刻蚀时间均无法将结晶的 ITO 刻蚀干净,这主要因为结晶的 ITO 变得更加致密,化学药液不容易渗透到 ITO 里面,导致 ITO 刻蚀速率大大降低,从而出现 ITO 残留。

根据 ITO 结晶性能,ITO 膜厚越大,ITO 沉积时间越长,腔室内部温度升高更高,越容易结晶,因此可以通过降低 ITO 膜厚来改善结晶,从而改善通孔柱状,在量产工艺基础上分别降低 ITO 膜层厚度 10 nm 和 20 nm,通孔柱状形貌如图 8 所

示。从扫描电镜结果来看,ITO 厚度降低,通孔柱状不良变轻微,当 ITO 厚度降低 20 nm 时,柱状不良已经很轻微,但仍然无法消除,IITO 作为公共电极,产品对膜厚有特殊要求,并且需要通孔搭接,降低膜厚可能会影响过孔接触电阻,因此需要尝试通过变更其他工艺进行通孔柱状不良改善。

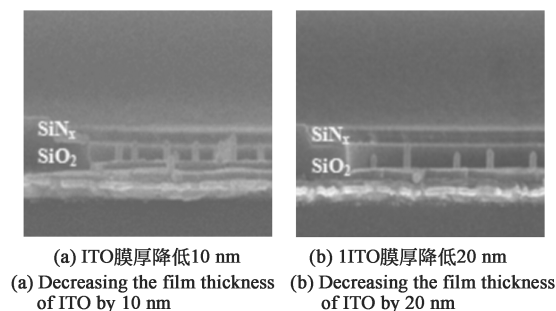


图 8 降低 ITO 膜厚后通孔形貌

Fig.8 Structure morphology of the hole after decreasing the ITO thickness

3.2 钝化层刻蚀工艺优化

针对 ITO 结晶导致柱状不良,通过改善刻蚀气体比例(CF_4/O_2)尝试将残留的 ITO 结晶物刻蚀反应掉,从而形成干净的通孔形貌,刻蚀气体流量由 $q_v(\text{CF}_4)/q_v(\text{O}_2)=1\ 200/400$ 增大到 $q_v(\text{CF}_4)/q_v(\text{O}_2)=3\ 000/1\ 000$,通孔形貌干净,柱状不良得到明显改善,通孔坡度角无明显变化,均在 $70^\circ \sim 82^\circ$ 间,不同位置别略有差异,如图 9 所示。

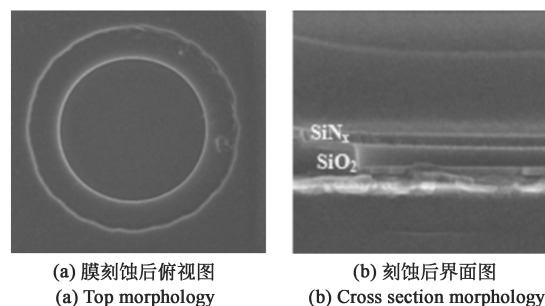


图 9 优化钝化层刻蚀工艺后通孔形貌

Fig.9 Structure morphology of the hole after improving the passivation layer etching

由图 9 可知,通过增大刻蚀气体,通孔柱状不良消失,这说明在功率和压力不变情况下,气体量增多,产生了更多的活性基团和结晶的 ITO 发生反应,在压力不变的情况下通入更多的反应气体使得气体交换速度更快,有利于及时将反应掉的

结晶 ITO 抽出,进一步加快了 ITO 刻蚀速率,残留在 SiO_2 上面的 ITO 结晶物被反应抽出后便不能阻挡 SiO_2 刻蚀,这种通过钝化层刻蚀工艺变更,在不改变 ITO 膜层厚度情况下,通孔柱状不良能够得到彻底改善。

4 结 论

本文针对氧化物通孔柱状不良进行系统研究,

发现此不良为 ITO 在成膜时形成小颗粒结晶物导致,ITO 结晶后,刻蚀速率大幅下降,从而残留在 SiO_2 上方,在钝化层刻蚀时残留的 ITO 结晶物阻挡 SiO_2 刻蚀,从而形成柱状。ITO 结晶物一旦形成,通过延长 ITO 刻蚀时间,仍然无法将结晶的 ITO 刻蚀反应;ITO 膜厚降低可有效改善结晶,柱状不良得到减轻,但无法完全消除;通过增大刻蚀气体,将残留的 ITO 结晶物反应抽出,通孔柱状不良完全消失,柱状不良完全得到改善。

参 考 文 献:

- [1] 王妹.非晶 IGZO 薄膜晶体管背沟道表面修饰及器件特性研究[D].宁波:中国科学院宁波材料技术与工程研究所,2016.
WANG M. Back-channel surface decoration in a-IGZO TFTs and the investigations on the device characteristics [D]. Ningbo: Ningbo Institute of Materials Technology & Engineering, Chinese Academy of Sciences, 2016. (in Chinese)
- [2] 王韬,张希清.非晶镁锡氧薄膜晶体管的制备及退火对其性能的影响[J].发光学报,2017,38(11):1539-1544.
WANG T, ZHANG X Q. Fabrication and effect of annealing treatment on performance of amorphous Mg-In-Sn-O thin film transistor [J]. *Chinese Journal of Luminescence*, 2017, 38(11): 1539-1544. (in Chinese)
- [3] 万云海,邹志翔,林亮,等.氧化物薄膜晶体管刻蚀阻挡层 PECVD 沉积条件研究[J].液晶与显示,2019,34(1):7-13.
WAN Y H, ZOU Z X, LIN L, *et al.* Etch-stop layer plasma chemical enhanced vapor deposition for oxide thin-film-transistor [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2019, 34(1): 7-13. (in Chinese)
- [4] 田茂坤,董晓楠,黄中浩,等.IGZO-TFT 钝化层三元复合结构过孔刻蚀[J].液晶与显示,2019,34(6):564-569.
TIAN M K, DONG X N, HUANG Z H, *et al.* Ternary composites of passivation layer for hole plasma etching of IGZO-TFT [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2019, 34(6): 564-569. (in Chinese)
- [5] 白金超,王静,赵磊,等.氮化硅的 ECCP 刻蚀特性研究[J].液晶与显示,2017,32(7):533-537.
BAI J C, WANG J, ZHAO L, *et al.* Etching characteristics of silicon nitride by ECCP [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(7): 533-537. (in Chinese)
- [6] 谢晓强,戴旭涵,赵小林,等.反应离子刻蚀中的边缘效应及其补偿办法[J].真空电子技术,2005(2):41-44.
XIE X Q, DAI X H, ZHAO X L, *et al.* The edge effect in high power RIE and compensatory approach [J]. *Vacuum Electronics*, 2005(2): 41-44. (in Chinese)
- [7] 杨光,苟君,李伟,等.二氧化硅的反应离子刻蚀工艺研究[J].微处理机,2012,33(3):1-3,6.
YANG G, GOU J, LI W, *et al.* Optimization study on the reactive ion etching for SiO_2 [J]. *Microprocessors*, 2012, 33(3): 1-3, 6. (in Chinese)
- [8] 苏兴华,孟雷超,王本盼,等.煅烧锡锡氢氧化物和氯化钠混合粉末制备锡锡氧化物纳米粉体[J].中国科技论文,2013,8(12):1317-1320.
SU X H, MENG L C, WANG B P, *et al.* Preparation of nanocrystalline indium tin oxide powder by calcining the mixture of indium tin hydroxide and sodium chloride [J]. *China Science Paper*, 2013, 8(12): 1317-1320. (in Chinese)
- [9] 罗远晟,陈松林,马平,等.膜厚对 ITO 薄膜的电学与光学性质的影响[J].压电与声光,2010,32(6):1024-1026.
LUO Y S, CHEN S L, MA P, *et al.* Influence of thickness on electrical and optical property of ITO thin films [J]. *Piezoelectrics & Acoustooptics*, 2010, 32(6): 1024-1026. (in Chinese)

- [10] 郑志霞,冯勇建,张春权.ICP 刻蚀技术研究[J].厦门大学学报(自然科学版),2004,43(S1):365-368.
ZHENG Z X, FENG Y J, ZHANG C Q. Etching technique of inductive couple plasmas [J]. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 2004, 43(S1): 365-368. (in Chinese)

作者简介:



刘 浩(1988—),男,湖北黄冈人,硕士,高级工程师,2014 年于南京理工大学取得硕士学位,主要从事干刻氧化物方面研究工作。E-mail: haol@boe.com.cn