

以陽極氧化鋁技術粗化透明導電層並應用於太陽能電池

劉坤明、胡大湘、蕭宏彬

E-mail: 322110@mail.dyu.edu.tw

摘要

本論文是探討微結構對透明導電層在抗反射效果上的提升程度。微結構的製作方法是先利用電子槍蒸鍍系統在透明導電層上蒸鍍一鋁膜，接著利用陽極氧化技術製造出多孔氧化鋁膜，然後以多孔氧化鋁膜為光罩，使用濕式蝕刻將多孔性氧化鋁膜的孔洞轉印至透明導電層上面以形成微結構。藉由調整不同的陽極氧化條件：氧化的時間、氧化的工作電壓、去除阻擋層和擴孔時間，來改變孔徑的大小。完成的樣品以場發射掃描式電子顯微鏡觀察氧化鋁膜表面形態，和不同陽極氧化的氧化條件下氧化鋁膜差異。並將微結構透明導電層應用於太陽能電池的抗反射層上，當作微結構抗反射層。

關鍵詞：陽極氧化、多孔氧化鋁

目錄

封面內頁 簽名頁 授權書	iii	中文摘要	iii
.	iv	英文摘要	v
.	vi	目錄	vii
.	ix	第一章 緒論 1.1 前言	1
1.2 研究背景與動機	2	第二章 理論介紹 2.1 太陽電池介紹	2
.	3	2.1.1 太陽電池之理論	3
.	3	2.1.2 抗反射層的設計與種類	9
氧化鋁	11	2.2 陽極氧化鋁	12
.	13	2.2.1 多孔氧化鋁	12
.	13	2.2.2 氧化鋁形成的化學式	13
.	13	2.2.3 多孔氧化鋁的形成機制	14
.	15	2.2.4 增加多孔氧化鋁的孔洞規則性	14
.	15	第三章 實驗內容 3.1 多孔氧化鋁的製備	18
.	18	3.1.1 陽極氧化的治具與設備	18
.	18	3.2 陽極氧化技術	20
.	22	3.3 將孔洞轉印至透明導電層	23
.	22	3.4 儀器介紹	23
.	28	第四章 結果與討論 4.1 規則性多孔氧化鋁	29
.	31	4.2 陽極氧化條件討論	29
.	31	4.3 改變孔徑大小	31
.	39	4.4 多孔氧化鋁應用於太陽能電池	34
.	39	第五章 結論	39
.	39	參考文獻	40
.	3	圖目錄 圖2.1 太陽光譜圖	3
.	5	圖2.2 AMm示意圖	5
.	5	圖2.3 太陽電池工作原理	5
.	5	圖2.4 太陽電池I-V特性曲線圖	7
.	8	圖2.5 太陽電池之等效電路圖	8
.	8	圖2.6 折射係數漸變的抗反射層設計	10
.	11	圖2.7 粗糙化的表面可以提供多重反射與光線散射的效果以提高穿透率	11
.	12	圖2.8 鋁在陽極氧化階段的示意圖	12
.	14	圖2.9 氧化鋁表面形成局部電場集中過程示意圖	14
.	14	圖2.10 二次氧化法示意圖	14
.	17	圖2.11 膜版印壓法	16
.	17	圖2.12 利用FIB在鋁膜表面預先圖形化示意圖	17
.	19	圖3.1 陽極氧化裝置示意圖	19
.	19	圖3.2 陽極治具的實體圖	19
.	21	圖3.3 陽極氧化鋁形成流程圖	19
.	21	圖3.4 SEM裝置圖	25
.	25	圖3.5 RIE裝置圖	25
.	25	圖3.6 熱蒸鍍系統	27
.	27	圖3.7 電子槍工作原理	27
.	27	圖4.1 使用二次氧化法生成的氧化鋁膜	28
.	28	圖4.2 未使用二次氧化法生成的氧化鋁膜	28
.	30	圖4.3 陽極氧化的工作電壓40V的SEM圖	30
.	30	圖4.4 陽極氧化的工作電壓60V的SEM圖	30
.	31	圖4.5 不同陽極氧化時間試片的表面	31
.	31	圖4.6 浸泡磷酸溶液的FESEM圖	33
.	34	圖4.7 使用RIE減薄前後的SEM圖	34
.	34	圖4.8 去除表面氧化鋁膜的ITO表面的SEM圖	34
.	36	圖4.9 試片周圍用光阻保護起來實體圖	36
.	36	圖4.10 破碎的氧化鋁膜	36
.	37	圖4.11 使用浮貼方式在ITO表面生成的奈米孔洞	37
.	37	圖4.12 碲化鎵太陽能電池量測的I-V圖	38

參考文獻

[1]D. N. Wright, E. S. Marstein and A. Holt, "Double layer anti-refractive coatings for silicon solar cell," IEEE Photovoltaic specialists conference 3,

1237-1240,(2005).

- [2] T. Fujibayashi, T. Matsui and M. Kondo, "Improvement in quantum efficiency of thin film Si solar cells due to the suppression of optical reflectance at transparent conducting oxide/Si interface by TiO₂/ZnO antireflection coating," *Appl. Phys. Lett.* 88, 183508,(2006).
- [3] M. Chen, H. C. Chang, A.S. P. Chang, S. Y. Lin, J.J-Q. Xi and E. F. Svehubert, Design of optical path path for wide-angle gradient-index antireflection coating," *Appl. Opt* 46, 6533-6537,(2007).
- [4] M. J. Minot, "Single-layer, gradient refractive index antireflection films effective from 0.35 to 2.5 μ m," *J. Opt. Soc. Am.* 66, 515-519,(1976).
- [5] M. J. Minot, "The angular reflectance of single-layer gradient refractive-index films," *J. Opt. Soc. Am.* 67, 1046-1050,(1977).
- [6] A. Gombert, W. Glaubitt, K. Rose, J. Dreibholz, B. Bla"si, A. Heinzl, D. Sporn, W.D II and V. Wittwer, "Antireflective transparent covers for solar devices," *Solar Energy* 68, 357-360,(2000).
- [7] S. J. Wilson and M. C. Hutley, "The Optical properties of ' Moth eye ' antireflection surfaces," *Journal of Modern Optics* 29, 993-1009,(1982).
- [8] C. H. Sun, P. Jiang and B. Jiang, "Broadband moth-eye antireflection coatings on silicon," *Appl. Phys. Lett.* 92, 061112,(2008).
- [9] V. T. Daudrix, J. Guillet, F. Freitas, A. Shah, C. Ballif, P. Winkler, M. Ferrelloc, S. Benagli, X. Niquille, D. Fischer and R. Morf, "Characterisation of rough reflecting substrates incorporated into thin-film silicon solar cells," *Prog. Photovolt: Res. Appl.* 14, 485-498,(2006).
- [10] S. S. Lo, C. C. Chen, F. Garwe and T. Pertch, "Broad-band anti-reflection coupler for a:Si thin film solar cell," *J. Phys. D: Appl. Phys* 40, 754-758,(2007).
- [11] M. Auslender, D. Levy and S. Hava, "One-dimensional antireflection gratings in (100) silicon: a numerical study," *Appl. Opt* 37, 369-373,(1988).
- [12] Setoh, S. Miyata, A., *Sci. Pap. Inst. Phys. Chem. Res., Tokyo*, pp. 2772. 1932 [13] J. P. O' Sullivan and G. C. Wood, " The Morphology and Mechanism of Formation of Porous Anodic Films on Aluminium " , *Proc. R. Soc. (London) A* 317 (1970) 511.
- [14] Siejka J, Ortega C, An O18 study of field-assisted pore formation in compact anodic oxide films on aluminum, *J. Electrochem. Soc.: Solid State Sci. Technol.* 124, 1977, 883-891 [15] F. Li, L. Zhang, and R. M. Metzger, " On the Growth of Highly Ordered Pores in Anodized Aluminum Oxide, " *Chem. Mater.* vol. 10, pp. 2470-2480, 1998.
- [16] G. E. Thompson, " Porous anodic alumina fabrication characterization and applications, " *Thin solid films* 297, 192(1997).
- [17] H. Masuda and M. Satoh, " Fabrication of Gold Nanodot Array Using Anodic Porous Alumina as an Evaporation Mask, " *Jpn. J. Appl. Phys.*, Part 2 vol. 35, pp. L126-L129, 1996.
- [18] Y. Kanamoria, K. Hane, H. Sai, H. Yugami, " 100 nm period silicon antireflection structures fabricated using a porous alumina membrane mask " , *Appl. Phys. Lett.* vol. 78, 2001 [19] Hideki Masuda, Haruki Yamada, Masahiro Satoh, and Hidetaka Asoh, " Highly ordered nanochannel-array architecture in anodic alumina " , *Appl. Phys. Lett.* vol. 71 ,pp. 2770-2772, 1997.
- [20] Hidetaka Asoh, Kazuyuki Nishio, Masashi Nakao, Toshiaki Tamamura, and Hideki Masuda, " Conditions for Fabrication of Ideally Ordered Anodic Porous Alumina Using Pretextured Al, " *J. Electrochem. Soc.* vol. 148, pp. B152-B156, 2001.
- [21] Hideki Masuda, Masato Yotsuya, Mari Asano, and Kazuyuki Nishio, " Self-repair of ordered pattern of nanometer dimensions based on self-compensation properties of anodic porous alumina, " *Appl. Phys. Lett.* vol. 78, pp. 826-828, 2001.