

以光電化學溼式蝕刻氮化鎵之研究

張良勇、蕭宏彬

E-mail: 9511198@mail.dyu.edu.tw

摘要

本論文主要是探討以光電化學溼式蝕刻氮化鎵的研究並嘗試應用在發光二極體的製作上。在蝕刻特性探討上包括改變磷酸和氫氧化鉀二種電解液的濃度, 研究外加偏壓大小對蝕刻速率和蝕刻後表面形態之影響, 以期開發出可以應用於元件製程的溼式蝕刻氮化鎵技術。本研究以光電化學蝕刻為基礎加上偏壓來引誘大量的電子-電洞對, 加速氮化鎵氧化還原反應, 同時產生的氧化物可溶解於強酸或是強鹼之中, 達到加快蝕刻速率的目的。對0.1M的磷酸, 在未加偏壓時的蝕刻速率為30nm/min; 在偏壓1V下, 蝕刻速率為73nm/min; 在偏壓2V下, 蝕刻速率為85 nm/min; 對0.08M的氫氧化鉀, 在未加偏壓時的蝕刻速率為52nm/min; 在偏壓1V下, 蝕刻速率為1018nm/min; 在偏壓2V下, 蝕刻速率為1122 nm/min。實驗結果發現, 外加偏壓確實明顯提高蝕刻速率。另一方面, 以電子顯微鏡(SEM)觀察蝕刻後試片表面形態發現, 在外加偏壓條件下, 以低濃度電解液進行光電化學蝕刻的試片表面出現許多針狀物, 而且濃度愈高表面形態愈差。相對地, 在無外加偏壓情況下, 以高濃度、高溫度電解液進行蝕刻的表面較佳, 雖然其蝕刻速率較慢。為開發一同時兼顧蝕刻速率與表面形態的蝕刻製程, 吾人嘗試對低濃度外加偏壓所蝕刻的試片以高溫高濃度的氫氧化鉀溶液做進一步的處理。結果發現, 高溫高濃度的氫氧化鉀溶液可以移除表面的針狀物, 改善表面的平坦度。最後, 以圓形傳輸線模型的圖案, 探討於蝕刻後氮化鎵表面製作歐姆接觸的品質。

關鍵詞: 氮化鎵; 光電化學; 偏壓

目錄

第一章 緒論	1	1.1 材料背景簡介與應用	1	1.2 目前蝕刻技術介紹	2
.		1.2.1 溼蝕刻原理	2	
.		1.2.2 乾式蝕刻原理	4	
.		1.2.3 ICP蝕刻	7	1.3 蝕刻技術之比較與研究動機	8
第二章 光電化學溼式蝕刻之原理	10	2.1 光電化學溼式蝕刻原理	10	2.2 蕭特基能障原理	15
.		2.3 外加偏壓之光電化學溼式蝕刻原理	15	第三章 光電化學溼式蝕刻之實驗步驟	17
.		3.1 氮化鎵表面電極之選擇	17	3.2 光電化學溼式蝕刻法之實驗架構	20
.		3.3 製程步驟	22	3.3.1 測試片製作流程	22
.		3.3.2 光電化學溼式蝕刻法之步驟	23	3.4 LED元件之製程步驟	24
.		3.4.1 以乾蝕刻製作LED	25	3.4.2 以乾蝕刻結合光電化學溼式蝕刻製作LED	25
第四章 結果與討論	28	4.1 不同電解液濃度與不同偏壓對蝕刻之影響	28	4.1.1 n型氮化鎵蝕刻速率之比較	28
.		4.1.2 蝕刻表面狀態之分析	31	4.2 平坦化處理之影響	31
.		4.3 LED特性	39	4.3.1 LED特性	39
.		4.3.2 LED特性	42	第五章 結論	42
.		4.3.3 LED特性	46	參考文獻	46
.		4.3.4 LED特性	47	47

參考文獻

- 【1】 S. Nakamura, M. Senoh, and T. Mukai, " High-power InGaN/GaN double-heterostructure violet light emitting diodes, " Appl. Phys. Lett., vol.62, p.2390, 1992. 【2】 M. Hansen, J. Piprek, P. M. Pattison, J. S. Speck, S. Nakamura, and S. P. DenBaars , " Higher efficiency InGaN laser diodes with an improved quantum well capping configuration, " Appl. Phys. Lett., vol.81, p.4520, 2002. 【3】 K. S. Stevens, M. Kinniburgh, and R. Beresford, " Photoconductive ultraviolet sensor using Mg-doped GaN on Si(111), " Appl. Phys. Lett., vol.63, p.3518,1995. 【4】 A. F. M. Anwar, Richard T. Webster, and Kurt V. Smith, " Bias induced strain in AlGaIn/GaN heterojunction field effect transistors and its implications, " Appl. Phys. Lett. vol.88, pp.203510, 2006. 【5】 莊達人, VLSI製造技術, 高立圖書有限公司, 1996. 【6】 P. V. Zant, Microchip Fabrication, McGRAW-HILL, p.259, 1996. 【7】 S. k. Ghandhi, VLSI Fabrication Principles, John Wiley & Sons, p.613, 1994. 【8】 S. J. Fonash, " Advances in Dry Etching Processes-A Review, " Solid State Technology, p.150, 1985. 【9】 劉博文, ULSI製造技術, 新文京開發出版有限公司, 2003. 【10】 C. Youtsey, I. Adesida, and G. Bulman, " Highly anisotropic photoenhanced wet etching of n-type GaN, " Appl. Phys. Lett., vol.71, p.2151, 1997. 【11】 C. Yousey, I. Adesida, L. T. Romano, and G.Bulman, " Smooth n-type GaN surface by

photoenhanced wet etching, " Appl. Phys. Lett., vol.72, p.560, 1997. 【12】 M. S. Minsky, M. White, and E. L. Hu, " Room-temperature photoenhanced wet etch of GaN, " Appl. Phys. Lett., vol.68, p.1531, 1996. 【13】 L. C. Chen, Y. L. Huang, " High reliability GaN-based light-emitting diodes with photo-enhanced wet etching, " Solid-State Electronics vol.48, p.1239, 2004. 【14】 I. Adesida, A. Mahajan, E. Andideh, M. A. Khan, D. T. Olson, and J. N. Kuznia, " Reactive ion etching of gallium nitride in silicon tetrachloride plasma, " Appl. Phys. Lett., vol.63, p.2777, 1993. 【15】 M. Koga, T. Yoshizawa, Y. Ueda, A. Yonesu, and Y. Kawai, " Measurement of ion temperatures in a large-diameter electron cyclotron resonance plasma, " Appl. Phys. Lett., vol.79, p.3041, 2001. 【16】 G. F. McLane, L. Casas, S. J. Pearton, and C. R. Abernathy, " High etch rates of GaN with magnetron reactive ion etching in BCl₃ plasmas, " Appl. Phys. Lett., vol.66, pp.3328, 1995. 【17】 I. Adesida, A. T. Ping, C. Youtsey, T. Dow, M. Asif Khan, D. T. Olson, and J. N. Kuznia, " Characteristics of chemically assisted ion beam etching of gallium nitride, " Appl. Phys. Lett., vol.65, p.889, 1994. 【18】 李世鴻, 半導體物理及元件, 台商圖書有限公司, 2003. 【19】 J. E. Borton, C. Cai and M. I. Nathan, P. Chow, J. M. Van Hove, A. Wowchak, and H. Morkoc, " Bias-assisted photoelectrochemical etching of p-GaN at 300 K, " Appl. Phys. Lett., vol.77 p.1227, 2000. 【20】 B. V. Daele, G. V. Tendeloo, W. Ruythooren, J. Derluyn, M. R. Leys, and M. Germain, " The role of Al on Ohmic contact formation on n-type GaN and AlGaIn/GaN, " Appl. Phys. Lett., vol.87, p.061905, 2005. 【21】 L. H. Peng, Member, C. W. Chuang, Y. C. Hsu, J. K. Ho, C. N. Huang, and C. Y. Chen, " Hydration Effects in the Photoassisted Wet, " IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, vol.4, no.3, 1998. 【22】 L. H. Peng, C. W. Chuang, J. K. Ho, C. N. Huang, and C. Y. Chen, " Deep ultraviolet enhanced wet chemical etching of gallium nitride, " Appl. Phys. Lett., vol.72, p.939, 1998. 【23】 C. Youtsey, L. T. Romano, R. J. Molnar, and I. Adesida, " Rapid evaluation of dislocation densities in n-type GaN films using photoenhanced wet etching, " Appl. Phys. Lett., vol.74, p.3537, 1999. 【24】 廖清賢, " 國立台灣大學光電工程學研究所碩士論文 ", 2000. 【25】 H. Ishikawa, S. Kobayashi, Y. Koide, S. Yamasaki, S. Nagai, J. Umezaki, and M. Murakami, " Effects of surface treatments and metal work functions on electrical properties at p-GaN/metal interfaces, " J. Appl. Phys., vol.81, p.1315, 1997.