

氮化鎵金半場效電晶體製作與特性研究

黃佳鴻、蕭宏彬

E-mail: 9511444@mail.dyu.edu.tw

摘要

氮化鎵(GaN)材料有很好的光電特性，已廣泛的應用於發光元件如藍、綠光發光二極體；有鑑於氮化鎵的寬能隙特性，是非常適合製作高功率電子元件的材料，如場效電晶體(FET)和異質性異質界面電晶體(HBT)。要製作特性優良的場效電晶體，首要條件是閘極的漏電流要小。矽(Si)材料有品質很不錯的氧化物 - 二氧化矽(SiO₂)，所以金氧半場效電晶體(MOSFET)已廣泛的被採用；而砷化鎵(GaAs)材料由於沒有適合的氧化物，因此在閘極改採蕭特基接觸(Schottky contact)，雖然如此仍可獲得不錯的元件特性。本研究是利用氮化鎵材料來製作金半場效電晶體(MESFET)。以鈦/鋁(Ti/Al)金屬作為汲極與源極的歐姆接觸(ohmic contact)電極，鎳(Ni)金屬和氮化鎵形成蕭特基接觸(Schottky contact)作為閘極的電極。文中將對氮化鎵金半場效電晶體的製作、量測與元件的I-V特性做詳細的說明與討論。

關鍵詞：氮化鎵；金半場效電晶體；蕭特基接觸

目錄

第一章 序論	1.1 研究動機	1.2 氮化鎵特性
2.1.3 論文架構	4	第二章 金半場效電晶體理論基礎
5.2.1 環型傳輸線模型	5	5.2.2 蕭特基界面
場效電晶體觀念	12	8.2.3 界面
離(mesa isolation)製作	16	第三章 元件製作
3.2 歐姆接觸(ohmic contact)電極製作	19	3.1 元件隔離
3.3 閘極製作	21	3.2 歐姆接觸(ohmic contact)電極製作
第四章 元件電性量測結果與討論	23	4.1 霍爾量測
4.2 歐姆量測	23	4.2 歐姆量測
4.3 蕭特基接觸量測	24	4.3 蕭特基接觸量測
4.4 電性量測	25	4.4 電性量測
第五章 結論	28	第五章 結論
附錄一	31	參考文獻
	34	

參考文獻

- 【1】 M. W. Wang, J.O. McCaldin, " Schottky-based band lineups for refractory semiconductors ", Appl. Phys. Lett, Vol 66, 1974
- 【2】 M. A Khan, M. S. Shur, " GaN based transistors for high temperature applications ", Material Science and Engineering, B46, p.67, 1997.
- 【3】 T. Azuhata, K. Shimada, " Infrared Lattice Absorption in Wurtzite GaN ", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 38 p. L 151, 1999
- 【4】 V. M. Polyakov and F. S. Member, " Influence of Electron Mobility Modeling on DC I - V Characteristics of WZ-GaN MESFET ", IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. 48, p.512, 2001
- 【5】 T. Egawa, H. Ishikawa, " GaN-based optoelectronic devices on sapphire and Si substrates ", Masayoshi Umeno, Takashi Egawa, Hiroyasu Ishikawa, Materials Science in Semiconductor Processing 4, p.459, 2001
- 【6】 S. Arulkumar, T. Egawa, H. Ishikawa and T. Jimbo, " High-Transconductance AlGaIn/GaN High-Electron-Mobility Transistors on Semi-Insulating Silicon Carbide Substrate ", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 40 PL1061, 2001
- 【7】 D. F. Storma, D. S. Katzera, J. A. Mitteredera, " Homoepitaxial growth of GaN and AlGaIn/GaN heterostructures by molecular beam epitaxy on freestanding HVPE Gallium Nitride for electronic device applications ", Journal of Crystal Growth, p 32, 2005
- 【8】 R. Dietrich, A. Wieszt, H. Tobler, H. Leier, " MBE grown AlGaIn/GaN MODFETs with high breakdown Voltage " A. Vescan, A. M. Wowchak, Journal of Crystal Growth, p.327, 1999
- 【9】 M. Shimizu, S. Hara, D. Cho, " Improvement of DC Characteristics in AlGaIn/GaN Heterojunction Field-Effect Transistors Employing AlN Spacer Layer ", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 41, p. 5563, 2002
- 【10】 D. Kikut, Yu-Huai LIU, " AlGaIn/GaN High Electron Mobility Transistor with Thin Buffer Layers ", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 42 p. 1588, 2003
- 【11】 Masatomo Sumiy, Shunro Fuke, " Effect of treatments of sapphire substrate on growth of GaN film ", Applied Surface Science, p. 269, 2005
- 【12】 D. K. Schroder, " Semiconductor material and device characterization ", New York, p.147
- 【13】 C. Y. Chang, Y. K. Fang, and S. M. Sze, " Specific Contact Resistance of Metal-Semiconductor Barriers ", Solid State Electron, Vol. 14, p.541, 1971
- 【14】 N. C. Chen, P. H. Chang, A. P. Chiu, M. C. Wang, W. S. Feng, G. M. Wu, C. F. Shih, and K. S. Liu, " Modified transmission line model and its application to aluminum ohmic contacts with n-type GaN ", Appl. Phys. Lett. Vol 84, p.2584, 2004
- 【15】 N. A. Papanicolaou, K. Zekentes, " High temperature characteristics of Ti/Al and Cr/Al ohmic contact to n-type GaN ", Solid-State Electronics Vol 46, p. 1975, 2002
- 【16】 S. Murai, H. Masuda, Y. Koide, and M. Murakami,

“ Effect of Pd or Pt addition to Ti/Al ohmic contact materials for n-type AlGaN ” , Applied Physics Letters Vol 80, p. 16 , 2002 【17】 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 AlGaN/GaN ” , Applied Physics Letters , Vol 87, 2005 【18】 李世鴻, “ 半導體物理及元件 ” , 2003 , 美商麥格羅.希爾國際股份有限公司 , p.375, 1997 【19】 S. Arulkumaran , T. Egawa , G. Y. Zhao , “ Electrical Characteristics of Schottky Contacts on GaN and ” , Jap. J. Appl. Phys , p.351 , 2000 【20】 N . Miura , T. Nanjo , M. Suita , “ Thermal annealing effects on Ni/Au based Schottky contacts on n-GaN and AlGaN/GaN with insertion of high work function metal ” , Solid-State Electronics Vol 48, 2004, p. 689 , 2004 【21】 林柏辰, “ 國立中央大學/電機工程研究所 ’ ’ , “ 氮化鋁鎵/氮化鎵高電子移導率場效電晶體之製作與應用 ” , 2005 【22】 S. Arulkumaran , T. Hibino, T. Egawa, and H. Ishikawa, “ Current collapse-free i-GaN/AlGaN/GaN high-electron-mobility transistor with and without surface passivation , Applied Physics Letters Vol 85, 2004 【23】 B. S. Kang, F. Ren, L. Wang, C. Lofton, Weihong W. Tan, A. Dabiran, A. Osinsky, and P. P. Chow , “ Electrical detection of immobilized proteins with ungated AlGaN/GaN high-electron-mobility Transistors ” , Applied Physics Letters , Vol. 87, 2005