p型快閃記憶體特性分析之研究=a study of characterization and analysis in p-channel flash memory devices

曾德彰、陳勝利

E-mail: 8804784@mail.dyu.edu.tw

摘 要

摘 要 近年來快閃記憶體(flash memory)是非揮發性記憶體IC中逐漸取代其他同類產品的明日之星，非常值得去探討它的特性，因此有非常多關於元件特性方面的研究。對於這些快閃記憶體的特性探討無非都是針對寫入(write)、抹除(erase)時臨限電壓改變(threshold voltage shift)的速度、資料耐久性(data endurance)、資料保存時間(retention time)的長久、資料的寫入效率及抹除速度等方面，希望能夠提高可靠度以及元件速度、集積度等等。 傳統非揮發性記憶體有資料儲存之功能，而資料之儲存寫入方式大都採用F-N穿隧或通道熱電子寫入其浮動閘。因此，關於這方面的研究大都專注於N通道快閃記憶體，原因是由於方便採用正閘極電壓寫入操作。相對的，在P通道快閃記憶體方面的特性以及其他方面的研究往往很少。若能適切地預測出浮動閘上的電荷改變量，則我們便能知道其臨限電壓之變化，進而判別資料的儲存與否。所以在本論文，我們特別針對P通道快閃記憶體在寫入及抹除的過程中，其臨限電壓相對於時間之改變量做深入的探討與研究，同時與N通道快閃記憶體加以比較。在此我們也使用一個能精確預測寫入電荷量的模型，此模型稱為通道熱電洞產生熱電子電流模型(Channel-Hot-Hole-Induced-Hot-Electron Current Model)；另外在抹除操作上，則是採用通用的福勒-諾德漢電子穿隧模型(Fowler-Nordheim Electron Tunneling Model)。

關鍵詞 : 快閃記憶體 ; P通道 ; 寫入 ; 抹除 ; 臨限電壓 ; F-N穿隧 ; 撞擊游離化

目錄

目 錄 封面內頁 簽名頁 授權書……………………………………………………………iii 中文摘要…………………………………………………v 英文摘要…………………………………………………………vi 誌謝……………………………………………………………………viii 目錄……………………………………………………………………ix圖目錄……………………………………………………………xi 表目錄…………………………………………………………xii 第一章 緒論………………………………………………………1 第二章 注入模型的建立…………………………5 2.1 元件操作模式 2.2 幸運熱電子注入模型 2.3 撞擊游離化模型 2.4 福勒-諾德漢電子穿隧模型 第三章 可靠性與載子效應………………………………18 3.1 可靠性問題對快閃記憶體特性的影響 3.2 閘極擾動（Gate Disturb）可靠性的影響 3.3 汲極擾動（Drain Disturb）可靠性的影響 3.4 讀取擾動（Read Disturb）可靠性的影響 3.5 過度抹除（Overerase）可靠性的影響 3.6 耐久度（Endurance）可靠性的影響 第四章 元件製程與量測………………………………………28 4.1 快閃記憶體元件製作 4.2 量測過程 4.3 寫入與抹除 4.4 臨限電壓的量測 第五章 量測結果與討論……………………………………38 5.1 量測結果分析 5.2 寫入效率模擬 5.3 臨限電壓量測結果 5.4 結果討論 第六章 結論…………………………………………………………46 參考文獻……………………………………………………………47 附錄

參考文獻

參 考 文 獻 [1] D. Cioaca, T. Lin, A. Chan, and A. Mihnea,“ A million cycle CMOS 256K EEPROM, ” IEEE J. Solid-State Circuits, vol.SC-22, pp. 684-692, Oct. 1987.

[2] W. S. Johnson, G. L. Kuh, A. L. Renniger, and G. Perlegos,“ 16-K EE-PROM relies on tunneling for byte-erasing program storage. ” Electronics, pp. 113-117, Feb. 1980 [3] E. M. Lucero, N. Challa, and J. Fields,“ A 16 kbit smart 5V-only EEPROM with redundancy, ” IEEE J. Solid-State Circuits, vol.SC-18, pp. 539-544, Oct. 1983.

[4] Z.A. Weinberg,“ On Tunneling In metal-oxide-silicon structure, ” J.Appl.Phys.,vol.53,pp.50~52,1982.

[5] C. Hu,“ Lucky-electron modeling of channel hot electron emission, ” IEDM Tech. Dig., pp. 22-25, 1979.

[6] S. Tam, P. K. Ko, and C. Hu,“ Lucky-electron model of channel hot-electron injection, ” IEEE Trans. Electron Devices, vol. ED-31, pp. 1116~1125,1984.

[7] M.J. Chen, K. C. Chao and C. H. Chen,“ New observation and the modeling of gate and drain currents in off-state P-MOSFET's, ” IEEE Trans. Electron Device Lett., vol. 41, pp. 734~739, May, 1994.

[8] K. Hasnat, C.-F. Yeap, S. Jallepalli, W.-K. Shih, S. A. Hareland, V. M. Agostinelli, A. F. Tasch, C. M. Maziar,“ A Pseudo-Lucky Electron Model for Electron Gate Current in Submicron NMOSFET ’ s, ” IEEE Trans. Electron Devices, vol. 43 , pp.1264-1273, 1996.

[9] H. J. Peifer, B. Meinerzhagen, R. Thoma, and W. L. Engl,“ Evaluation of Impact Ionization Modeling in The Framework of Hydrodynamic

Equations, ” IEEE IEDM, vol. 91, pp.131~134, 1991.
[10] K. R. Hofmann, C. Werner, W. Weber, and G. Dorda, “ Hot-electron and hole-emission effects in short n-channel MOSFET ’ s, ” IEEE Trans. Electron Devices, vol. ED-32, pp. 691, 1985.
[11] P. K. Ko, R. S. Muller, and C. Hu, “ A unified model for hot-electron currents in MOSFETs, ” IEDM Tech. Dig., pp. 600-603, 1981.
[12] N. Goldsman and J. Frey, “ Electron energy distribution for calculation of gate current in MOSFETS, ” Solid-State Electron., vol. 31, pp. 1089~1093, 1988.
[13] T. Urai, J. Fery, Z. Z. Peng, and N. Goldsman, “ Simulation of EPROM programming characteristics, ” Electron. Lett., vol. 26, pp. 716~780, 1990.
[14] S. Tam, F-C. Hsu, C. Hu, R. S. Muller, and P. K. Ko, “ Hot-electron currents in very short channel MOSFET ’ s, ” IEEE Electron Device Lett., vol. EDL-4, pp.7~11, 1983.
[15] James E. Chung, Min-Chie Jeng, James E. Moon, Ping-Keung Ko, and Chenming Hu, “ Low-voltage hot electron currents and degradation in deep-submicrometer MOSFET ’ s, ” IEEE Trans. Electron Devices, ED-37, pp.1651-1656, 1990.
[16] C. Fiegna, F. Venturi, M. melanotte, E. Sangiorgi, B. Ricco, "Simple and efficient modeling of EPROM writing", IEEE Trans. Electron Devices, ED-38, p.603~608, 1991.
[17] C. Jacoboni and L. Reggiani, “ The Monte Carlo method for the solution of charge transport in semiconductors with applications to covalent materials, ” Rev. Mod. Phys., vol. 55, pp. 645-705, July 1983 [18] A. M. Vasilyev, An Introduction to Statistical Physics. Moscow,USSR: MIR, 1983.
[19] K. Blφtekjaer, “ Transport equations for electrons in two-valley semiconductors, ” IEEE Trans. Electron Devices, vol. ED-17, pp. 38-47, 1970.
[20] Two-dimensional device simulation program TMA MEDICI, TMA user menual, 1997