

シリコン・イオン注入型 MOS 構造による青色発光素子の研究

材料技術課 岩坪 聡、富山県立大学 松田 敏弘、岩田 栄之、岡山県立大学 大曾根 隆志

1. はじめに

大規模集積回路(VLSI)の基本材料であるシリコンは間接遷移型半導体でバンドギャップも狭く、発光には適さない材料であると考えられてきたが、発光が可能になると、従来のシリコンプロセスが利用でき、様々な機能をもった発光素子を安価に開発することができる。筆者らは、図1に示す様にシリコンの表層を酸化し、その膜にシリコンをイオン注入した MOS 構造デバイスを作製することで、バンド内部に適当なトラップ準位をゲート酸化膜に形成することができ、その準位を利用してエレクトロルミネッセンス (EL) 発光が可能になることを示してきた。^[1-3] そこで本研究では、「青・紫色」を含む可視発光デバイスの作製を目的に、イオン注入法を用いてシリコン・イオン注入したゲート酸化膜を持つ MOS 構造による発光素子を作製し、その特性を調べた。

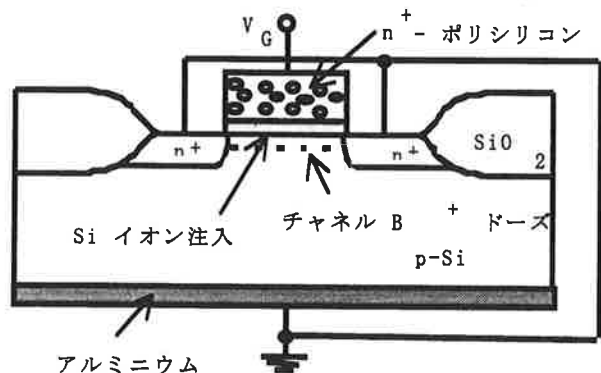


Fig. 1 Illustration of MOS-EL device.

2. 実験方法及び結果

今年度は、シリコン・イオン注入型 MOS 構造による青色発光素子発光のメカニズムの解明と不純物の分布を制御することによる発光効率の改善を目的に次の実験を進めた。

(1) デバイス作製

シリコンウエハ上に厚さ 50 nm の酸化膜を作製し、シリコン・イオン注入によって過剰なシリコンを酸化膜中に導入した。シリコン・イオンのドーズ量は、3、5、10 $\times 10^{16}$ atoms \cdot cm $^{-2}$ とした。従来の p 形に加え n 形のシリコン基板を用いた試料も試作した。それらの電流-電圧特性を測定した結果、n 形および p 形のいずれの導電形においても、酸化膜が破壊する直前の電圧 (耐圧) は 15

~50 V の範囲であり、シリコン・イオンのドーズ量の増加とともに減少した。容量-電圧特性では、印加電圧の変化にともなってヒステリシス特性を示した。これは、シリコン・イオン注入によって MOS 構造に界面準位が生成され、それに捕獲される電荷が印加電圧の極性によって変化し、しきい値電圧のヒステリシス現象として現れるためである。

(2) 発光特性

EL 発光特性測定より、n 形、p 形いずれの基板でも、シリコン・イオンのドーズ量が 3×10^{16} cm $^{-2}$ の試料の EL 強度が最大となった。波長成分としては、350 nm (2.8 eV) が最も大きかった。印加電圧を直流から交流に変更し EL 分光特性を測定した結果、長波長成分が増大する傾向があることが分かった。これは、発光中心となる酸化膜中の捕獲準位の電界に対する応答速度が異なるため、青色発光には、直流駆動が適していることを示している。

(3) 透明電極の形成

イオンビームスパッタ法を用いて、紫外域から可視の広い範囲にわたって高い透明度と低い抵抗値を示す金超薄膜と酸化膜を作製し、有機 EL でも使用可能な滑らかな表面あらしを持つ膜を作製することができた。

3. まとめ

青・紫色可視発光デバイスの発光を確認し、優れた紫外線域用の透明電極の作製することができた。

「参考文献」

- [1] T. Omata, N. Ueda, N. Hikuma, K. Ueda, H. Mizoguchi, T. Hashimoto and H. Kawazoe, Appl. Phys., 62, 499 (1993)
- [2] T. Matsuda, M. Kawabe, K. Nishihara, H. Iwata, S. Iwatsubo and T. Ohzone, Proc. International Semiconductor Device Research Symposium (ISDRS), 94 (2003)
- [3] Toshihiro Matsuda, Kiyoshi Nishihara, Masaharu Kawabe, Hideyuki Iwata, Satoshi Iwatsubo and Takashi Ohzone, Solid-State Electronics, 48, 1933 (2004)
- [4] S. Iwatsubo, Proc. of The 14th Symposium of The Materials Research Society of Japan, 239 (2002)