

シリコンデバイスからは、様々な要因に起因する発光現象が観測される。その中にMOSFETの微細化に伴う内部電界の増大による発光現象がある。この現象は、電界により加速された高エネルギーキャリア（ホットキャリア）の制動放射に伴う発光である。このホットキャリアは、Si/SiO₂界面やゲートSiO₂に影響を与え特性を劣化させる。ここでは、MOSFETのホットキャリアによる発光現象の観測例と、発光解析から求めたキャリアエネルギー（キャリア温度）とMOSFETの劣化寿命の関係について紹介する。

本観察に用いた装置をFig. 1に示す。デバイスにバイアスを印加した状態で、そこからの微弱発光をフォトンカウンティングカメラ（波長感度：500nm～800nm）により観測するシステムである。n-channel MOSFET（ゲート長1.0μm，ゲート幅20μm，基板濃度 $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ ，酸化膜厚20nm）からの発光観測例をFig. 2に示す。発光部は強度レベルの色別化により青色で示してあるが、実際の光は約1.5～2.6eVのエネルギー幅を持つ微弱光である。Fig. 2から高電界領域であるゲート電極のドレイン端側で、ホットキャリアによる発光が起きている事がわかる。この光を金属干渉フィルターにより分光すると、発光強度はフォトンエネルギー

ギーに対して指数関数で減少していく特性を示した。この分光特性は、発光メカニズムが制動放射の場合、キャリアのエネルギー分布を反映し、ここからのキャリア温度を見積もる事ができる。

一般にMOSFET特性は、ホットキャリア現象により相互コンダクタンスが減少する。様々なバイアス条件下でデバイス寿命（相互コンダクタンス減少率が10%になる時間と定義）と、キャリア温度を求めた。その関係を示したのがFig. 3である。デバイス寿命はキャリア温度の逆数に対して指数関数で表される事がわかる。その傾きから得られるホットキャリア劣化のしきい値エネルギーは一定で4.7eVであった。これは劣化現象が一つのメカニズムで起きている事を示している。同様な関係は理論的に報告されているが¹⁾、今回の結果はデバイス寿命とキャリア温度の関係を実験的に明らかにしたものである。

以上、MOSFETのホットキャリア発光解析による特性劣化評価について述べたが、今後この様な分光特性解析が現象解明において重要になると考えられる。

参考文献

- 1) Chenming, H., et al. : IEEE Trans. Electron Devices, ED-32, (1985), 375

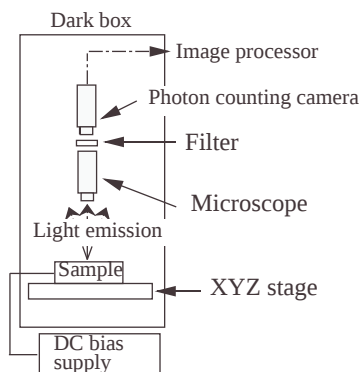


Fig. 1 Schematic diagram of the photon counting system.

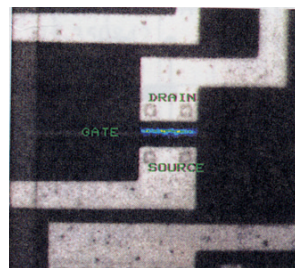


Fig. 2 Micrograph of the light emission from an n-channel MOSFET with W/L = 20μm/1.0μm, operating in the saturation region ($V_D = 6\text{V}$ and $V_G = 3\text{V}$).

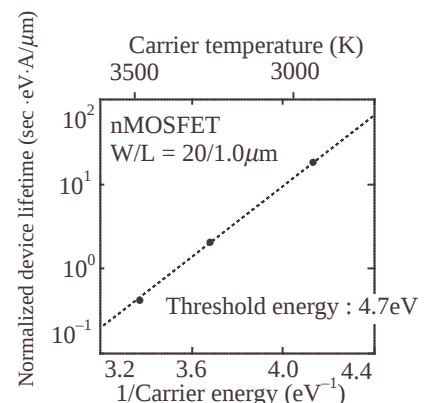


Fig. 3 Device lifetimes at different carrier temperatures. (Dotted line : exponential function fitting line)