

近紅外光染料工程於浮閘式光電晶體記憶體中的應用實現寬頻光響應

Near-Infrared Dye Engineering in Floating Gate Phototransistor Memory for Broadband Light Response

Abstract

本研究以兩種近紅外光染料 Ni(II)-DMDB 與 (DBA-BQDI)₂(SbF₆)₂ 摻入窄能隙聚合物 PAMA 中，製作光電晶體記憶體，以探討能階排列對光響應與電荷儲存的影響。結果顯示，Ni(II)-DMDB 具良好能階匹配，可有效捕捉電子並提升記憶性能，在 530 nm 與 740 nm 光照下展現良好的記憶比和穩定耐久性；相對地，(DBA-BQDI)₂(SbF₆)₂ 因能階不匹配而失效。雖近紅外光染料能吸收 NIR-II 光，但過窄能隙造成非輻射複合，降低電荷分離效率。整體而言，**透過合理的能階設計，近紅外光染料可有效整合進多波段光記憶體元件中，展現出在光感測與資料儲存整合應用方面的潛在發展性。**

Device Architecture

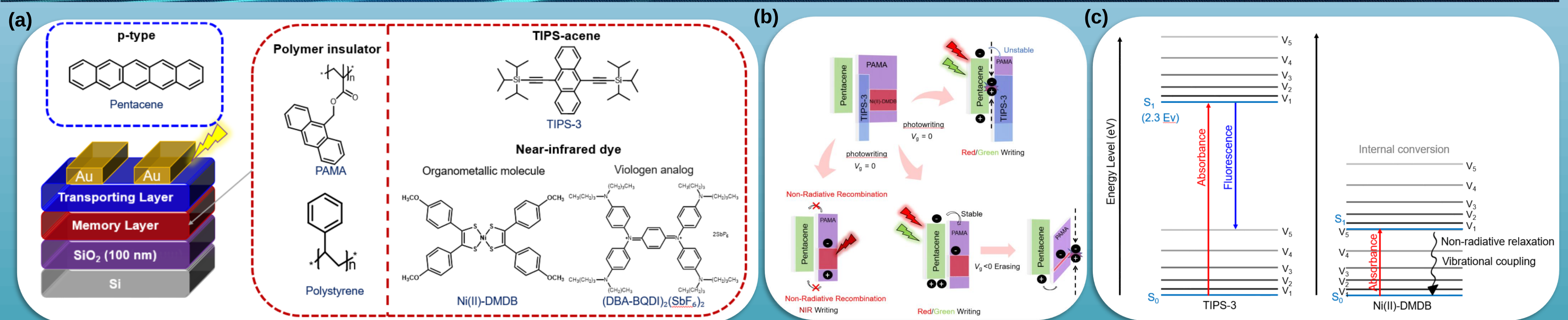


圖1、具有近紅外光染料駐極體的有機光電晶體記憶體的 (a)元件結構和組成之化學結構 (b)基於TIPS-3和Ni(II)-DMDB的光電晶體記憶體在光寫入和電擦除過程中的工作機制 (c)能隙定律示意圖：較長波長下的發光會導致較強的振動重疊，從而降低發光效率。 S_0 與 S_1 分別代表基態與激發態； $V_1 - V_5$ 表示振動激發態。

Optical / Energy Level Characteristics / Morphology Characteristics

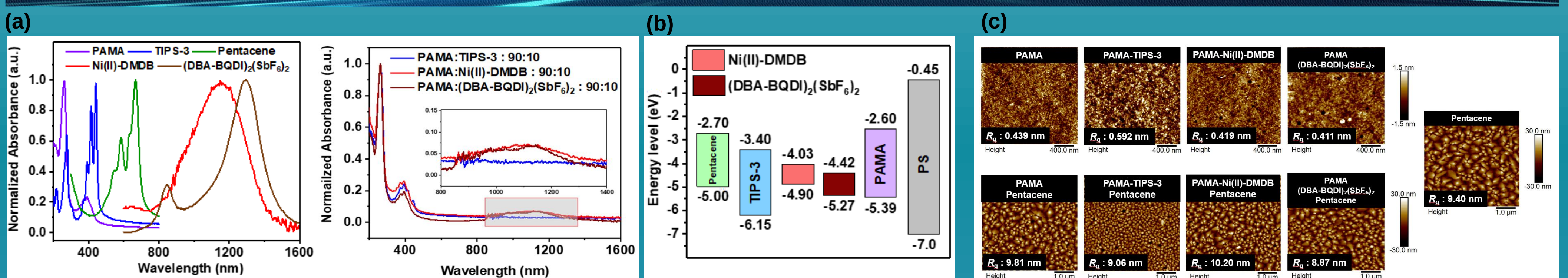


圖2、純高分子、小分子與共混薄膜之 (a)UV-vis及(b)能階圖、(c)AFM圖像

Electrical Performance

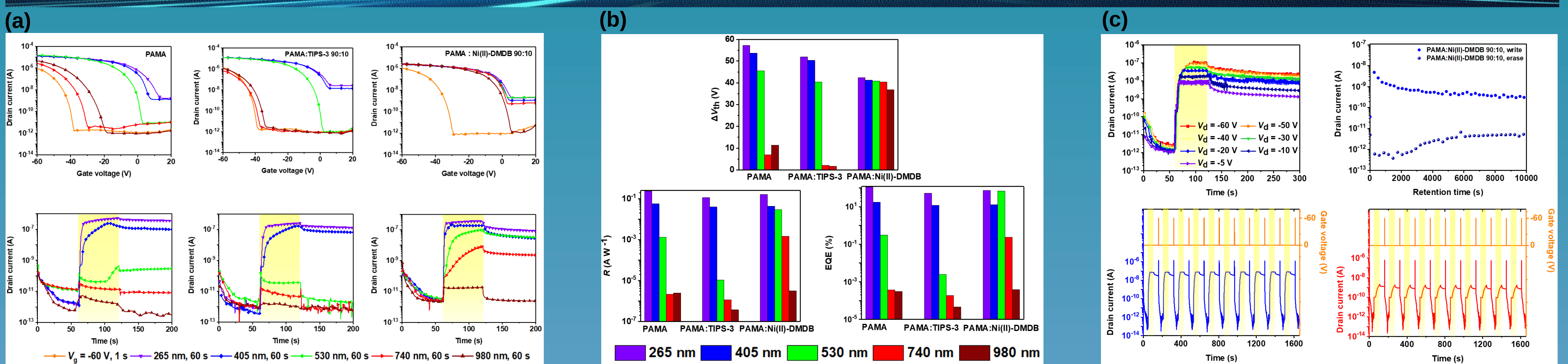


圖3、具有近紅外光染料駐極體的有機光電晶體記憶體的 (a)電性分析 (b) Memory window、Responsivity、External quantum efficiency (c)不同 V_d 、色光405 nm(藍)、740 nm(紅)穩定性電性分析

Conclusions

- 本研究以絕緣高分子及可見光與NIR染料組成浮閘記憶體應用於光電晶體記憶體，以探討其結構與性能之間的關係，研究證明，透過適當的能階設計、材料選擇與NIR浮閘記憶體設計，可成功實現多波段光控制記憶體元件。
- 雖然NIR染料能吸收NIR-II光，但因過窄能隙導致的非輻射複合，使元件無法產生有效記憶行為。根據能隙定律，能隙越小，越容易發生非輻射轉換。
- 但當傳輸層(Pentacene)吸光時，NIR染料仍可作為有效的浮閘記憶體。記憶體與傳輸層之間的能階匹配進一步提升了裝置光響應與電荷儲存能力。
- PAMA/Ni(II)-DMDB元件在 $V_d = -5V$ 下展現穩定操作，記憶比達 $10^3 - 10^4$ ，在多次WRER循環後保持高穩定性與可重現性。
- 本成果已投稿於 **ACS APPLIED ELECTRONIC MATERIALS** 本人為第一作者。