

INTRODUZIONE

I transistor a film sottile a silicio policristallino (poly-Si TFT, Polysilicon Thin Film Transistor) hanno suscitato un interesse sempre crescente, per le loro applicazioni nella microelettronica di larga area (LAM, Large Area Microelectronics). Essi hanno assunto un ruolo importante grazie alla possibilità di realizzare dispositivi di elevate prestazioni attraverso un processo di fabbricazione a bassa temperatura, compatibile con l'utilizzo di economici substrati in vetro. Infatti, in termini di mobilità a effetto di campo e di stabilità, questi dispositivi sono nettamente superiori ai transistor realizzati in silicio amorfo. L'introduzione della ricristallizzazione mediante Laser a Eccimeri (ELC, Excimer Laser Crystallization) ha permesso di migliorare la qualità del polisilicio, sia grazie ad un aumento delle dimensioni medie dei grani, circa 1 μm , sia attraverso la riduzione del numero di difetti presenti all'interno e ai bordi di grano, portando alla realizzazione di dispositivi con elevata mobilità. Attraverso l'introduzione di nuove tecniche di ricristallizzazione mediante Laser a Eccimeri, come la Solidificazione Laterale Sequenziale (SLS, Sequential Lateral Solidification), sono stati realizzati dispositivi a singolo cristallo, con prestazioni confrontabili a quelle dei MOSFET a silicio cristallino ($\mu \sim 600 \text{cm}^2/\text{Vs}$). Le prestazioni raggiunte e la compatibilità del processo con i substrati in vetro, hanno permesso l'integrazione dei poly-Si TFT nei circuiti di controllo e di indirizzamento dei display a cristalli liquidi a matrice attiva (AMLCD, Active Matrix Liquid Crystal Display) e nei display a diodi organici a matrice attiva (AMOLED, Active Matrix Organic Light Emitting Display). In particolare, nel circuito di indirizzamento degli AMOLED, i TFT vengono impiegati sia come interruttori che per pilotare la corrente dell'OLED, pertanto sono essenziali dispositivi di elevata stabilità in grado di compensare le variazioni di corrente presenti nei LED organici. I TFT in silicio policristallino a canale p possiedono queste proprietà, e questo costituisce il motivo dell'attuale interesse verso questo tipo di dispositivi.

La necessità di processi a bassa temperatura ha spinto verso l'introduzione di nuove tecniche di fabbricazione realizzabili su substrati in vetro; tra queste, il Laser Doping costituisce un metodo innovativo di drogaggio del semiconduttore, realizzabile a temperatura ambiente, e in grado di portare alla realizzazione di giunzioni drogate di elevata qualità, sia in termini di efficienza di drogaggio sia di proprietà di conduzione. Attraverso il laser doping, si possono raggiungere valori di Sheet Resistance fino a $15 \Omega/\square$ su silicio cristallino. Per queste ragioni, la tecnica di laser doping rappresenta il candidato ideale alla sostituzione dell'impiantazione ionica.

I transistor di polisilicio presentano però alcuni problemi legati alle alte tensioni di polarizzazione del "drain" che riducono le prestazioni del dispositivo, come l'aumento anomalo della corrente dovuto all'effetto "kink" (ionizzazione da impatto + effetto transistor bipolare parassita, PBT), il degrado delle caratteristiche elettriche legato alla presenza di *portatori caldi* (Hot carrier) e un aumento della corrente di spegnimento del transistor, *corrente di "leakage"*. Per ridurre l'effetto "kink" e il degrado del dispositivo sono state realizzate delle nuove architetture come la "Lightly Doped drain" (LDD) e la più interessante "Gate Overlapped Lightly Doped Drain" (GOLDD), che riescono a contenere l'incremento della corrente di "drain".

In questo lavoro di tesi sono stati sviluppati due nuovi processi di fabbricazione per TFT di polisilicio a canale n e p a bassa temperatura ($<500^\circ\text{C}$). Questi permettono di sostituire la tecnica di impiantazione ionica utilizzata nei processi convenzionali per la realizzazione dei contatti drogati di "source" e "drain", con una semplice deposizione di uno strato di silicio amorfo drogato n^+ o p^+ seguita da irraggiamento laser che attiva il drogante (tecnica di laser doping). Questa tecnica non solo semplifica il processo ma abbassa notevolmente i costi di fabbricazione. È stata inoltre realizzata una nuova architettura di TFT a canale n detta Asymmetric fingered thin film transistor (AFTFT) che, mediante l'inserimento di una zona drogata n^+ all'interno del canale, riesce ad abbattere completamente l'aumento anomalo della corrente dovuta all'effetto "kink", ad aumentare la stabilità elettrica e a ridurre contemporaneamente la corrente di spegnimento del transistor.

Nei primi due capitoli vengono analizzati gli aspetti teorici relativi ai metodi di ricristallizzazione e alla fisica dei dispositivi. In particolare, nel primo capitolo dopo aver descritto l'impiego dei TFT di polisilicio nelle AMLCD e AMOLED, si è dedicato un ampio spazio alle tecniche di realizzazione di film di polisilicio soffermandosi sulla tecnica di ricristallizzazione mediante laser ad eccimeri. Il secondo capitolo illustra il funzionamento dei TFT di polisilicio, ponendo l'attenzione ai fenomeni fisici che intervengono ad alte polarizzazioni di "drain" quali l'effetto kink, corrente di leakage e Hot carrier.

Gli ultimi tre capitoli riportano il lavoro originale della tesi, ossia la descrizione sia dei nuovi processi di fabbricazione che delle caratteristiche elettriche dei TFT a canale n e p realizzati. Nel

terzo capitolo viene descritto in modo accurato il processo di fabbricazione e l'analisi elettrica di TFT a canale n , con struttura convenzionale, illustrando la nuova tecnica di realizzazione dei contatti drogati "source" e "drain", mediante rimozione selettiva del drogante. Nel quarto capitolo viene illustrata la realizzazione e l'analisi dei dispositivi con architettura AFTFT, ponendo l'attenzione sui fenomeni indotti dalle alte polarizzazioni di "drain", in particolare sono stati analizzati in dettaglio il funzionamento e la stabilità elettrica degli AFTFT. Nell'ultimo capitolo viene riportato sia il processo di fabbricazione dei TFT a canale p , con struttura convenzionale, che una dettagliata analisi elettrica dei dispositivi, evidenziando le ottime caratteristiche di trasferimento e di uscita.