

Progetto di Ricerca

Titolo del Progetto di Ricerca:

“Studio dell’affidabilità di transistori GaN HEMT per applicazioni ad alte tensioni e dei materiali di incapsulamento”

L’attività di ricerca proposta è focalizzata sullo studio dell’affidabilità e delle prestazioni di transistori GaN-HEMT per applicazioni nell’ambito della conversione di potenza in sostituzione dei MOSFET di silicio. Un ruolo fondamentale è anche giocato dall’integrazione di moduli di potenza con moduli di elaborazione, estendendo le richieste relative alle prestazioni del modulo stesso anche a condizioni operative ad alte tensioni e correnti. I nuovi materiali proposti per l’ottimizzazione del dispositivo e per la protezione dei chip richiedono uno studio approfondito delle proprietà termiche ed elettriche degli stessi, oltre che meccaniche, in quanto strettamente correlate con le prestazioni e l’affidabilità del sistema.

Lo sviluppo recente di dispositivi GaN con un nuovo materiale isolante di barriera richiederà lo sviluppo di modelli fisici adeguati alla simulazione numerica. I notevoli vantaggi di prestazione in termini di prodotto $R_{DSon} \cdot Q_{gate}$ basso, dipendenza limitata dalla temperatura della tensione di soglia e della resistenza di canale, la capacità di operare a temperature di giunzione elevate (fino a 200°C), potranno portare a un significativo miglioramento nella conversione di energia, già documentato da alcuni risultati di letteratura. Dal punto di vista dell’incapsulamento del dispositivo di potenza, le nuove plastiche possono indurre effetti elettrostatici indesiderati e ridurre anche drasticamente l’affidabilità del dispositivo stesso. Alcuni studi relativi alla conducibilità ionica delle plastiche e al loro breakdown hanno mostrato che gli spostamenti di carica indotti dalle alte tensioni all’interfaccia tra la plastica e gli ossidi di protezione possono causare notevoli riduzioni della tensione di rottura. Questo problema può diventare ancora più rilevante in architetture con dispositivi di potenza innovativi.

Attualmente rimangono alcuni aspetti tecnologici importanti da migliorare in tali tecnologie per poter rendere i dispositivi basati su materiali a largo band-gap affidabili quanto quelli in Silicio. Ciò richiede una comprensione fisica dei fenomeni di intrappolamento di carica, di trasporto ad alti campi e dei fenomeni di comportamento dei diversi materiali che costituiscono lo stack verticale del dispositivo, punto di partenza per la realizzazione di dispositivi robusti sul fronte dell’affidabilità.

Per ottenere tale risultato verrà affrontata un’attività dettagliata di simulazione di dispositivo, con sviluppo di modelli fisici e caratterizzazione estesa dell’affidabilità. In particolare, verranno studiate le proprietà elettriche dei materiali che attualmente vengono proposti per tali nuove tecnologie. I modelli fisici delle proprietà più rilevanti, quali la ionizzazione da impatto, la conducibilità ionica, l’accumulo di carica intrappolata nelle interfacce dei diversi materiali, e le polarizzazioni piezoelettriche o ferroelettriche, saranno incorporate nel set-up di simulazione.

L’obiettivo principale di questa attività sarà quello di determinare e confrontare la stabilità delle prestazioni e l’affidabilità dei dispositivi GaN-HEMT al variare della geometria, della temperatura e dello stack di materiali.

Piano di Formazione

Titolo del Progetto di Ricerca:

“Studio dell’affidabilità di transistori GaN HEMT per applicazioni ad alte tensioni e dei materiali di incapsulamento”

Tutore: Prof. Susanna Reggiani

Obiettivi formativi:

Formazione di un ricercatore esperto nel settore della simulazione numerica e dell’analisi di dispositivi GaN-HEMT per applicazioni Smart Power. In aggiunta a ciò, l’assegnista maturerà una significativa esperienza nelle metodologie di sviluppo di modelli fisici e nella caratterizzazione dei dispositivi di potenza e dei materiali che costituiscono la struttura di protezione superficiale per il packaging.

Programma dell’attività di formazione:

L’attività formativa relativa agli obiettivi di cui sopra sarà sviluppata come segue:

1. Acquisizione di esperienza nella simulazione di dispositivi per applicazioni Smart Power ed analisi delle più promettenti architetture dello stato dell’arte.
2. Sviluppo dei set-up di simulazione più appropriati per l’analisi fisica e la caratterizzazione dei dispositivi studiati nel progetto.
3. Studio della letteratura riguardante i materiali più promettenti per i dispositivi di potenza ad alte tensioni.
4. Sviluppo di modelli per lo studio delle proprietà di trasporto in presenza di accumulo di cariche alle interfacce tra gli ossidi di protezione.
5. Identificazione delle carenze nei modelli fisici già esistenti negli strumenti TCAD a disposizione ed eventuale sviluppo di nuovi modelli.
6. Nel corso dell’attività l’assegnista terrà mensilmente seminari volti alla presentazione dei risultati intermedi ottenuti durante lo sviluppo della ricerca. È previsto infine un seminario conclusivo mirato alla presentazione dei risultati finali ed alla discussione dei possibili sviluppi dell’attività relativa al tema di ricerca affrontato.