



HK-MinCoDev

Miniaturizzazione di Dispositivi a Microonde in Guida d'Onda
Coplanare basati su Materiali ad alta Costante Dielettrica



STEP 1 Tecnologie Spaziali Innovative	Data Inizio 28/01/2025
TRL Target: 4	Durata 24 Mesi

SINTESI PROGETTO

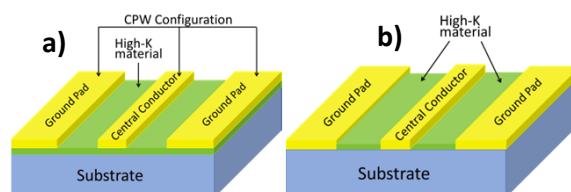
I materiali caratterizzati da un elevato valore della costante dielettrica, ovvero ad alto K, sono attualmente utilizzati nei processi di produzione di semiconduttori per sostituire il dielettrico di gate in biossido di silicio. L'implementazione di dielettrici di gate ad alto K consente un'ulteriore miniaturizzazione dei componenti microelettronici, come estensione della legge di Moore. Anche i componenti passivi ad alta frequenza, come le linee di trasmissione, i filtri e i risonatori, traggono vantaggio dall'uso di questi materiali in termini di miniaturizzazione. In questo progetto, intendiamo sviluppare dispositivi planari passivi a microonde in configurazione CPW (Co-Planar Waveguide) per applicazioni spaziali e avioniche, inclusi microsatelliti e sistemi aerei senza pilota (UAS). I dispositivi sono progettati, fabbricati e caratterizzati per ottenere il miglior compromesso tra prestazioni elettromagnetiche e caratteristiche SWaP-C (dimensioni, peso e consumo energetico). La tecnologia che proponiamo ci permette di trarre vantaggio dall'utilizzo di materiali ad alto K per ottenere la miniaturizzazione dei dispositivi a microonde mantenendo al contempo le prestazioni elettriche.

PRINCIPALI ATTIVITÀ

Le attività di progetto, coordinate dal DTA, sono svolte presso i siti IMM-CNR di Lecce e Roma, utilizzando le competenze e le capacità di modeling e di sviluppo di tecnologie del Team di Progetto per la progettazione, fabbricazione e caratterizzazione di materiali e dispositivi a microonde. Le attività principali riguardano: 1) Sviluppo di tecnologie che consentano la deposizione di materiali ad alto K; 2) Progettazione elettromagnetica e circuitale di strutture di prova e microdispositivi con materiali ad alto K; 3) Caratterizzazione elettrica nei domini DC e RF di materiali ad alto K; 4) Fabbricazione e caratterizzazione funzionale dei prototipi finali. L'attività di progettazione è focalizzata sull'identificazione di configurazioni di dispositivi che consentano il miglior compromesso tra prestazioni elettromagnetiche e dimensioni. Nel caso di strutture CPW, la deposizione di materiali ad alto K che ricopra l'intera area del dispositivo [Fig. a)] o le slot tra la linea di segnale e le masse laterali [Fig. b)], può sfruttare il confinamento del campo EM nel piano del substrato, beneficiando così di una maggiore capacità distribuita. Da simulazioni preliminari su linee CPW, abbiamo verificato che entrambe le soluzioni tecnologiche con la deposizione di materiale ad alto K [Figs. a) e b)] forniscono un aumento della lunghezza elettrica della linea stessa. In altre parole, è possibile ottenere un anticipo di fase del segnale che percorre la linea utilizzando una linea più corta.

Lo sviluppo di tecnologie abilitanti per la fabbricazione di microdispositivi in CPW con materiali ad alto K viene effettuato presso la camera pulita dell'IMM-CNR di Lecce. La tecnica di deposizione mediante sputtering reattivo a radiofrequenza viene utilizzata per depositare film di materiale ad alto K su diversi substrati ad alta resistività (Si, allumina,...). Inoltre, la deposizione del materiale ad alto K su regioni selezionate del substrato viene effettuata utilizzando tecniche di litografia ottica e lift-off. Le linee CPW in oro sono realizzate per deposizione elettrochimica. Sui film depositati vengono eseguite analisi morfologiche e strutturali mediante l'utilizzo di diverse tecniche microscopiche (AFM, SEM, FIB,...). Per la caratterizzazione elettrica DC (in corrente stazionaria) e RF (in radio-frequenza) dei materiali ad alto K, sono realizzate una serie di strutture di test, come condensatori MIM di diversa area e CPW di lunghezza variabile. Le curve corrente- e capacità-tensione sono utilizzate per valutare in condizioni stazionarie le proprietà dielettriche dei film depositati, come la costante dielettrica, la corrente di dispersione e il campo di rottura elettrica. Inoltre, i transienti di corrente e capacità consentono di ottenere maggiori informazioni sui meccanismi di trasporto e di caricamento, rispettivamente. I risonatori RF in configurazione CPW sono utilizzati per determinare la risposta in frequenza della

costante dielettrica, necessaria per progettare correttamente i dispositivi finali tenendo conto delle proprietà del materiale. Negli ultimi mesi del progetto, i prototipi finali di CPW miniaturizzati con materiali ad alto K vengono fabbricati e caratterizzati nel dominio RF. Gli scenari applicativi dei microdispositivi miniaturizzati fabbricati nel campo degli UAS (Unmanned Aircraft System) saranno valutati da DTA per superare le attuali limitazioni delle tecnologie e dei componenti convenzionali degli UAS.



AMBITI APPLICATIVI

Il nostro benchmark di riferimento è costituito dai requisiti suggeriti dalle aziende aerospaziali, in termini di prestazioni elettromagnetiche e dimensioni dei componenti. La necessità di miniaturizzare i dispositivi a microonde è già stata identificata in alcune importanti applicazioni e missioni spaziali, come le missioni Sentinel e la telemetria. L'attività del progetto è principalmente focalizzata su applicazioni in banda C o inferiori (bande L e S) in base a specifici input tecnologici ed esigenze espresse dalle industrie del settore spaziale (Thales Alenia Space Italia, TAS-I), ovvero configurazioni di filtri planari (passa-basso e passa-banda), combinatori/divisori e condensatori, anche interdigitati per ottenere un maggiore accoppiamento tra le linee. La deposizione selettiva di materiali ad alto K consente l'integrazione di condensatori sia per produrre componenti più piccoli sia per progettare filtri a costanti concentrate.

TEAM

Il consorzio del progetto HK-MinCoDev è composto da:

- **Distretto Tecnologico Aerospaziale, DTA (prime):**
<https://www.dtascarl.org/en/homepage/>
- **Istituto per la Microelettronica e Microsistemi, IMM-CNR (sub-co):**
<https://www.imm.cnr.it/>