

ANALISI E PROGETTO DI STRUTTURE ELECTROMAGNETIC BAND GAP (EBG) PER SISTEMI DIGITALI AD ELEVATO BIT-RATE

Francesco de Paulis, Leo Raimondo, Antonio Orlandi

UAq EMC Laboratory, Dip. di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione,
Università degli Studi dell'Aquila
Via Campo di Pile, 67100, L'Aquila (AQ)

Il continuo aumento delle frequenze di lavoro e la richiesta di ridurre i livelli di tensione di alimentazione rende i sistemi digitali ad elevato bit-rate estremamente sensibili alla propagazione del rumore tra i piani di alimentazione. Un nuovo metodo per il miglioramento del disaccoppiamento dei piani di alimentazione è rappresentato dalle strutture *Electromagnetic Band Gap* (EBG), per le quali si possono individuare due categorie:

- EBG 3D: caratterizzati da una struttura a fungo costituita da una via con sopra un patch che si ripete nello spazio. Tale struttura periodica viene posta tra due piani di alimentazione con lo scopo di ridurre la propagazione del rumore. L'inconveniente delle strutture EBG 3D è che necessitano, in fase di realizzazione, dell'aggiunta di almeno un layer nello stack-up della board in cui devono essere utilizzati.
- EBG 2D o EBG planari: vengono realizzati sagomando uno dei due piani di alimentazione con un pattern periodico costituito da patch tipicamente quadrati o rettangolari collegati tra loro con piccoli bridge, anch'essi tipicamente quadrati o rettangolari. Quindi gli EBG planari non necessitano di un layer aggiuntivo in fase di realizzazione. La "patternizzazione" di un piano continuo ha lo scopo di realizzare una superficie ad alta impedenza e, in base alla forma e alla dimensione della unit cell, si ottengono degli intervalli di frequenza in cui non si può propagare il campo elettromagnetico.

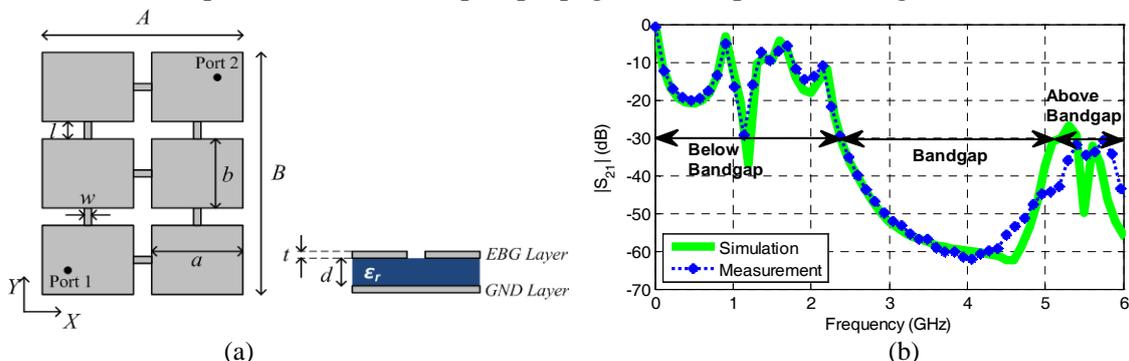


Figura 1: (a) Visuale dall'alto e in sezione di una struttura EBG planare (2D). (b) Confronto degli spettri di ampiezza dell' S_{21} , ottenuto con una simulazione elettromagnetica 3D e misurato.

In figura 1a è illustrata una struttura EBG planare formata da due layer separati da uno strato di materiale dielettrico. Uno dei due layer è opportunamente patternizzato secondo una configurazione di 3x2 patch rettangolari. Ciascun patch è collegato a quello adiacente mediante un bridge, anch'esso di forma rettangolare. La figura 1b mostra, invece, l' S_{21} calcolato mediante una simulazione elettromagnetica 3D (curva verde) e l' S_{21} misurato (curva blu) della struttura in figura 1a con: $a = b = 13.7$ mm; $l = 1.3$ mm; $w = d = 0.4$ mm; $t = 17$ μ m e $\epsilon_r = 4.4$. Si osserva che nello spettro dell' S_{21} è possibile individuare tre regioni distinte: la regione prima del bandgap (**Below Bandgap**), l'andamento dell' S_{21} in questo range di frequenze è caratterizzato dalla presenza dei picchi di risonanza dovuti all'intera cavità

formata dal piano EBG e dal piano continuo sottostante; la regione del bandgap (**Bandgap**), in questo range di frequenze la propagazione del campo elettromagnetico è inibita dalla presenza della struttura EBG; la regione dopo il bandgap (**Above Bandgap**), in questo range di frequenze l'andamento dell' S_{21} è caratterizzato dalla presenza delle risonanze della cavità formata dal singolo patch e dalla sua proiezione sul piano continuo sottostante. In generale, però, la coppia di piani di alimentazione si trovano immersi in uno stack-up più complesso, cioè formato da più di due strati e quindi, in questo caso, bisogna tener conto delle risonanze prodotte dai piani continui presenti sopra e sotto il piano EBG. Per rimuovere queste risonanze indesiderate è necessario mettere in corto circuito i due piani continui sopra e sotto il piano EBG con delle *stitching vias*. A parità di EBG planare, aumentare il numero delle via vuol dire aumentare la frequenza in cui le risonanze della coppia di piani continui entrano in gioco. In figura 2 è illustrato l' S_{21} calcolato (curva rossa) e misurato (curva verde) di una struttura EBG embedded con 41 via.

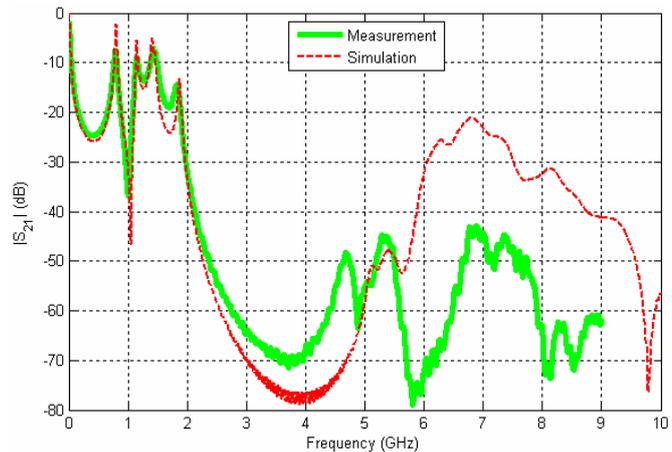


Figura 2: Confronto tra simulazione e misura dell' S_{21} di una struttura EBG embedded.

Referenze

- [1] F. De Paulis, A. Orlandi, "Signal Integrity Analysis of Single-Ended and Differential Striplines in Presence of EBG Planar Structures" *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 19, no. 9, pp. 554-557, September
- [2] F. de Paulis, L. Raimondo, A. Orlandi, "Impact of Shorting Vias Placement on Embedded Planar Electromagnetic Band-Gap Structures Within Multilayer Printed Circuit Boards", accepted for publication at *IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques*, 2010.
- [3] F. de Paulis, L. Raimondo, A. Orlandi, "IR-DROP Analysis and Thermal Assessment of Planar Electromagnetic Band-gap Structures for Power Integrity Applications", accepted for publication at *IEEE Trans. on Advanced Packaging*, 2010.
- [4] F. de Paulis, L. Raimondo, A. Orlandi, "Signal Integrity Analysis for Embedded Planar EBG Structures", accepted for publication at *Proc. of 2010 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility*, Beijing, China, April 12-16, 2010.
- [5] F. de Paulis, L. Raimondo, A. Orlandi, L. Ren, J. Fan "Equivalent Circuit Models for Evaluation of Band-gap Limits for Planar Electromagnetic Band-gap Structures", accepted for publication at *IEEE International Symposium on EMC*, Ft. Lauderdale, FL, USA, June 25-30, 2010.
- [6] F. de Paulis, L. Raimondo, D. Di Febo, B. Archambeault, S. Connor, A. Orlandi, "Experimental Validation of Common-Mode Filtering Performances of Planar Electromagnetic Band-gap Structures", accepted for publication at *IEEE International Symposium on EMC*, Ft. Lauderdale, FL, USA, June 25-30, 2010.
- [7] F. de Paulis, L. Raimondo, S. Connor, B. Archambeault, A. Orlandi, "Design of a Common Mode Filter by using Planar Electromagnetic Band-gap Structures", accepted for publication at *IEEE Trans. on Advanced Packaging*, 2010.