

TEM waves in axion electrodynamics and θ signatures of the topological magnetoelectric effect

Sebastián Filipini^{1*}, and Mauro Cambiaso^{1†}

¹Universidad Andrés Bello, Departamento de Ciencias Físicas, Av Sazié 2212, Santiago, Chile.
*s.filipiniparra@uandresbello.edu , † mcambiaso@unab.cl

Resumen

El estudio de la propagación de ondas electromagnéticas (EM) en medios confinados es un tema de importancia considerable, debido a que es el único procedimiento práctico para transmitir radiación EM desde un punto en el espacio a otro. Los campos EM pueden guiarse porque se ajustan para satisfacer las condiciones de borde (BC) requeridas en las superficies de una guía. Por lo tanto, es de gran interés, tanto teórico, experimental y práctico el estudio de ondas EM en medios confinados formados por materiales que presentan fases de estados topológicas, tales como aislantes topológicos[1] (TI).

La respuesta EM de un TI sujeto a una perturbación que rompe la simetría de inversión temporal (TRSB), es tal que las ecuaciones de campo sufren pequeñas pero relevantes modificaciones. Entre las más destacadas se encuentra el efecto magneto-eléctrico topológico (TMEE) inducido por un cambio de las BC. Este efecto corresponde a una interrelación entre el campo \mathbf{E} y \mathbf{B} en la superficie, aún en el caso estático [2]. La interacción EM con un TI se describe añadiendo un término topológico $\mathcal{L}_\theta = -\frac{\alpha}{4\pi^2}\theta(x)\mathbf{E} \cdot \mathbf{B}$ [3] junto con el término de Maxwell.

Se ha logrado transmitir un modo transversal electromagnético (TEM) en un material formado por múltiples capas de cilindros TI coaxiales. Este modo es inducido por una onda EM externa que tiene la característica de no presentar frecuencias de corte, es decir que este modo está presente independientemente de la frecuencia de operación, a diferencia de los modos TE y TM. Además, se observa una rotación en la polarización a medida que fluye a través de las discontinuidades cilíndricas. La rotación es altamente dependiente de la dirección del campo magnético externo, pudiendo controlar tal rotación. Tal rotación se puede acumular considerando una geometría de multicapas orientadas de forma que el TRSB en cada interfaz tenga en el mismo sentido.

Además de la rotación de la polarización, la energía EM se polariza, es decir que en ciertos sectores del espacio la energía disminuye y en otros se focaliza pudiendo servir como “lupa” de radiación EM, debido a que la energía se distribuye con mayor intensidad en la superficie externa de los cilindros multicapa y anulando su magnitud en los cilindros interiores. La distribución espacial de la energía EM depende de tal rotación pudiendo formar vórtices de energía EM.

Agradecimientos: S.F. agradece el apoyo de DGID-UNAB. M.C. agradece el apoyo de la DGI-UNAB Proyecto DI-16-20/REG.

Referencias

- [1] M. Z. Hasan, C. L. Kane, Rev. Mod. Phys., 84, 4, 3045 (2010)
- [2] A. Martín-Ruiz, M. Cambiaso and L. F. Urrutia, PRD 92, 125015 (2015); PRD 93, 045022 (2016); EPL 113, 60005 (2016); PRD 94, 085019 (2016); PRB 99, 155142 (2019).
- [3] X.-L. Qi, T. L. Hughes, and S.-C. Zhang, Phys. Rev. B, 78, 19, 195424 (2008)