

ランダムゼロ屈折率媒体による入射側での再集光

Re-light Condensing in Incidence Plane Using Random Zero Refractive Index Medium

岩手大院理工 ○(M1) 田淵 智也, 大坊 真洋

Iwate University, Graduate School, ○Tomoya Tabuchi, Masahiro Daibo

E-mail: daibo@iwate-u.ac.jp

1 はじめに

左手系の媒質は、位相速度がポインティングベクトルと反対方向になるため、従来の技術では不可能であった光技術や通信への応用が期待されている。我々は左手系と右手系の媒質をランダムに配置することによって、平均屈折率がゼロになる媒体を提案し、その媒体に電磁波を入射した時に、出射波は媒質の出射面と平行に出力されることをシミュレーションにより示してきた。この媒体では、出射面を凹レンズ状にすると、入射光の波面や入射面の形状によらず焦点に集光することができる [1]。

本研究では、平均屈折率がゼロになるランダム媒体の入射面側に凹レンズを配置し、媒体中を光が透過後、裏面側で反射させて媒体に再入射する構造を提案する。裏面から再入射された光が、凹レンズによって最初の入射面側に集光する様子を FDTD よりシミュレーションした。

2 シミュレーションモデル

シミュレーションモデルを図 1 に示す。解析領域の大きさは 1201×1001 cell である。シミュレーションには、FDTD (Finite-Difference-Time-Domain method) 法を使用した [2]。タイムステップは 5×10^{-18} sec の刻みで、18,000 回とした。解析領域の周りには PML (Perfectly Matched Layer) [3] で取り囲んでおり、解析領域端部による反射が生じないようにしている。Cell の大きさは 5 nm であり、波長 600 nm よりも十分に小さい。

左手系媒質 (LHM) と右手系媒質 (RHM) の各セルを空間密度 50% ずつの割合でランダムに配置してランダムゼロ屈折率媒体とした。ランダム媒体の大きさは、 600×1001 cell であり、黒色と水色の cell が、それぞれ LHM と RHM を示している。ランダム媒体の入射面は $R = 360$ cell の半円で取り去られており、凹レンズとなっている。解析領域の最下部には濃青色で示す完全導体 (10×1001 cell) が配置されている。光源は $y=20$ cell に置いた線光源であり、線光源の時間変化は、図 2 のようなガウシアンパルスである。

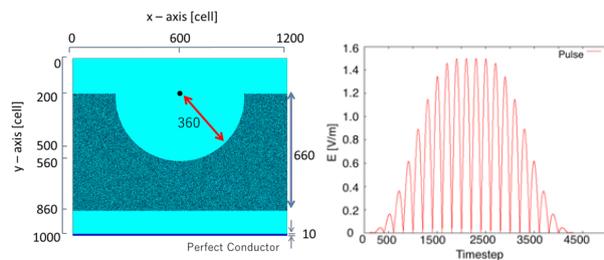


Fig 1: Simulation Model

Fig 2: Gaussian pulsed light source

3 シミュレーション結果

シミュレーション結果を図 3(a), (b) に示す。図 3(a) は、パルスの発生が止まり ($t = 4400$) しばらく経った時 ($t = 15000$) の絶対値電界強度の対数のスナップショットである。最初に線光源からの平面波は媒体に入射するが、媒体中では位相がランダム化されるので、入射面に凹レンズの構造があっても出射波面に影響を与えない。出射波面は出射面に平行になるので、この構造では平面波になる。完全導体で反射され媒体に再入射されるが、媒体中で位相が再度ランダム化されるので、出射波面は凹レンズの曲面に平行な収束球面波になる。焦点 ($x = 200, y = 600$) 付近に集光されている。反射光が戻ってくる前から、媒体中で散乱された光は集光する。図 3(b) は $x = 600$ cell 上 (Fig. 3(a) 中の白線) における電界強度の絶対値を示している。

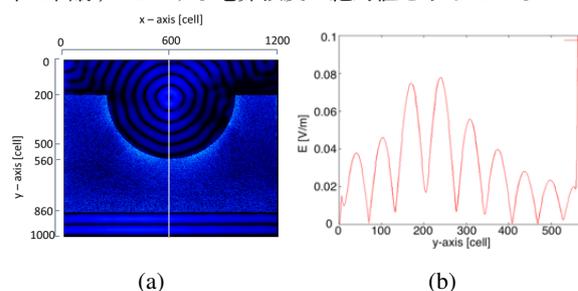


Fig 3: (a) Snapshot of electric field distribution, (b) electric field along $x = 600$

4 まとめ

入射側に凹レンズがあるランダムゼロ屈折率媒体を FDTD 法でシミュレーションした。裏面で反射させることによって入射側に再集光させることが可能であることがわかった。再放射波面が、入射面の形状や入射波面から影響を受けないことから、入射面の形状設計が自由になる。出射波面を任意に設計できることから、例えば反射型の立体ディスプレイへの応用が考えられる。また、アライメントが不要な光学系やアンテナ、太陽電池への集光など様々な応用が期待できる。

参考文献

- [1] 大坊 真洋, “正と負の屈折率粒子をランダムに配置したゼロ屈折率媒体”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J100-C, No. 7, pp. 277-285, 2017
- [2] 宇野 亨, “FDTD 法による電磁界およびアンテナ解析”, コロナ社, 1998
- [3] J.-P. Berenger, “A perfectly matched layer for the absorption of electromagnetic waves: J. Comput. Phys.,” Phys. 0114 1994