液体レンズを用いた光ビーム制御を用いる光無線給電システム

Beam control using liquid lens for optical wireless power transmission

東工大未来研　°(M1)外山 裕太，宮本 智之

FIRST, Tokyo Tech, °Yuta Toyama and Tomoyuki Miyamoto

E-mail: toyama.y.ac@m.titech.ac.jp

1. はじめに

光無線給電は電力･距離に高いスケーラビリティを有しており，小型 IoT 機器から大型産業機器，移動体などにも展開が期待できる．これらの応用に適したシステムの構築が必要だが，現状では光無線給電システムに関する研究開発事例は少なく，要素技術の適用性も十分に議論されていない．本研究は光無線給電の多くのシステムに有効な可変焦点光学系を検討している．特に，必要な光ビームサイズをカバーしながら，小型化が重要な一方で，高精細の結像は要求されないことから，電気的に任意に焦点を可変可能な，液体レンズの光無線給電システムへの応用性を検討している．

今回，光源と太陽電池の距離を変化させ，液体レンズの焦点距離に対する給電特性を実験的に評価したので報告する．

2. 液体レンズ

実験で使用した液体レンズは Optotune 社の EL-16-40TC-VIS-20D である．この液体レンズは薄い弾性ポリマー膜で覆われた光学流体である．レンズ外周部の電磁アクチュエータによりポリマー膜を押すと，光学流体がレンズ中央部に集まり，ポリマー膜が凸レンズ形状に変化する．レンズの公式(1)のディオプトリ D は-10 から+10 まで可変である．このレンズは平凹レンズか平凸レンズとして利用できる．なお，今回使用したデバイスのアパーチャーは 16mm である．

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}\equiv D \quad (1)$$

3. 光無線給電実験

光無線給電実験の光源として Princeton Optronics 社の波長 975nm，5mm 角の VCSEL アレーを用いた．最大仕様出力は 45W で，今回は 6.3W 出力(2.09V，21.23A)において評価した．太陽電池は 10cm 角の Si 太陽電池である．

実験は，光源と液体レンズの距離 a=11cm に固定し，液体レンズと太陽電池の距離 b を変化させた（Fig.1）．液体レンズの焦点距離を変化させ，各 b で太陽電池から取り出せる最大電力を評価した．結果を Fig.2 の丸で示す．b を 0.6m~3.5m で変化しても取り出し電力 250-450mW の比較的変化の少ない特性が得られた．

液体レンズの焦点距離 f を 11cm に固定した場合の結果を四角で示す．b が短距離において出力が低下しており，液体レンズの焦点を変える優位性が確認できた．

用いた Si 太陽電池は，実験波長の単色光で変換効率 30%程度が得られるが，VCSEL 出力に対して取出し電力は大きく減少している．これは，VCSEL のビーム広がり角 16°（2θ)に対して，液体レンズの設置距離 a，レンズアパーチャ 16mm の条件では多くのケラレが発生するためである．ガウジアンビームを仮定し損失を計算すると，実験結果に近い 400mW 程度が得られるため，今後コリメートレンズを用いるなどにより，損失低減が可能である．

4. まとめ

液体レンズを用いた場合の光無線給電特性を実験的に評価した．太陽電池距離が変化した場合でも，比較的に給電特性を安定化可能できることを確認した．

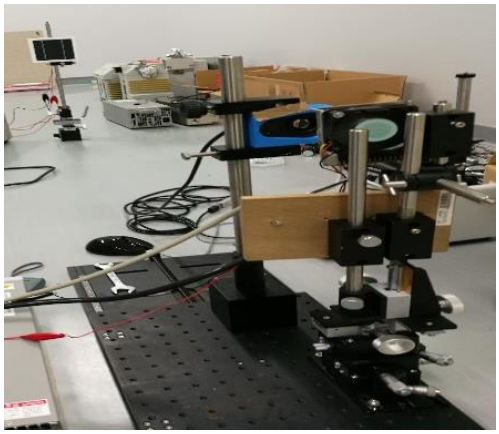

Fig.1 Configuration of optical wireless power transmission using liquid lens.

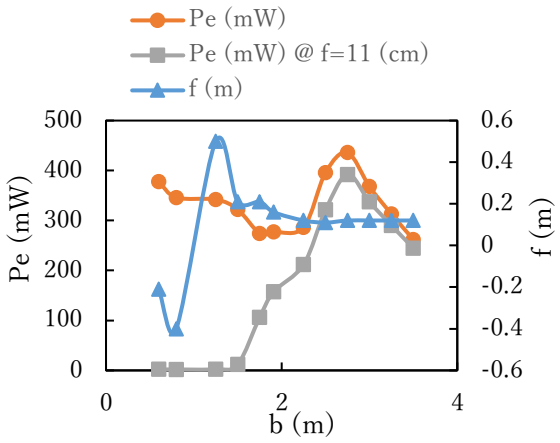

Fig.2 Maximum solar cell output characteristics versus solar cell distance under controlled/fixed focus length of liquid lens. Triangle shows set focus length.