

負の屈折率媒質を用いた Cherenkov 自由電子レーザー

Cherenkov free-electron laser with negative-index materials

レーザー総研¹, 阪大レーザー研², 兵庫県立大高度研³

○李 大治¹, 高野恵介², 中嶋 誠², 宮本修治³

ILT¹, ILE², LASTI³, °Dazhi Li¹, Keisuke Takano², Makoto Nakajima², Shuji Miyamoto³

E-mail: lidazhi@ilt.or.jp

従来のチェレンコフ型電磁波放射を利用した発振器では、電子ビームと誘電体表面を伝搬する進行波との相互作用を維持するために、外部の反射機構によるフィードバックが不可欠である。一方、周期的な溝を持つ金属構造体を用いた後進波管型の発振器では、構造体表面を伝搬する後進波を利用するため外部の反射機構が不要となるが、後進波は電子ビームと相互作用した進行波と同時に構造体の表面（構造体外部）を伝搬するためフィードバックが弱く、これが装置の効率を低下させる要因となっている。我々は負の屈折率を持つ媒質表面に存在し、低エネルギーの電子ビームと相互作用できるような電磁波モードを発見した。この電磁波モードは負の屈折率物質に対してのみ現れるモードで、正の屈折率物質に対しては存在しないものである。この電磁波モードの特徴は、従来の誘電体や周期的な溝の構造体などの表面に存在する電磁波モードと異なり、媒質の表面を進行波のように伝播する一方、媒質内部では後進波のように伝播する[1]。これを活用すれば、外部の反射機構が不要で、効率の高いチェレンコフ型電磁波放射発振器を実現することが可能となる。図1に示したように、媒質の表面を放射装置の末端に向けて伝搬する進行波は、電子ビームとの相互作用により増幅され、獲得したエネルギーは構造体内部の後進波を通じて先端（相互作用の開始点）に運ばれるため、外部の反射機構なしに自然なフィードバックを達成できる。理論解析とシミュレーションにより、相互作用の基礎原理を解明し、この発想を検証した[2]。計算の一例として、図2に増幅率の電流依存性を示した。

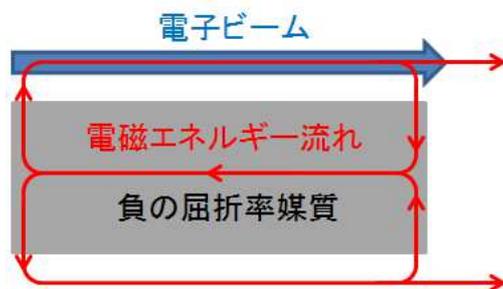


Fig.1 Schematic of the feedback.

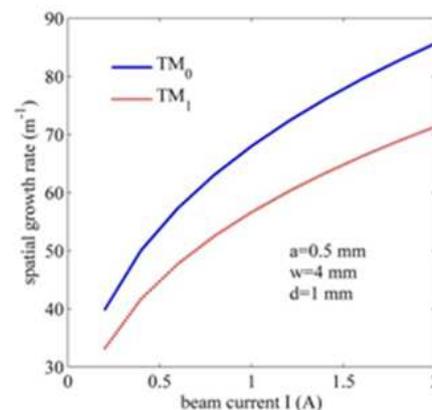


Fig.2 The spatial growth rate vs. the beam current.

TM₀ and TM₁ denote two modes, respectively.

[1] D. Li, Y. Wang, M. Hangyo, Y. Wei, Z. Yang, S. Miyamoto, *Appl. Phys. Lett.* **104**, 194102 (2014)

[2] Y. Wang, Y. Wei, D. Li, K. Takano, et al., *PHYSICS OF PLASMAS* **22**, 083111 (2015)