

X線用準結晶集光素子の設計

Design of quasicrystal structure for X-ray focusing



○(M1) 深水 嵩明¹、李 維率¹、星野 鉄哉¹、杉坂 純一郎²、渡辺 紀生¹、青木 貞雄¹、
伊藤 雅英¹ (1. 筑波大数物、2. 北見工大)

○(M1) Takaaki Fukamizu¹, Weishuai Li¹, Tetsuya Hoshino¹, Jun-ichiro Sugisaka², Norio Watanabe¹,
Sadao Aoki¹, Masahide Itoh¹ (1. Univ. of Tsukuba, 2. Kitami Inst. Tech.)

E-mail: s1520363@u.tsukuba.ac.jp

X線の集光素子として、フレネルゾーンプレートが簡便な手段として使われてきた。このフレネルゾーンプレートは焦点距離の設計が容易であり、さらに焦点面での輝点の一つである。これに対して、回折限界を超える集光径を実現できるとして、準結晶集光素子が近年注目を集めている¹⁾。ここではX線に適用可能な集光素子の設計を目的として、フレネル・キルヒホッフの回折積分²⁾によるシミュレーションを行った。

●計算対象

準結晶集光素子のパターンは5回回転点対称のペンローズタイルを用いた。微小円形開口の位置は図1の格子点である。準結晶集光素子を設計する際は、微小開口の数、微小開口の直径、格子間隔が変数となる。今回、これらの変数のいずれかを変えたときの電場強度分布を比較検討した。

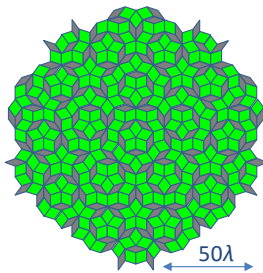


図1 準結晶集光素子 (ペンローズタイル)

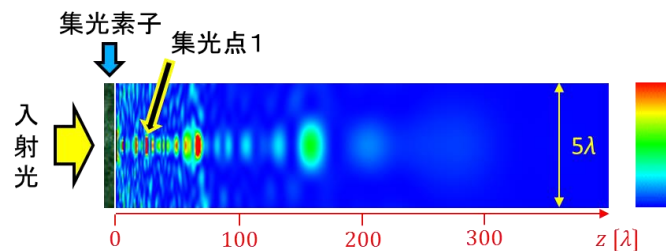


図2 準結晶の集光による電場強度分布

●結果と考察

波長 λ として、微小開口の数を301個、直径を λ 、格子間隔を 10λ で設計した準結晶集光素子による電場強度分布を図2に示す。伝搬距離 z は $0 \sim 400\lambda$ の範囲とした。ここで、微小開口の数を301個から746個に増やすと、 $z = 370\lambda$ 付近に新たな集光点が生じた。微小開口の直径を 2λ に倍増すると、集光点の位置は変わらずに、集光点のサイズが2倍程度大きくなった。格子間隔を 20λ に倍増すると、 $z = 23.5\lambda$ の集光点1が $z = 143\lambda$ に移動した。さらに、微小開口の数を63801個、格子間隔を 50λ とすることで、 $z = 5000\lambda$ 付近に集光点が生じることを確認している。準結晶パターンによる集光の原理はTalbot効果で説明されているが¹⁾、フレネルゾーンプレートと同じ原理²⁾による集光効果も考えられる。いずれの効果でも、焦点距離は微小開口の間隔の二乗に比例し、本計算結果もこの二乗則に従った。

●まとめ

準結晶集光素子の微小開口の数を増やすと遠方において新たな集光点が生じ、また、格子間隔を大きくすると各集光点が遠方に移動することを確認し、その結果 $z = 5000\lambda$ まで集光点を生成できる見通しを得た。

【文献】

- 1) F. M. Huang, *et al.*, : Nano letters **8.8**, 2469-2472 (2008)
- 2) M. Born & E. Wolf, : *Principles of Optics, seventh expanded edition* 412-476 (1999)

本研究は JSPS 科研費 15K13397 の助成を受けたものです。