

W12b 電磁波解析による遠赤外線検出器用キャビティの最適化

阿部博史、芝井広(名大理)、土井靖生(東大総文)

ASTRO-Fをはじめとする赤外線天文衛星に用いられる遠赤外線検出器には、圧縮型 Ge:Ga 素子 ($0.5 \times 0.5 \text{ mm}$ 、 $n \simeq 4.0$) が使用されている。素子には数 10 [mV/mm] の電場がかけられ、効率良く光電流を読み出しているが、それでも素子吸収率 ($\alpha \simeq 2.5 \text{ [cm}^{-1}\text{]}$) が低いため、金メッキされたキャビティ空間に収められている。入射した電磁波を、ライトパイプによってキャビティへ導入し、キャビティ内壁で反射させながら複数回素子へ入射させ、量子効率の向上を図るためである。

キャビティ・ライトパイプを使用した検出器は、気球・衛星観測共に利用されてきた。しかし、これまで形状の最適化を行なった報告はわずかで、ライトパイプの幾何光学的性質のみが、光線追尾解析によって議論されてきた。しかし、電磁波を導入する空間は、遠赤外線の波長 $100\text{-}200 \text{ }\mu\text{ m}$ の数倍程度であるため、光線追尾解析では扱えない「波」としての性質が強く現れ、ライトパイプの開口部では回折、キャビティ内では共振、素子表面では反射 (36%)、素子内部では多光束干渉が起これると考えられる。これらによる影響で量子効率の波長特性は数 10% 変化する。最適化とは、電磁波を効果的に閉じ込め、波長特性感度のむらを少なくし、偏波に依らない形状を模索することである。結果、電磁波解析はアレイ型検出器に対し、小型化へのサイズ制限を示唆する。

解析に使用したソフトウェアは「JMAG Studio(日本総合研究所)」であり、三次元解析空間に対し有限要素法で要素数 50 万点・誤差 0.5% 程度の計算を実現している。形状の評価は、初期条件と素子吸収率より求めた量子効率、波長特性、入射角特性によって行なう。さらに SIRTF, SOFIA, Herschel, ASTRO-F の遠赤外線検出器に採用されているキャビティ形状の比較と、検出器感度のキャビティ形状依存を議論し、次期検出器モデルを提案する。