

ミリ波領域におけるダークフォトン探索用の受信機に用いる230-254GHz帯周波数フィルタの開発

○横須賀 陽名¹ 小川 英夫¹ 大西 利和¹ 安達 俊介² 高原 明大² 田島 治³ 埴村 圭吾³ 中島 拓⁴ 長谷川 豊⁵ (1.大阪公立大学 2.岡山大学 3.京都大学 4.公立諏訪東京理科大学 5.NICT-情報通信研究機構)

DOSUE-RR(Dark-photon dark-matter Observing System for Un-Explored Radio-Range)では、ダークマターの候補物質の一つであるダークフォトン、ミリ波受信機を用いて探索することを検討している。ダークマターは、基本的に標準理論で説明されている粒子とは重力相互作用以外の相互作用を行わないという性質があるが、候補物質の中でも比較的軽量であるダークフォトン、電磁場とわずかに電磁相互作用する。このような性質から、ダークフォトン、金属の表面で転換光と呼ばれる、金属面に対して垂直に放出される極めて弱い光として検出され、その周波数はダークフォトン粒子の質量に比例し、パワーはダークフォトンと電磁場との結合定数の強さ χ の二乗に比例して検出される。DOSUE-RRでは今まで ~ 0.1 meVを探索対象として、10-26.5 GHz帯にわたって観測を行ってきた。

近年、我々は、エネルギーの高い領域の探索を目指している。これを受け、170-260 GHz帯をカバーする受信機を開発を進めている。さらにスペクトル幅は $\sim$ 数10 kHzと予想されており、この周波数帯でダークフォトンの存在を実証するためには、低雑音かつ長時間安定に動作するミリ波受信機が求められる。このような要求から、低雑音受信機としてSISミキサを用いることが必須である。さらに、これらのミキサを用いた受信機では、導波管型の周波数フィルタを通してUSB、LSBを高い分離度(IRR)で分離することが求められている。これらの分離方式には、(1)ALMA等で用いられているLO周波数が可変で広帯域観測が可能な方式(Nakajima et al. 2007 等)と、(2)周波数帯は狭いがIRRが高く、安定度の高い周波数分離方式(Hasegawa et al. 2017)がある。本研究では非常に弱い信号を可能な限り安定的に分離させる必要があるため、(2)の方式を選択した。この方式に用いる周波数フィルタは、先行研究よりも広帯域な230-254 GHz帯(IF周波数4-12 GHz)でIRR: -25 dB以下となる目標を達成させた。将来的には170-260 GHz帯を同様の型の周波数フィルタ6台を用いてカバーする予定である。現在、受信機本体の組み立てを進めており、それと並行してその他5台のフィルタの開発も進めている。本講演ではフィルタ開発や受信機性能に関する現在の進捗状況とその考察について報告する。