

V303a 超小型 X 線衛星 NinjaSat に搭載するガス検出器用の電子回路基板の開発

大田尚享 (東理大/理研), 玉川徹, 榎戸輝揚, 北口貴雄, 加藤陽, 三原建弘 (理研), 岩切渉 (中央大), 沼澤正樹 (都立大), 内山慶祐, 武田朋志, 吉田勇登, 林昇輝 (東理大/理研), 佐藤宏樹 (芝浦工大/理研), Chin-Ping Hu (彰化師範大/理研), 高橋弘充 (広島大), 小高裕和, 丹波翼 (東大), 谷口絢太郎 (早大)

NinjaSat は、X 線天文観測用の 6U サイズ CubeSat であり、2023 年 4 月の打ち上げを予定している。1U サイズの非撮像型ガス検出器を 2 台搭載し、ガスチェンバーで X 線エネルギーに比例して生成した電荷を、同心円状に並ぶ 2 枚の電極で読み出す。アナログ信号処理基板 (Front-end card; FEC) で電荷を電圧信号に変換後、データ取得基板 (Data Acquisition board; DAQ) で AD 変換やデジタル処理を行う。検出器の観測帯域は 2–50 keV であり、衛星運用上の熱バランスを考慮して、回路系は 1 台あたり 2.15 W 以下の最大消費電力を要求される。

FEC は感度 1 V/pC 、立ち下がり時間 $2.8 \mu\text{s}$ のプリアンプを搭載し、その後段で高電圧起源のリプルを切り SN 比を向上させるため、カットオフ周波数 160 kHz のハイパスフィルタを設置していた (大田ほか、2021 年秋季年会)。この回路では波高の約 20% の深さのアンダーシュートが確認されていたが、クロストーク時の偽信号やパイルアップ時の波高低下を引き起こすため、ポールゼロ補償回路を実験により別途設計し、実装した。

EM 電子回路基板の熱真空試験として、軌道上での想定温度範囲 ($-20 - +40^\circ\text{C}$) での起動や性能評価試験を行った。その結果、信号のベースラインが、DAQ に搭載された CPU の温度に相関して約 0.3 mV/K (12 eV/K 相当) 変動することが確認された。この原因を探るため、DAQ 単体で詳細な温度試験を行った。その結果、AD 変換器の消費電流が温度変化することで、そこへの電源供給ラインに挿入したインダクタ (ノイズフィルタ用) が電圧降下を引き起こしていたことが判明したため、FM に向けて DC 抵抗値の低いインダクタを採用した。