

V25a 超伝導共振器を用いたサブミリ波カメラ用シリコンレンズアレイの開発

新田冬夢(筑波大学)、成瀬雅人(東京大学)、関本裕太郎、松尾宏、野口卓、鶴澤佳徳、岡田則夫、三ツ井健司(国立天文台)、瀬田益道、中井直正(筑波大学)

国立天文台先端技術センターでは超伝導共振器を用いた多画素サブミリ波カメラの開発を行っている。このカメラでは集積度に優れたレンズアレイと平面アンテナを用いた光学系を採用しており、レンズ材料にはサブミリ波帯で $\tan\delta=10^{-4}$ 程度である高純度多結晶 Si を使用する。レンズへの反射防止法は誘電体膜のコーティングが一般的だが、本研究のカメラでは素子と共に 100 mK まで冷却するため、熱膨張率の違いで膜が剥がれるなどの問題がある。そこで、レンズ表面にサブ波長スケールの構造を加工する反射防止法の設計を報告した(2010年秋季年会 V64b)。本講演では Si レンズアレイの開発と反射防止構造の開発について報告する。

先端技術センター ME ショップで試作した Si レンズアレイはレンズ半径 2.045 mm の 9 素子アレイであり、加工には高速スピンドルを用いた。結果、形状誤差 20 μm 、表面粗さ 0.45 μm (Ra) を達成した。次は 100 素子試作を予定している。次に、サブミリ波帯で用いる反射防止構造の大きさは回折の影響を考慮すると 100 μm 以下が望ましいため、平面への加工はエッチングなどの技術を用いる。しかし、球面への加工は非常に困難である。そこで、本研究ではスピンドルやレーザーによる加工を検討している。これらを使用して形成可能な 100 μm 程度の微細孔構造や溝構造の特性を数値計算と電磁界解析から求めた。実際の加工例と共にレンズ表面への反射防止構造の実現可能性を議論する。また、平面アンテナを結合した Al 膜超伝導共振器(成瀬他本年会)と Si レンズアレイを結合した光学実験も進めている。デモ実験として 0.3 K で Al 膜超伝導共振器が 77 K, 300 K の黒体輻射に対し感度を持つ事を確認した。本講演ではこれらの開発状況も合わせて報告する。