

WISH フィルター追試験報告書（暫定版）

矢部 清人 (京大宇宙物理), 岩田 生 (国立天文台), 東谷 千比呂 (東北大天文)

2010 年 2 月

1 目的

WISH (Wide-field Imaging Survey for High-redshift) は、口径 1.5m の主鏡と視野直径約 30 分角の近赤外線カメラを搭載した宇宙望遠鏡衛星を 2010 年代中盤以降に打ち上げ、地上からは達成不可能な深さで広域サーベイを行う計画である。これまでに検討されているフィルターのうち、長波長側 $3.2\mu\text{m}$ の広帯域フィルターを試作した。この試作フィルターについて表面精度や透過率などの測定を行い、宇宙環境での使用に適しているかを調べるために、様々な耐性試験を行う。2009 年 10 月に行なった低温下での透過率測定実験では $3.1\mu\text{m}$ 付近に吸収状のものが見られた。今回、このフィーチャーが何であるかを探るための追実験を行なった。

2 実験方法

2009 年 10 月の実験と同様に東大・尾中研の FTIR を使い、液体 He で 60K 程度まで冷却しながら透過率測定を行なった。FTIR のセッティングは前回とほぼ同様である。詳しくは、前回の実験レポートを参照。液体 He の量や実験時間に限りがあるため、フィルターを入れない状態で冷却して測定する（リファレンス）は行なわなかった。 $3.1\mu\text{m}$ 付近のフィーチャーはこれまで他のフィルター等の測定では見られず、このフィルターのみに見られる事から、装置起因の問題とは考えにくいからである。今回の実験では、主にフィルターの膜と基盤のどちらに原因があるのか、また、フィルターへの混入なのか物理的な問題なのかの切り分けを目的とする実験を行なった。

今回行なった測定は主に以下の 3 つである。

- $3.2\mu\text{m}$ フィルターの測定（ベーキングあり）
- Si 基盤 (CZ) の測定（ベーキングあり）
- Si 基盤 (FZ) の測定（ベーキングなし）

前回の測定で吸収が見られたテストピースに加え、日本真空光学社 (以下 OCJ) 提供の 2 種類の Si 基盤について測定を行なった。

2.1 3.2 μ m フィルターの測定

まず、前回の測定で3.1 μ mのフィーチャーが見られたTP1(BPF)+TP3(CUT)の組み合わせを測定した。今回は、冷却する前に約5時間のベーキングを行なった。ベーキングはフィルターをFTIRの試料室内に入れ、真空を引き、約330Kで保温することで行なった。

透過率測定時の温度変化のさせ方は以下の通りである。

1. 温度60K付近まで30分程度かけて冷却する
2. しばらく温度60Kを保つ
3. 常温付近まで3時間程度かけてゆっくりと昇温させる¹

測定時における温度の時間変化を図3に示す。

2.2 Si基盤(CZ)の測定

Si基盤(CZ)について透過率測定を行なった。前日の夜から翌日午前まで約10時間ベーキングを行なった。ベーキングの方法は3.2 μ mフィルターとほぼ同様である。この測定では、熱接触を良くするためにフィルターとジグの間にインジウムを挿入して測定を行なった。

透過率測定時の温度変化のさせ方は以下の通りである。

1. 温度60K付近まで1時間程度かけてゆっくりと冷却する
2. しばらく温度60Kを保つ
3. 常温付近まで1時間半程度かけてゆっくりと昇温させる
4. 温度60K付近まで10分程度かけて急激に冷却する
5. しばらく温度を保ったまま、急激に昇温させる
6. 温度4K付近まで急激に冷却する
7. 常温付近まで急激に昇温させる

測定時における温度の時間変化を図3に示す。

2.3 Si基盤(FZ)の測定

Si基盤(FZ)について透過率測定を行なった。今回はベーキングは行なわずに測定を行なった。SiCZの測定と同様に、熱接触を良くするためにフィルターとジグの間にインジウムを挿入して測定を行なった。

透過率測定時の温度変化のさせ方は以下の通りである。

1. 温度60K付近まで急激に冷却
2. しばらく温度60Kを保つ
3. 常温付近までゆっくりと昇温させる

測定時における温度の時間変化を図3に示す。

¹昇温途中、しばらく温度150K付近で温度を保ち様子を見た。

3 結果

3.1 3.2 μm フィルターの測定

図4および図8(上)に代表的な温度点での透過率を示した。吸収パターンとしては前回の測定とほぼ同じものが出る事が分かった。

3.2 Si 基盤 (CZ) の測定

図5、図6および図8(下)に代表的な温度点での透過率を示した。透過率の大きな変化は見られないが、3.1 μm 付近にわずかではあるが吸収パターンの出現が見られた。3.38 μm , 3.43 μm , 及び3.5 μm 付近では常温でもわずかに吸収がみられるが、冷却するとこれら吸収の増大が見られた。この測定では、急激な冷却や昇温を行なったが、これによる吸収の変化は見られなかった。

3.3 Si 基盤 (FZ) の測定

図7、および図8(中)に代表的な温度点での透過率を示した。3.1 μm 付近で吸収パターンの比較的大きな増大が見られた。同様に、3.38 μm , 3.43 μm , 及び3.5 μm 付近でも吸収パターンの増大が見られた。

4 議論

4.1 吸収の原因

今回の実験で、Si 基盤でも同様の吸収が見られたことから、膜による影響と考えるよりも基盤自体に吸収の原因があると考えの方が妥当であると思われる。Si 基盤の測定において、比較的長時間のベーキングを行なうと吸収パターンが殆ど見られないことから、吸収の原因は Si 基盤内に残存する物質起源であろうと考えられる。この残存物質が何であるかの特定はできないが、水 (H₂O) の吸収が 3.1 μm 付近にあることから、おそらく基盤内に残った水蒸気が原因と思われる。

4.2 池田フィルターとの比較

(TBW) 図9を参照。

5 まとめ

今回の実験で、3.1 μm の吸収上のフィーチャーは Si 基盤そのものに起因するものであることが分かった。吸収を示すものが何であるかまでは特定出来なかったが、恐らく、OCJ の報告にある様に、H₂O (OH 基?) であるものと思われる。今後、OCJ も交えて対策を練る予定である。

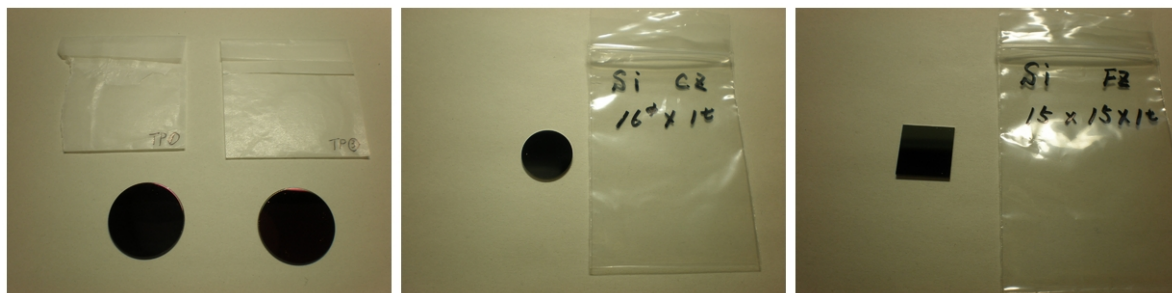


図 1: 今回の測定試料。左から 3.2 μ m フィルター (TP1+TP3)、Si 基盤 (CZ)、Si 基盤 (FZ)。



図 2: フィルター固定用ジグに収まった際の試料の様子。左から Si 基盤 (CZ)、Si 基盤 (FZ)。

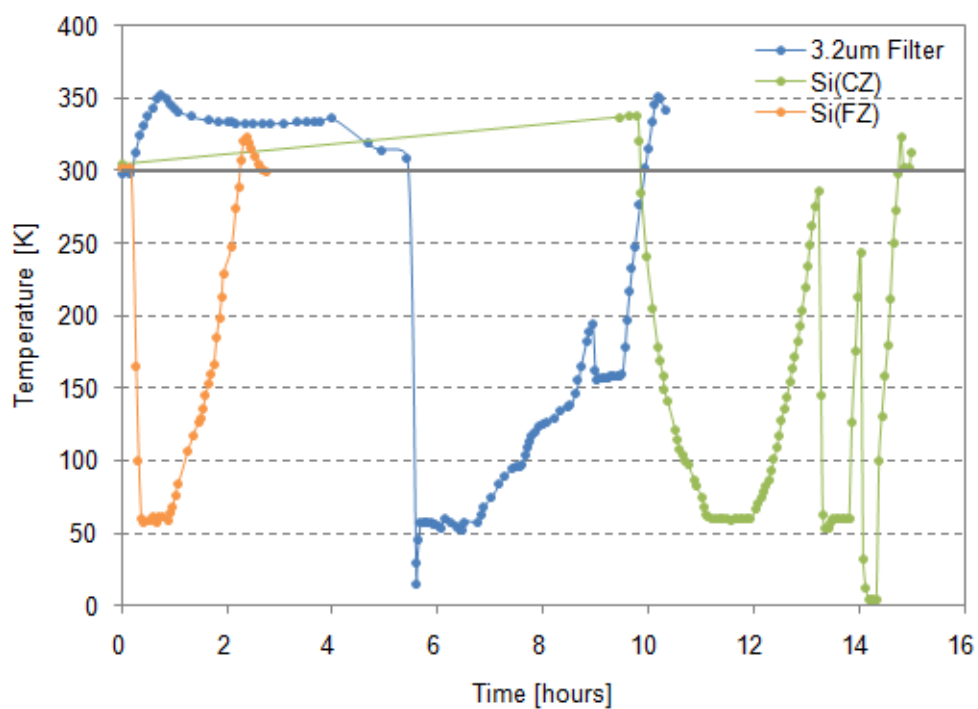


図 3: 各測定での温度変化

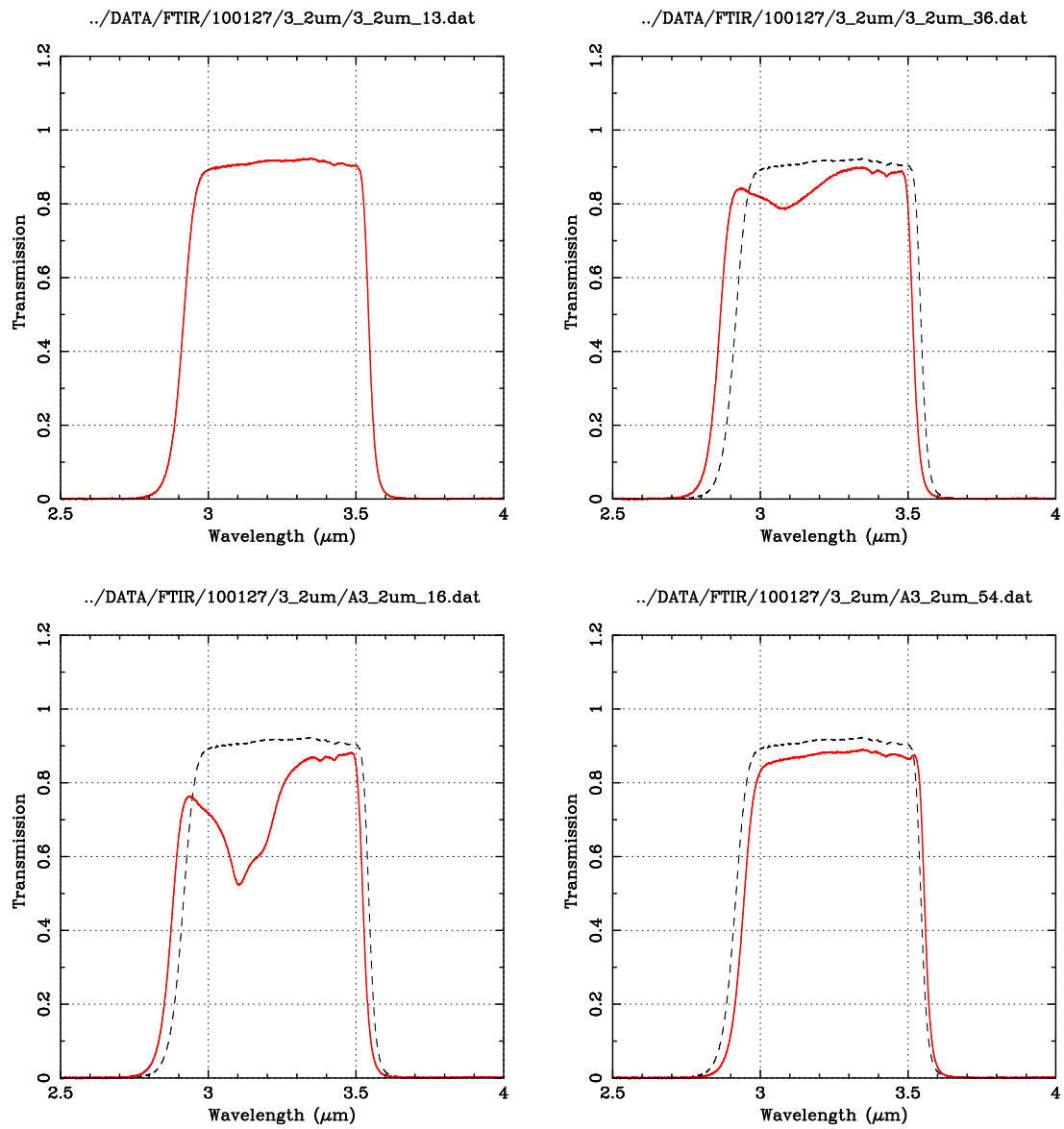


図 4: 3.2 μm フィルター (TP1+TP3) の透過率変化。左上: 冷却開始前の透過率。右上: 温度 60K 付近で安定させている状態での透過率。左下: 昇温時、温度 120K 付近での透過率。右下: 測定終了直前、温度 340K 付近での透過率。破線は常温での透過率を表している。

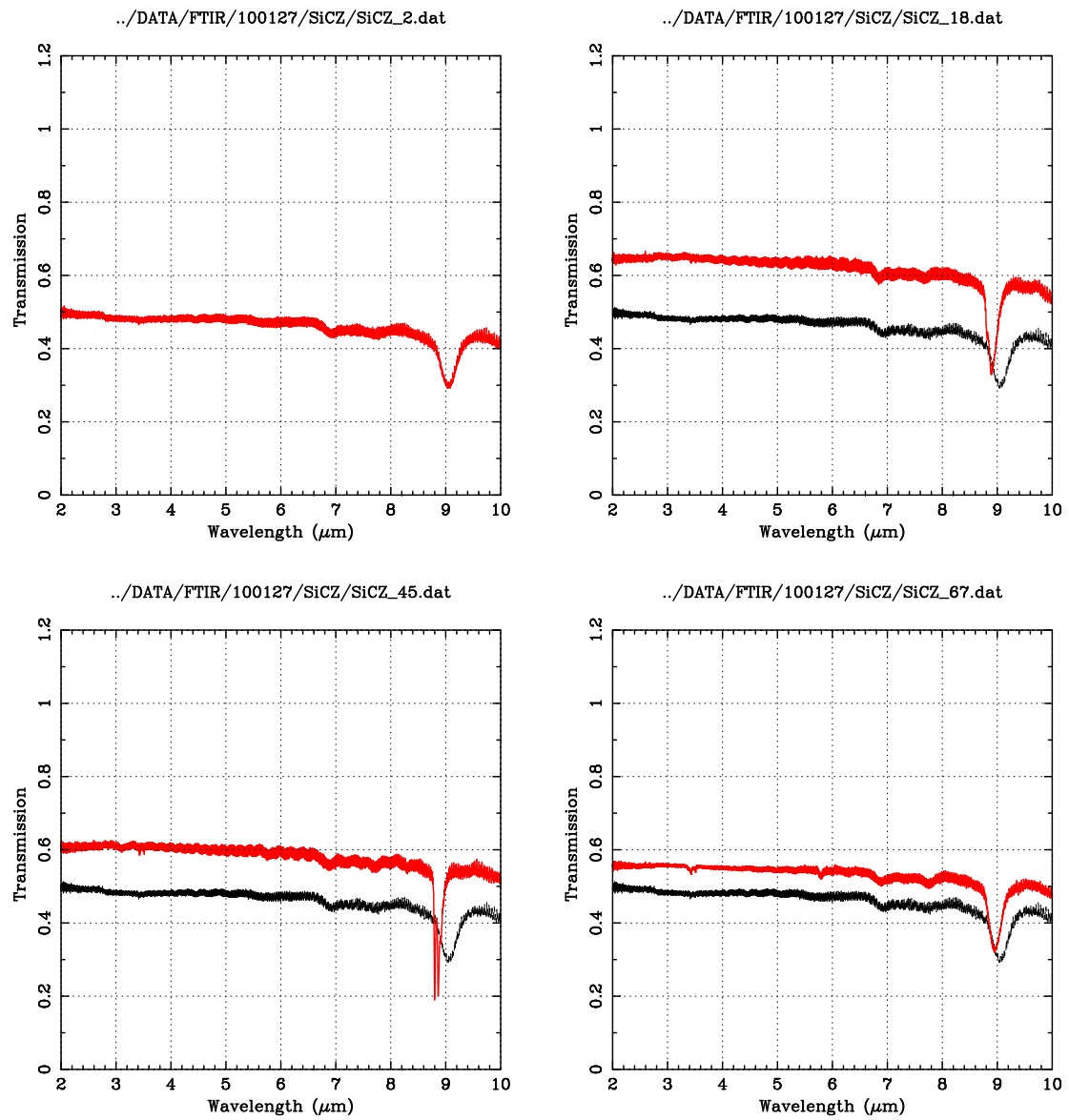


図 5: Si 基盤 (CZ) の透過率変化。左上：冷却開始前の透過率。右上：冷却時、温度 120K 付近での透過率。左下：昇温開始前、温度 60K 付近での透過率。右下：温度 200K 付近での透過率。破線は常温での透過率を表している。

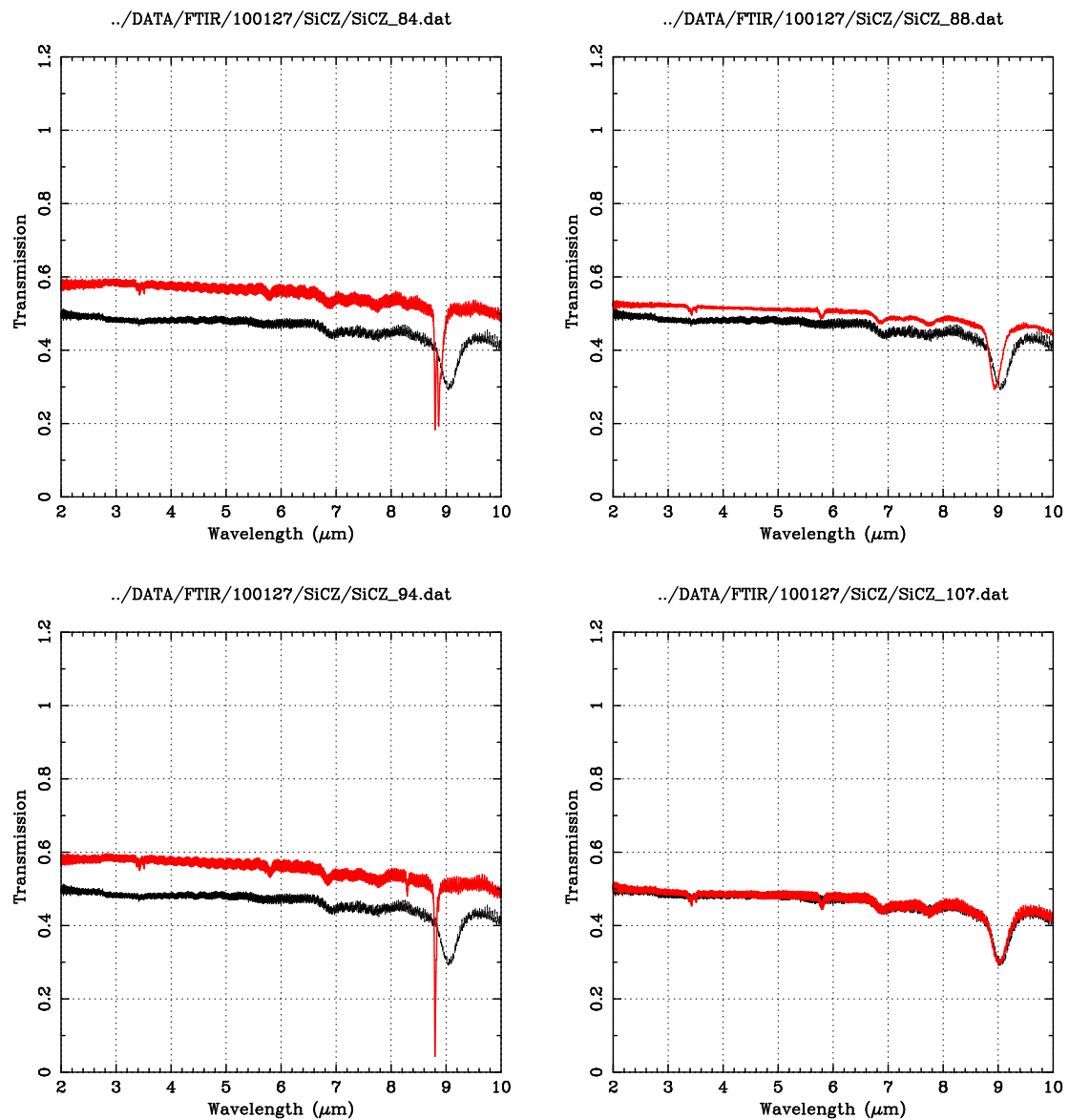


図 6: Si 基盤 (CZ) の透過率変化 (急激な冷却サイクル)。左上: 温度 60K 付近まで急激に冷やし安定させて状態での透過率。右上: 温度 200K 付近まで昇温させた時の透過率。左下: 温度 4K 付近まで急激に冷やした時の透過率。右下: 温度 250K 付近まで昇温させた時の透過率。破線は常温での透過率を表している。

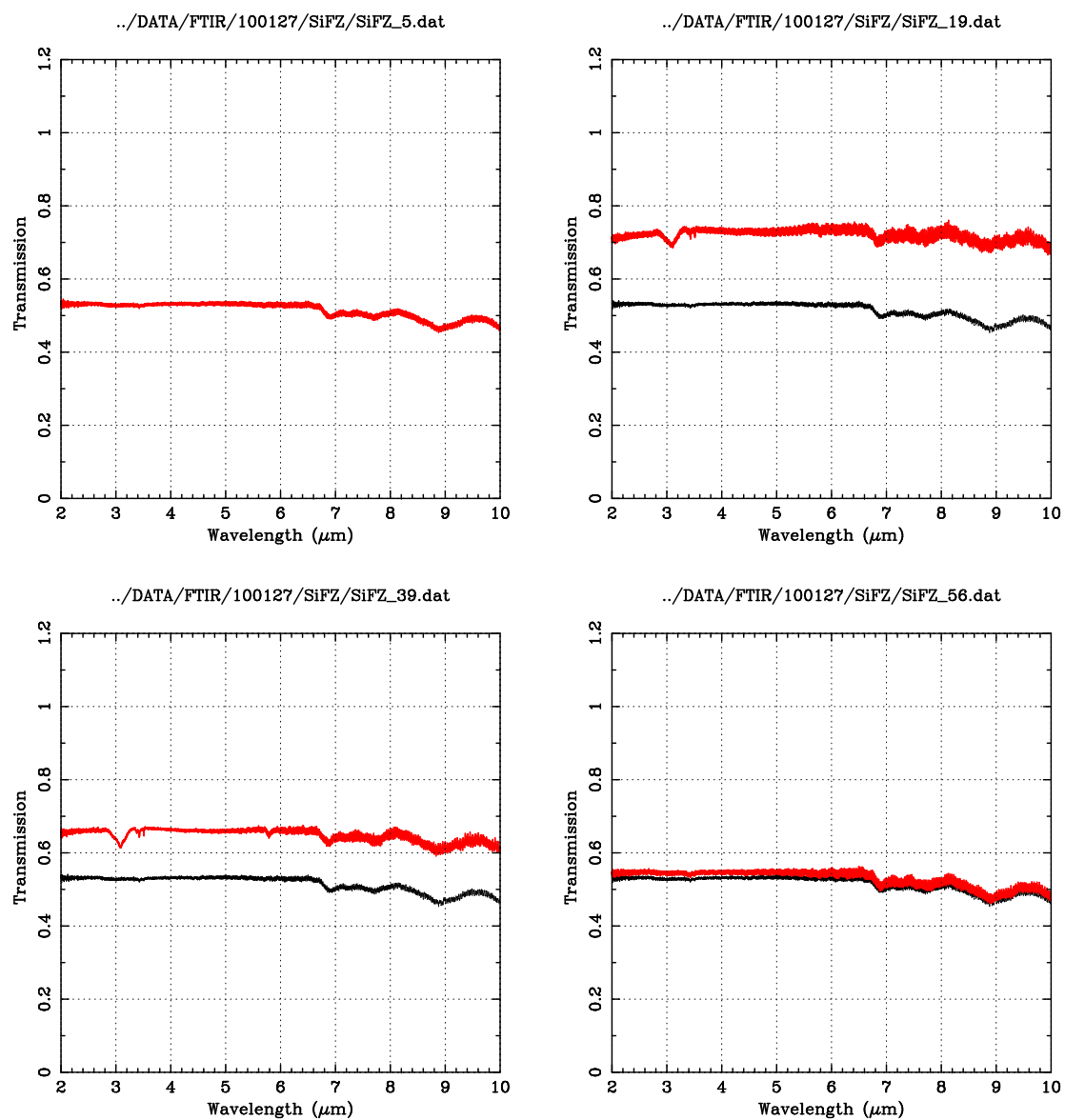


図 7: Si 基盤 (FZ) の透過率変化。左上：冷却開始前の透過率。右上：昇温開始前、温度 60K 付近で安定させている状態での透過率。左下：昇温時、温度 190K 付近での透過率。右下：測定終了直前、温度 300K 付近での透過率。破線は常温での透過率を表している。

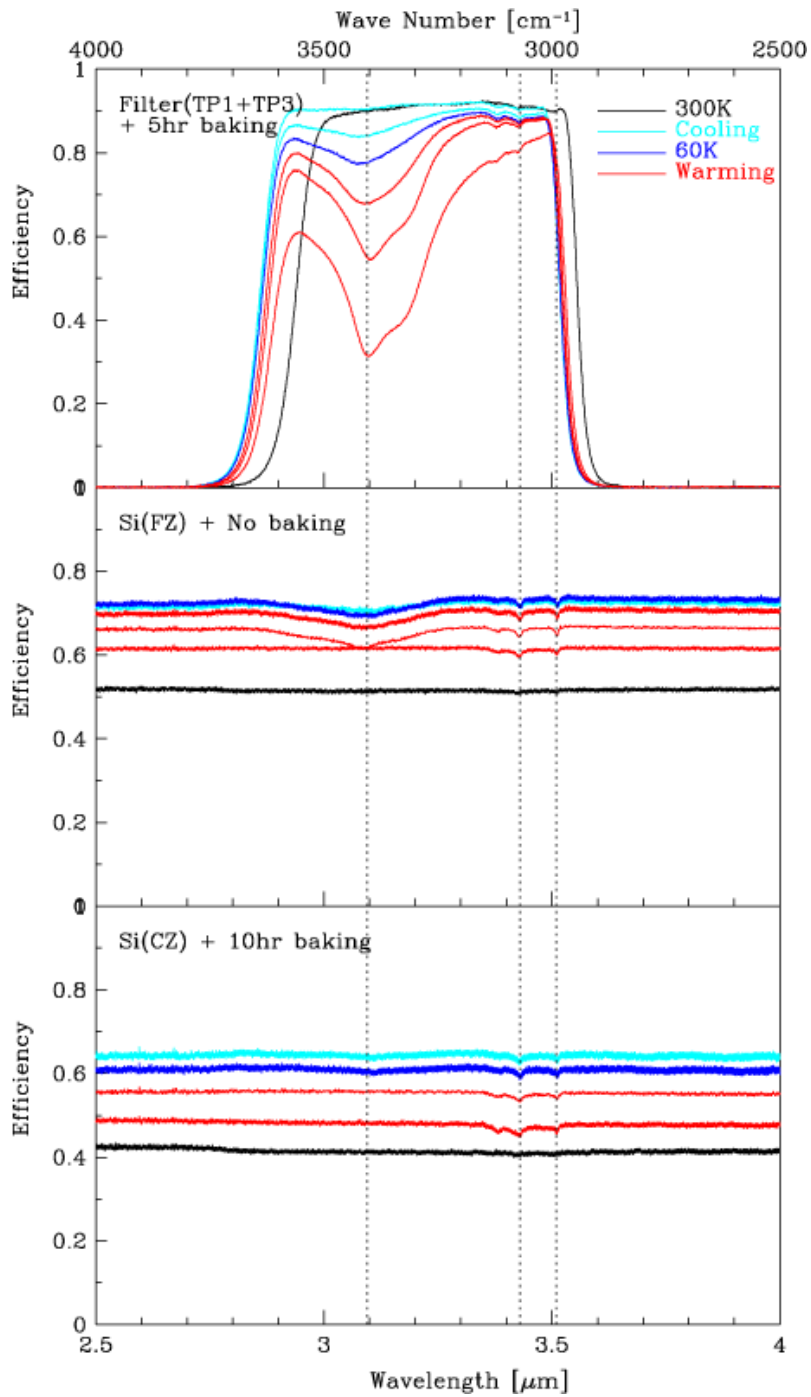


図 8: 上: 3.2 μm フィルターの透過率変化。中: Si 基盤 (FZ) の透過率変化。下: Si 基盤 (CZ) の透過率変化。

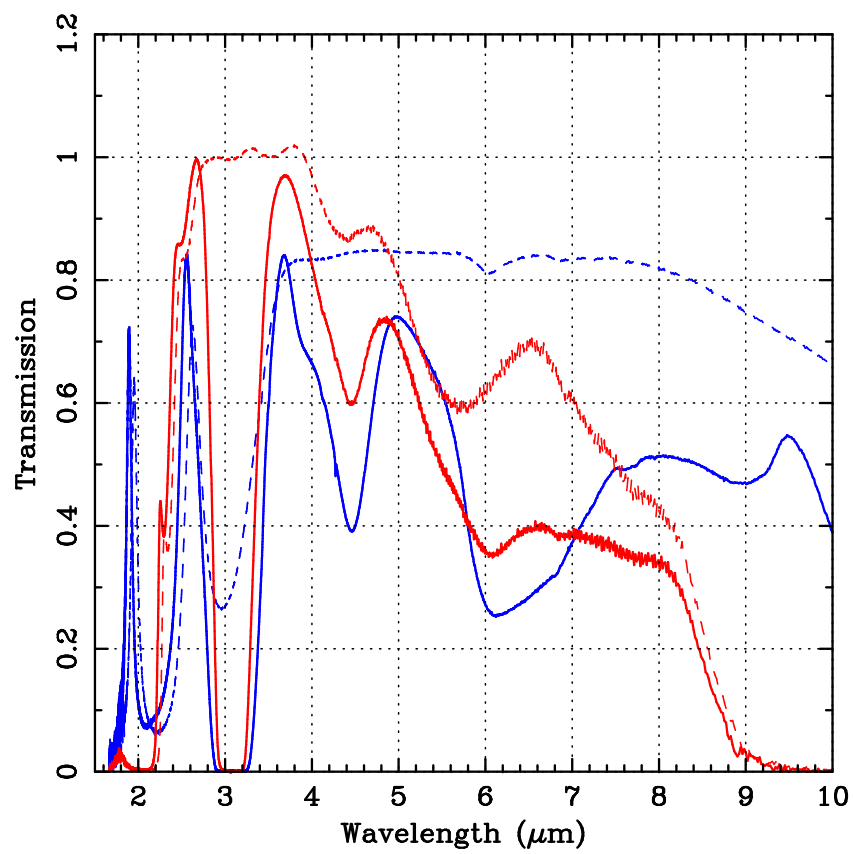


図 9: TP3(CUT) の常温時 (赤破線)、60K 付近 (赤実線) での透過率、および池田フィルターの常温時 (青破線)、冷却時 (青実線) での透過率。