ISS/JEM/ExHAM 利用テーマ:QCC 熱解析関連情報

左近 樹

2014 年 11 月 19 日

1　構造概要

実験供試体 EE64-I および EE64-II は、「各 64 個の試料」「試料ホルダー」「試料ホルダマウント台」「リン青銅板バネ」「ねじ」から構成される。

1.1　試料

64 個の試料のうち、28 個は単結晶 Si ウェハ (昭島硝子) より作成した 10mmϕ 厚さ 1mm の Si 基板上に各種試料を堆積させた形態、20 個は同サイズの合成石英基板 (株式会社ジャパンセル：合成石英両面研磨板) 上に各種試料を堆積させた形態をとる。それ以外の試料は、グラファイト、無煙炭、メソフェーズカーボン、ポリエチレン、ポリスチレン、結晶質シリケイト、非晶質シリケイトなど、試料本体が 10mmϕ 厚み 1mm に加工されたものである。おり、このため、リン青銅板バネとアルミ製試料ホルダー間では、ねじ止め箇所 25 カ所で熱接触をとる。試料と試料ホルダーのうち、温度に比較的弱いサンプル (ポリエチレン、ポリスチレン等) に対しては、よりよい熱接触をとることを目的として、試料底にインジウムを挟む。

1.2　試料ホルダー

A5052 材のアルミを利用し、表面は白アルマイト加工を施工。試料ホルダーには、10mm ϕ 厚さ 1 mm の試料の試料を入れるための深さ 0.8mm の試料スロット、10mm ϕ 厚さ 1mm の試料下にインジウムを挟んで入れる為の深さ 1.5mm の試料スロット、10mm ϕ 厚さ 1mm の試料を 2 枚重ねていれる為の深さ 1.8mm の試料スロットが用意される。いずれも、試料インストール時に、試料の飛び出し量が 0.2mm 程度になるように、上記の深さが決定されている。

1.3　試料ホルダーマウント台

A5052 材のアルミを利用し、表面は白アルマイト加工を施工。試料ホルダーマウント台と試料ホルダーは M2.5 のチタンねじ 16 個を用いて固定する。

1.4　リン青銅板バネ

C5191P 材、厚さ 0.1mm のリン青銅の板バネを利用。各試料対応位置に 9mm ϕ の穴があけられており、10mm ϕ の試料の外周を板バネで抑える形で試料を試料ホルダーに固定する役割を担う。リン青銅板バネは、試料スロット 2 個× 2 個を 1 ユニットとしてユニットの四角がねじ止め位置に該当させ、M2 のチタンねじ 25 個を用いて、リン青銅板バネを試料ホルダー面に留める構造をとる。

1.5　ねじ

チタン製のねじ (M2;25 本, M2.5;16 本) を使用する。(市販品：株式会社ウィルコ、製品番号 TIA-0205 など。)

2　外形形状/寸法

必要な場合、板厚および内部構造も含めた寸法も提供する。

2.1　試料ホルダー

各実験供試体の試料ホルダーには、10mm ϕ 厚さ 1 mm の試料の試料を入れるための深さ 0.8mm の試料スロット、10mm ϕ 厚さ 1mm の試料下にインジウムを挟んで入れる為の深さ 1.5mm の試料スロット、10mm ϕ 厚さ 1mm の試料を２枚重ねていれる為の深さ 1.8mm の試料スロットが用意される。試料の飛び出し量は 0.2mm として設計してある。

試料ホルダー (EE64-I)

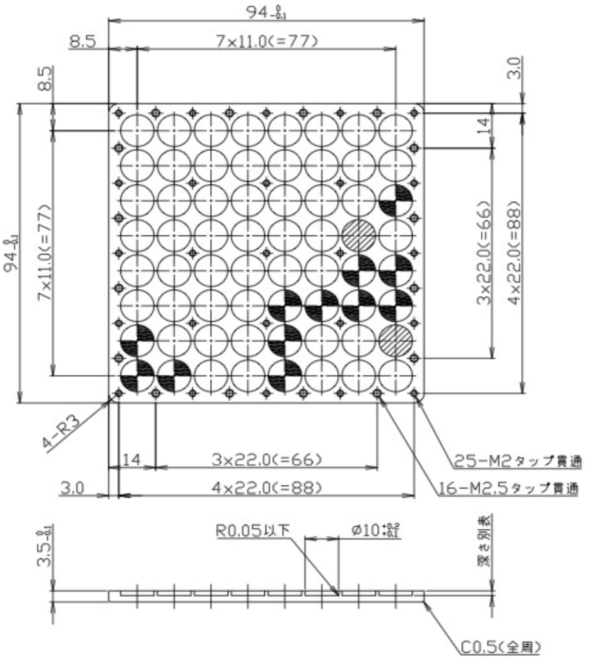


表1）ザグリ深さ

図示記号	ザグリ深さ	穴数
○	0.8±0.1	50ヶ所
(四分割塗り)	1.5±0.1	12ヶ所
(斜線)	1.8±0.1	2ヶ所

試料ホルダー (EE64-II)

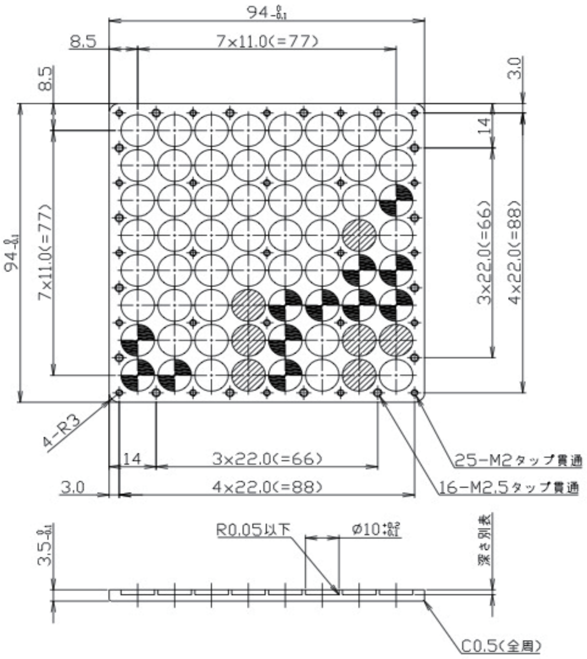
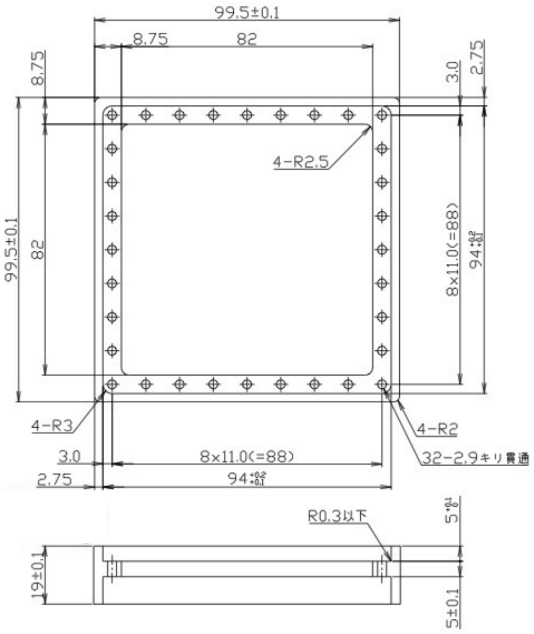


表1）ザグリ深さ

図示記号	ザグリ深さ	穴数
○	0.8±0.1	45ヶ所
(四分割塗り)	1.5±0.1	12ヶ所
(斜線)	1.8±0.1	7ヶ所

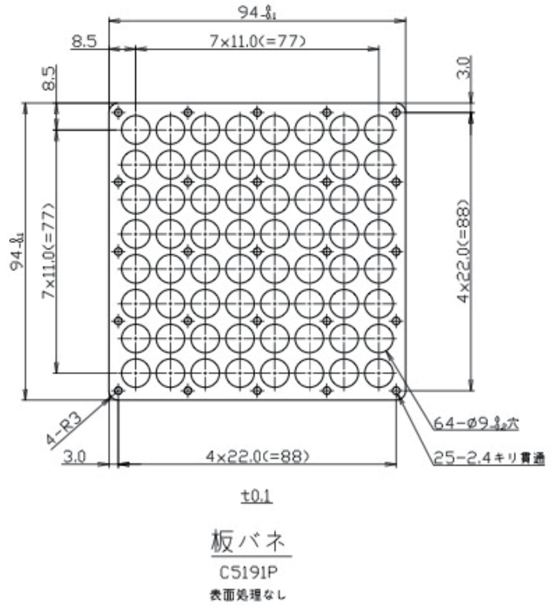
2.2　試料ホルダマウント台

試料ホルダマウント台は、EE64-I, EE64-II ともに、共通設計で下記の通り。試料ホルダーとは、M2.5 のチタン製ねじ 16 個で固定する。



2.3　リン青銅板バネ

リン青銅板バネは、EE64-I, EE64-II ともに、共通設計で下記の通り。リン青銅には、64 個の試料位置に、9mmϕ の円形穴があいており、リン青銅板バネが、10mmϕ の試料の外周を抑える事で、試料を試料ホルダーに固定する。リン青銅の板バネと試料ホルダーは、M2 のチタン製ねじで 25 カ所で固定される。



3 表面処理

部分的に表面処理が違うような場合、適用領域の寸法情報も含めてご提示頂きたい。可能であれば表面処理毎の太陽光吸収率 α_s、輻射率 ϵ をご提示頂きたい。

3.1 曝露面表面の幾何情報

各実験供試体 (EE64-I および EE64-II) の曝露面を構成する物質およびその専有面積を表 1 にまとめる。

表 1: 曝露面の構成

物質名 (材質)	専有面積	α_s	ϵ(300K)
リン青銅 (C5191P)	45.31[cm^2]	0.74	0.22
チタン [a]	2.28[cm^2]	0.8	0.6
アルミ (A5052, 白アルマイト)[b]	10.6[cm^2]	0.96	0.72
各試料 (Si 基板)	0.635[cm^2]×26	0.79	0.32
各試料 (SiO2 基板)	0.635[cm^2]×20	0.88	0.85
各試料 (Graphite, その他)	0.635[cm^2]×18	0.95	0.57

[a]: チタン酸化面の公称値を採用
[b]: ϵ の値は web の情報から抜粋 (http://www.mkscience.co.jp/hounetsu.html)

3.2 放射率 ϵ の測定

近赤外-中間赤外域 (1μm—25μm) における常温での反射率 $\eta_{\rm ref}(\lambda)$(入射角は 10deg に設定) および透過率 $\eta_{\rm tra}(\lambda)$ は東京大学天文学教室所有の赤外線フーリエ分光光度計 (IFS125HR/Bruker Optics) を用いて実測した。物質吸収率 $\eta_{\rm abs}(\lambda)$ は

$$\eta_{\rm abs}(\lambda) = 1 - \eta_{\rm ref}(\lambda) - \eta_{\rm tra}(\lambda)$$

として導出し、温度 T における放射率 $\epsilon(T)$ は、

$$\epsilon(T) = \frac{\displaystyle\int_{1.5\mu{\rm m}}^{25\mu{\rm m}} \eta_{\rm abs}(\lambda) B_\lambda(\lambda, T) d\lambda}{\displaystyle\int_{1.5\mu{\rm m}}^{25\mu{\rm m}} B_\lambda(\lambda, T) d\lambda} \tag{1}$$

として計算する。表??に、測定結果得られた放射率の情報をまとめる。また、測定を行った各材質の反射率 $\eta_{ref}(\lambda)$、透過率 $\eta_{tra}(\lambda)$、吸収率 $\eta_{abs}(\lambda)$ の測定結果を図 1–6 に示す。

表 2: 各材質の輻射率 ϵ

物質名 (材質)	放射率				
	200K	250K	300K	350K	400K
リン青銅	0.212	0.215	0.219	0.224	0.230
Si	0.339	0.329	0.316	0.302	0.228
SiO2	0.853	0.856	0.854	0.850	0.839
Graphite(市販品)	0.538	0.556	0.573	0.589	0.603
filmy-QCC(Si 基板)	0.279	0.281	0.274	0.262	0.247
filmy-QCC(SiO2 基板)	0.842	0.835	0.828	0.817	0.802

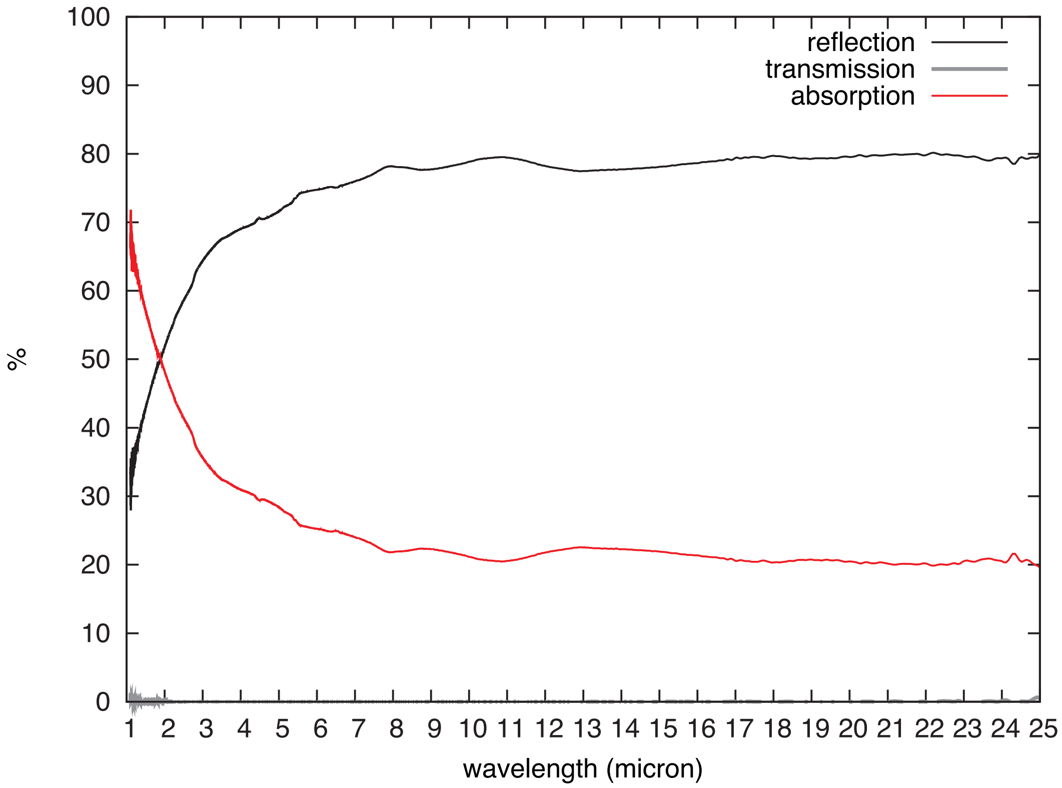


図 1: リン青銅 (PBS, t0.1mm) の透過率 (灰色)、反射率 (黒色)、物質吸収率 (赤色)

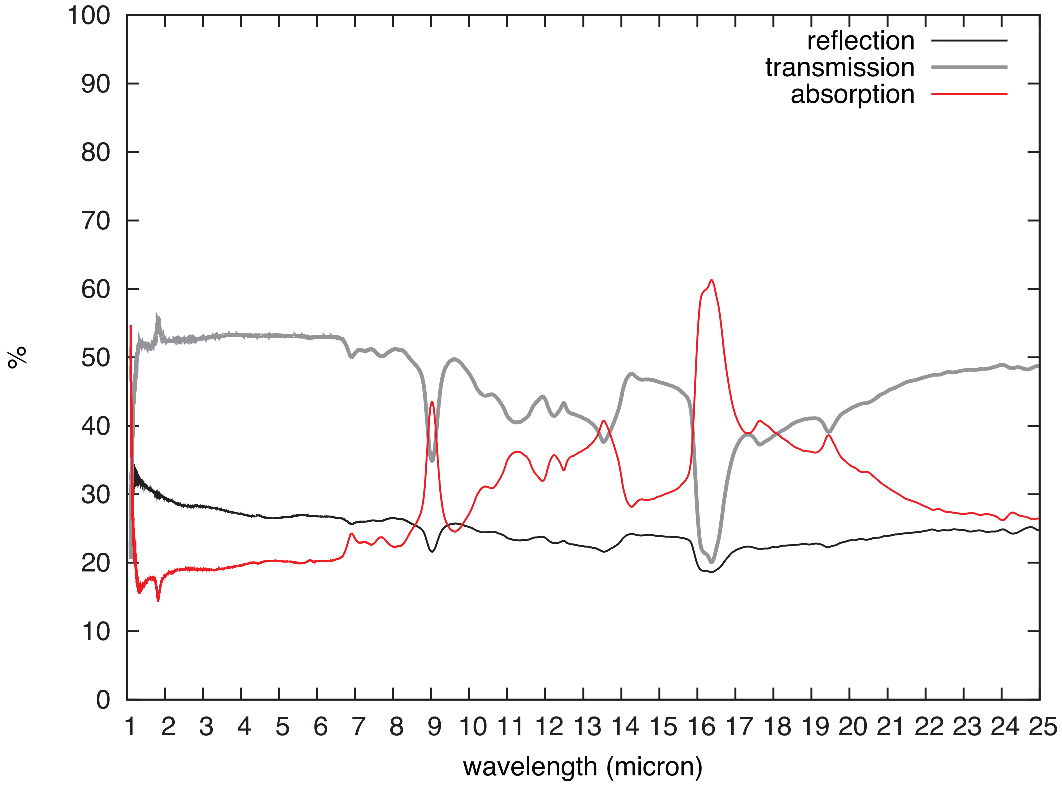


図 2: シリコン基板 (10mmϕ, t1mm) の透過率 (灰色)、反射率 (黒色)、物質吸収率 (赤色)

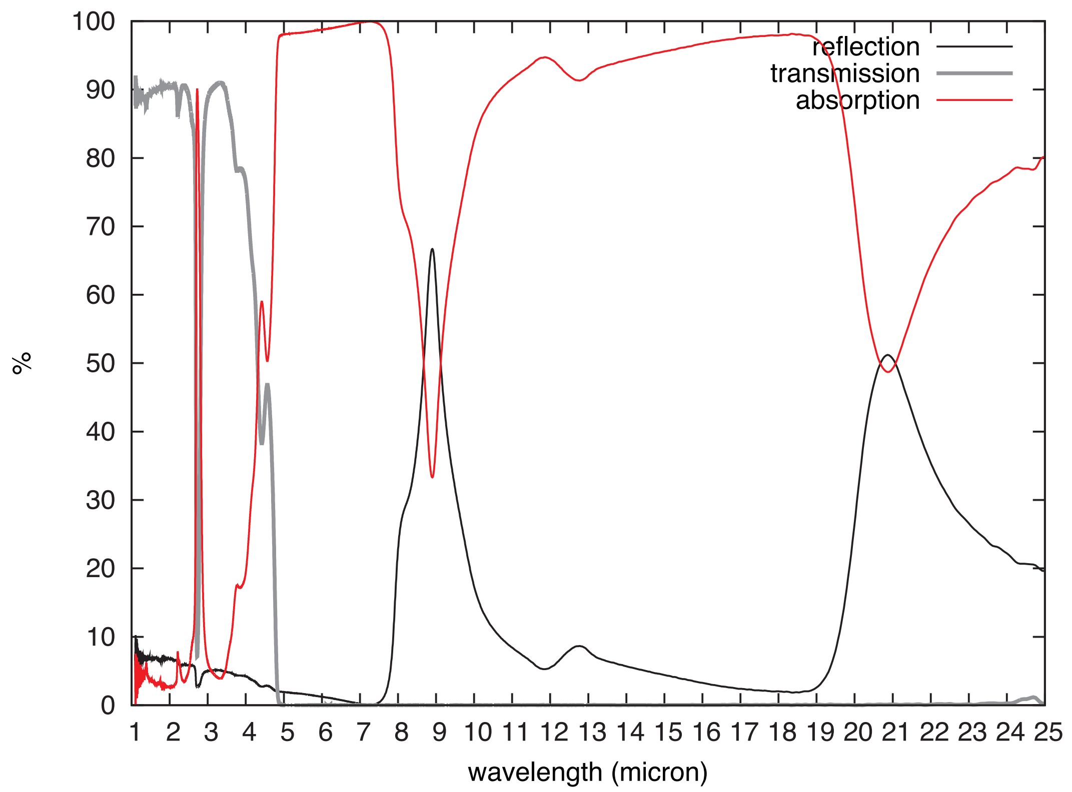


図 3: 合成石英基板 (10mmϕ, t1mm) の透過率 (灰色)、反射率 (黒色)、物質吸収率 (赤色)

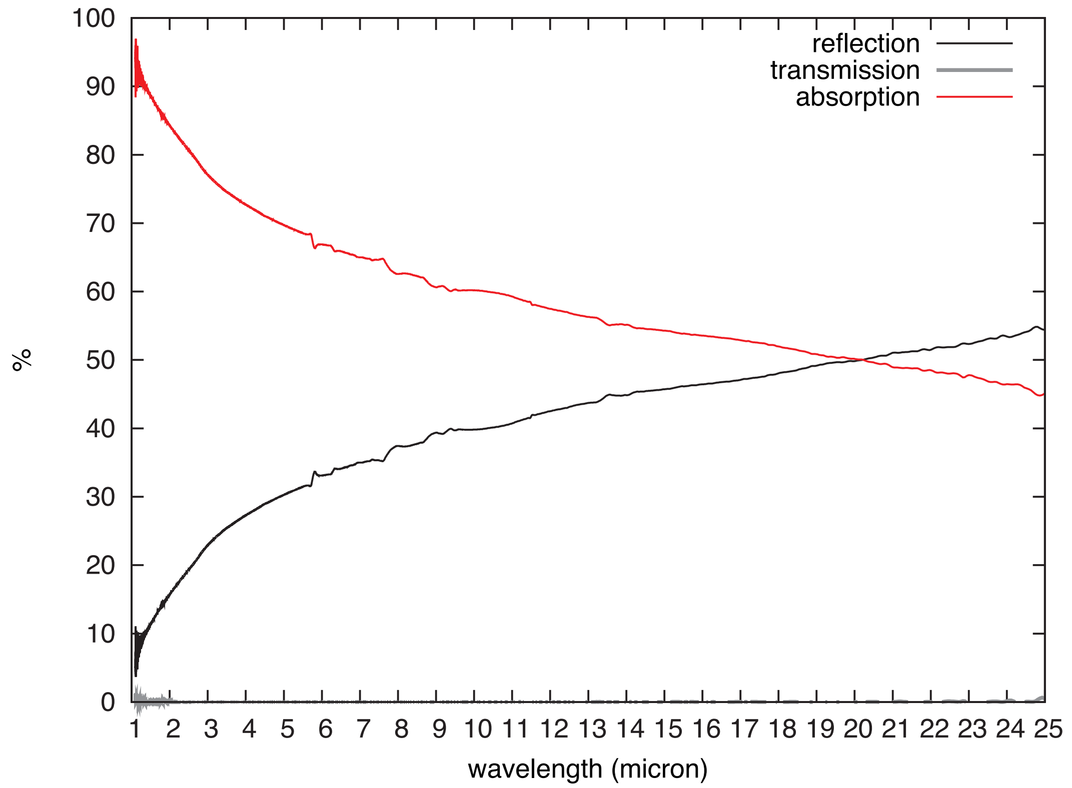


図 4: Graphite(合成市販品, 10mmϕ, t1mm) の透過率 (灰色)、反射率 (黒色)、物質吸収率 (赤色)

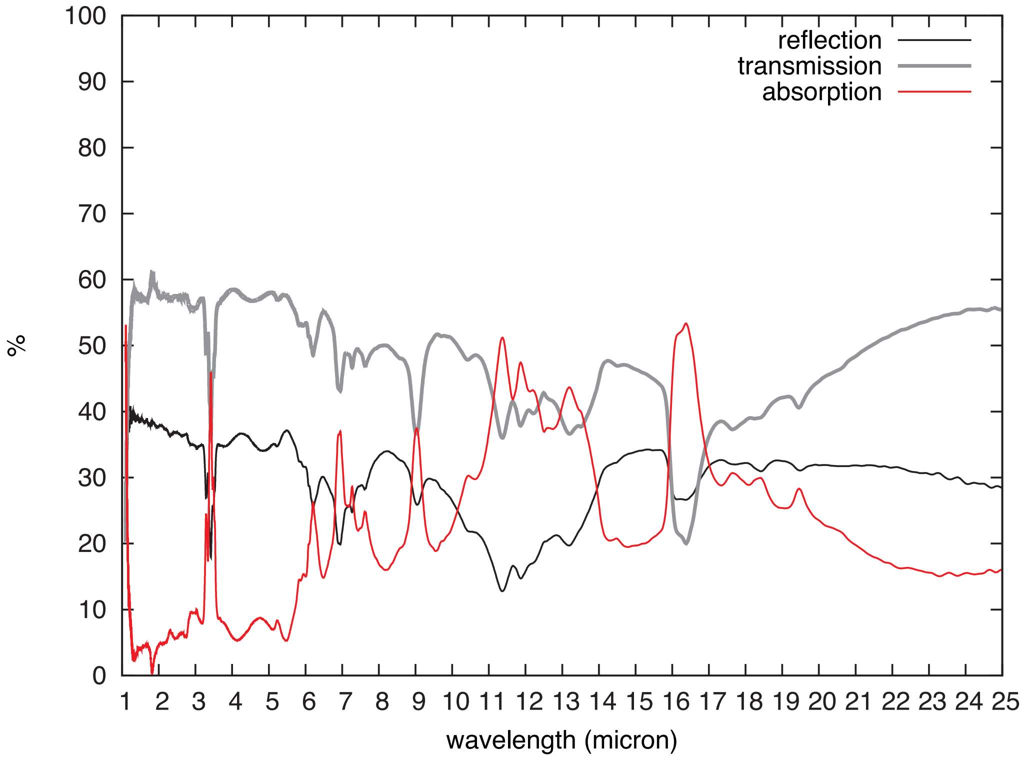


図 5: filmy QCC (シリコン基板上堆積物) の透過率 (灰色)、反射率 (黒色)、物質吸収率 (赤色)

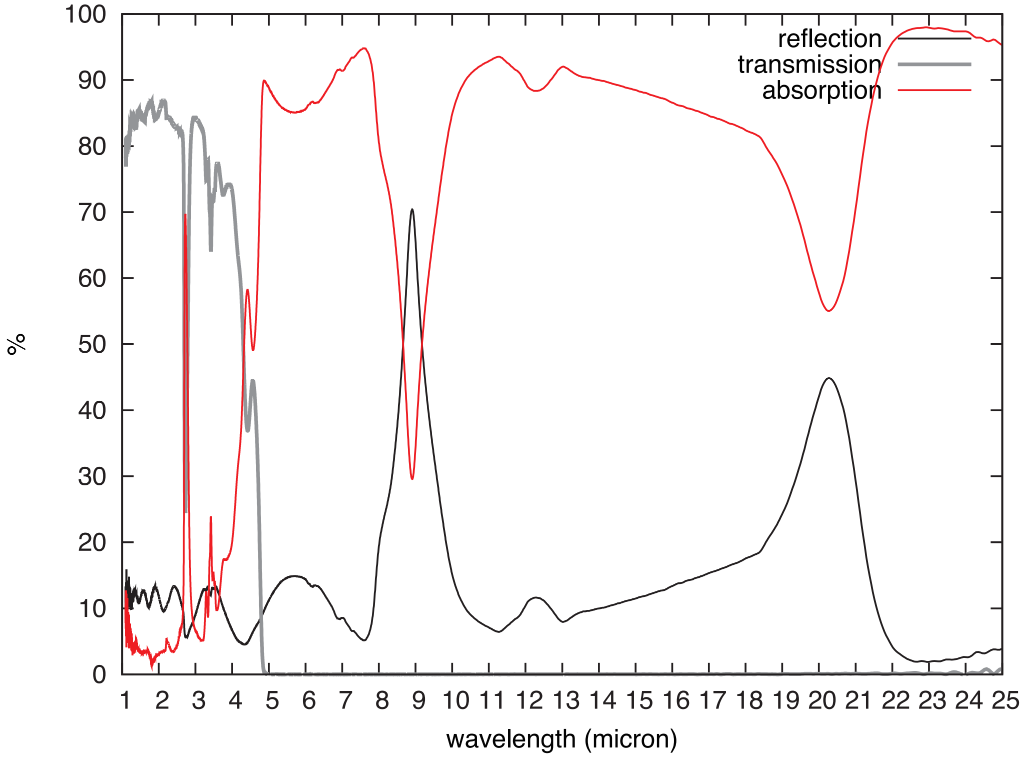


図 6: filmy QCC(合成石英基板上堆積物) の透過率 (灰色)、反射率 (黒色)、物質吸収率 (赤色)

3.3 太陽光吸収率 α_S の測定

紫外線-近赤外域 (190nm—25μm) における常温での反射率 $\eta_{\rm ref}(\lambda)$(入射角は 30deg に設定) は東京大学天文学教室所有の紫外可視近赤外分光光度計 (V670/日本分光) を用いて実測した。試料表面で反射される光以外は、透過光を含めて試料または試料背面のアルミホルダーで吸収されると想定して、太陽光吸収率 α_s は

$$\alpha_{\rm s} = \frac{\displaystyle\int_{200\rm nm}^{2\mu\rm m} (1-\eta_{\rm ref}\lambda)F_\lambda^\odot(\lambda)d\lambda}{\displaystyle\int_{200\rm nm}^{2\mu\rm m} F_\lambda^\odot(\lambda)d\lambda} \tag{2}$$

として計算する。但し、太陽光のスペクトル $F_\lambda^\odot(\lambda)$ は、文書"Standard Solar Constant and Zero Air Mass Solar Spectral Irradiance Tables" (`ASTM_E490-00a(2006).PDF`) の Table 4 に示される太陽光の輻射スペクトル情報を用いた。また、吸収率を導出する際に用いた波長域は 200nm から 2μm であり、太陽光の放射エネルギーの約 94%がこの波長範囲でカバーされる。表 3 に、測定結果得られた太陽光吸収率の情報をまとめる。

表 3: 太陽光吸収率 α_S

物質名 (材質)	太陽光吸収率 (α_S)
リン青銅	0.74
Si	0.79
SiO2	0.88
Graphite(市販品)	0.95
filmy-QCC(Si 基板)	0.92
filmy-QCC(SiO2 基板)	0.93
A5052(白アルマイト)	0.96

4　重量、熱容量

実験供試体 EE64-I および EE64-II について、構成要素を細分化した上で、各要素の重量、材質、比熱、質量、熱容量を表 4 および表 5 にまとめる。

4.1　実験供試体 EE64-I

表 4: 各構成要素の重量及び熱容量 (EE64-I)

構成要素	材質	比熱 [J/g/K]	単体質量 [g]	個数	総重量 [g]	熱容量 (小計) [J/K]
M2.5 チタンねじ	チタン	0.522	0.211	16	3.4	1.775
M2 チタンねじ	チタン	0.522	0.087	25	2.2	1.148
リン青銅板バネ (t0.1mm)	C5191P	0.377	4.378	1	4.378	1.656
試料ホルダー	A5052	0.901	66.773	1	66.773	60.187
試料ホルダマウント台	A5052	0.901	76.834	1	76.834	69.197
試料 (シリコン基板)	単結晶 Si	0.712	0.20	26	5.6	3.987
試料 (合成石英基板)	合成石英	0.749	0.20	20	4.0	2.996
試料 (その他)	GRA/PE/PS	0.65/2.2/1.3	0.24	18	4.5	2.93∼9.90
インジウム	インジウム	0.233	0.10	10	1.0	0.233
計						144.1∼151.1

4.2　実験供試体 EE64-II

表 5: 各構成要素の重量および熱容量 (EE64-II)

構成要素	材質	比熱 [J/g/K]	単体質量 [g]	個数	総重量 [g]	熱容量 (小計) [J/K]
M2.5 チタンねじ	チタン	0.522	0.211	16	3.4	1.775
M2 チタンねじ	チタン	0.522	0.087	25	2.2	1.148
リン青銅板バネ (t0.1mm)	C5191P	0.377	4.378	1	4.378	1.656
試料ホルダー	A5052	0.901	65.522	1	65.522	59.015
試料ホルダマウント台	A5052	0.901	76.834	1	76.834	69.197
試料 (シリコン基板)	単結晶 Si	0.712	0.20	26	5.6	3.987
試料 (合成石英基板)	合成石英	0.749	0.20	28	5.6	4.194
試料 (その他)	GRA/PE/PS	0.65/2.2/1.3	0.25	18	4.5	2.93∼9.90
インジウム	インジウム	0.233	0.10	10	1.0	0.233
計						144.1∼151.2