

Termografie a termodiagnostika

8. laboratorní cvičení – Měření propustnosti materiálů

Zadání

1. Poznamenejte si využitě přístroje a filtry.
2. Změřte teplotu černých těles IČ teploměry při zadaných teplotách s předřazenými filtry.
3. Změřte teplotu černých těles termokamerou při zadaných teplotách s předřazenými filtry.
4. Změřte teplotu topné spirály termokamerou a IČ teploměry s předřazenými filtry.
5. Vyhodnoťte vliv použitých filtrů.

Vypracování

1. Využitě přístroje a jejich nastavení

1.1 Černá tělesa:

- HYPERION R - 50 °C ($\varepsilon = 0,995$)
- GEMINI R - 255 °C ($\varepsilon = 0,995$)

1.2 Filtry:

id	materiál	tloušťka (mm)
0	sklo	1,15
5	folie na zpětný projektor	0,08
8	PE folie	0,008

1.3 IČ teploměry:

Název	Pracovní vlnové délky (μm)	Teplotní rozsah (°C)	využitě filtry
PROSCAN 530	8 až 14	−30 až 900	5 a 8
OPTRIS-CT-M2	1,6	250 až 800	0 a 8

1.4 Termokamera:

Název (id)	Pracovní vlnové délky (μm)	Teplotní rozsah (°C)	využitě filtry
FLIR i7 (3)	7,5 až 13	−20 až 250+	5 a 8

2. Měření černých těles IČ teploměry s předřazenými filtry

Tabulka 1: Teploty dutin černých těles naměřené IČ teploměrem PROSCAN 530 bez a s filtry 5 a 8.

	PROSCAN 530					
teplota (°C)	50			255		
filtr	bez	F5	F8	bez	F5	F8
1	51,1	29,5	47,9	250,1	77	229,6
2	50	27,7	46,7	250,3	77,7	229,6
3	49,9	27,3	46,6	250,5	86,5	229,8

Tabulka 2: Teploty dutin černého tělesa naměřené IČ teploměrem CT-M2 bez a s filtry 0 a 8.

	CT-M2 (1,6 mikronu)		
teplota (°C)	255		
filtr	bez	F0	F8
1	254,9	251,3	250
2	254,9	251,3	250
3	254,8	251,3	250

Tabulka 3: Spektrální propustnost filtrů vypočtená jako podíl teplot s filtry teplotami bez filtrů naměřených teploměrem PROSCAN 530.

	PROSCAN 530			
teplota (°C)	50		255	
filtr	F5	F8	F5	F8
1	0,5773	0,9374	0,3079	0,9180
2	0,5540	0,9340	0,3104	0,9173
3	0,5471	0,9339	0,3453	0,9174

Tabulka 4: Spektrální propustnost filtrů vypočtená jako podíl teplot s filtry teplotami bez filtrů naměřených teploměrem CT-M2.

	CT-M2 (1,6 mikronu)	
teplota (°C)	255	
filtr	F0	F8
1	0,9859	0,9808
2	0,9859	0,9808
3	0,9863	0,9812

3. Měření černých těles termokamerou s předřazenými filtry

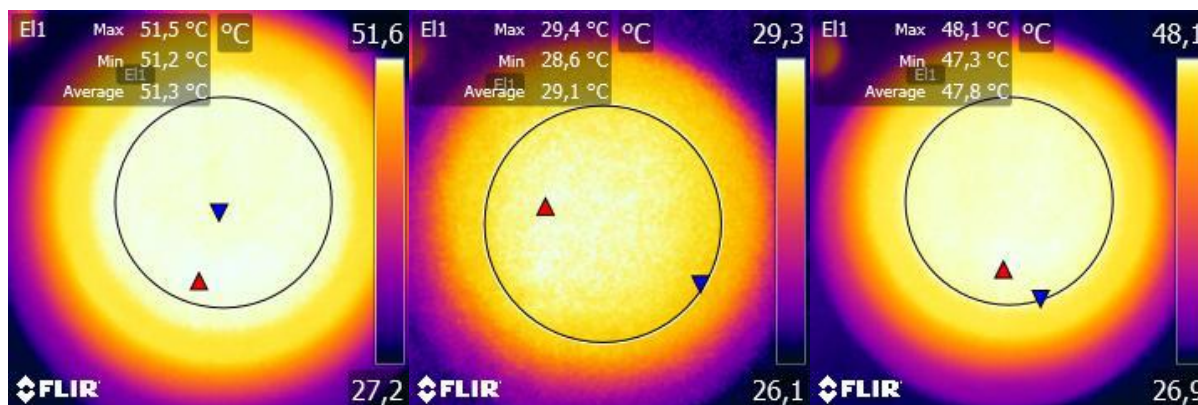
Tabulka 5: Teploty dutin černých těles naměřené termokamerou FLIR i7 bez filtru a s filtry 5 a 8.

	FLIR i7 (3)					
teplota (°C)	50			255		
filtr	bez	F5	F8	bez	F5	F8
1	51,6	29,6	48	258	60,4	232
2	51,4	29,2	47,9	259	59,5	232
3	51,4	29,3	48	258	60,6	232

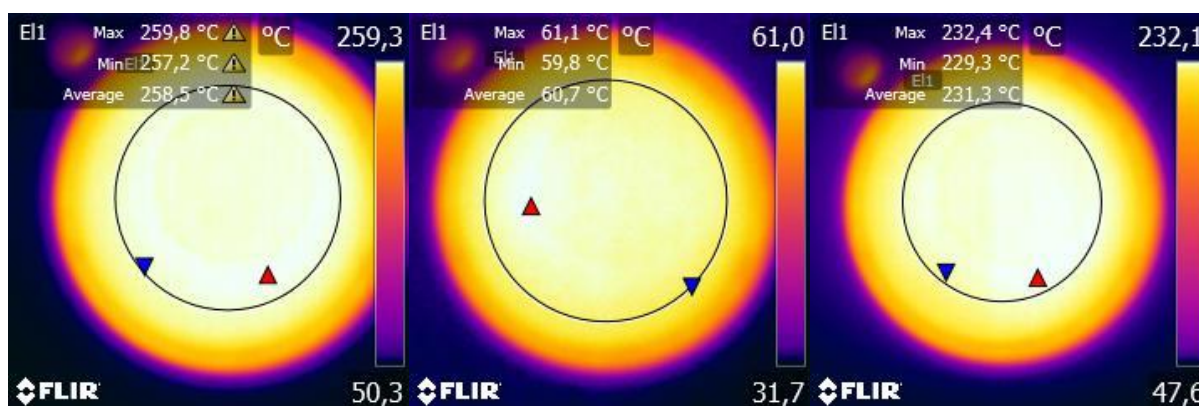
Tabulka 6: Spektrální propustnost filtrů vypočtená jako podíl teplot s filtry teplotami bez filtrů naměřených termokamerou FLIR i7.

	FLIR i7 (3)
--	--------------------

teplota (°C)	50		255	
filtr	F5	F8	F5	F8
1	0,5736	0,9302	0,2341	0,8992
2	0,5681	0,9319	0,2297	0,8958
3	0,5700	0,9339	0,2349	0,8992



Obrázek 1: Termosnímky dutiny černého tělesa HYPERION R vyhřátého na teplotu 50 °C pořízené termokamerou FLIR i7 bez předřazeného filtru (vlevo), s filtrem F5 (uprostřed) a s filtrem F8 (vpravo).



Obrázek 2: Termosnímky dutiny černého tělesa GEMINI R vyhřátého na teplotu 255 °C pořízené termokamerou FLIR i7 bez předřazeného filtru (vlevo), s filtrem F5 (uprostřed) a s filtrem F8 (vpravo).

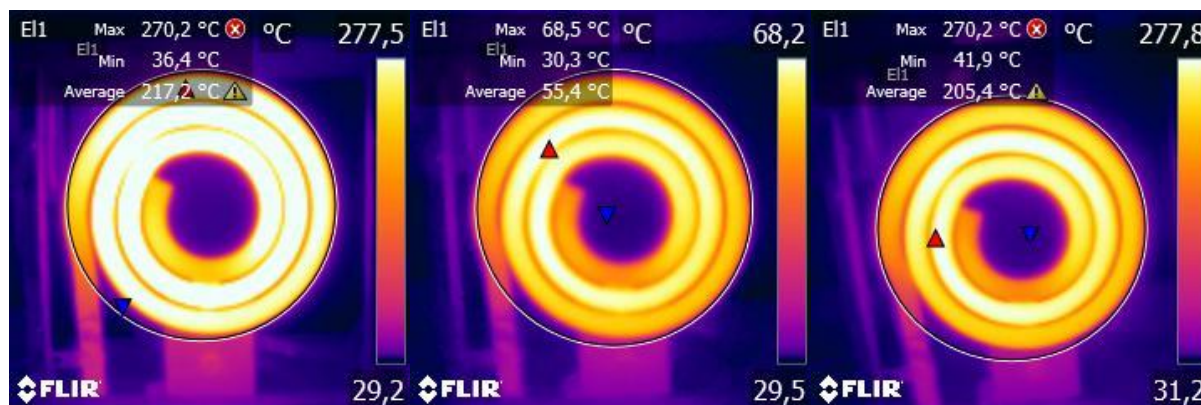
4. Měření topné spirály IČ teploměry a termokamerou s předřazenými filtry

Tabulka 7: Teploty topné spirály naměřené IČ teploměry a termokamerou bez filtrů a s předřazenými filtry 0, 5 a 8 (červeně označeny teploty nad měřícím rozsahem zařízení).

	Topná spirála								
zařízení	PROSCAN 530			FLIR i7 (3)			CT-M2 (1,6 mikronu)		
filtr	bez	F5	F8	bez	F5	F8	bez	F0	F8
1	289	55,8	256,4	270,2	68,5	270,2	314,7	310,7	284
2	291,6	52,8	255,1	270,2	68,8	270,2	315,1	310,6	285,4
3	289,8	54,7	255,7	270,2	68,5	270,2	314,5	311,3	284,5

Tabulka 8: Spektrální propustnost filtrů vypočtená jako podíl teplot s filtry teplotami bez filtrů při měření teplot topné spirály (červeně označeny hodnoty nad měřicím rozsahem zařízení).

	Topná spirála					
zařízení	PROSCAN 530		FLIR i7 (3)		CT-M2 (1,6 mikronu)	
filtr	F5	F8	F5	F8	F0	F8
1	0,193	0,887	0,254	1,000	0,987	0,902
2	0,181	0,875	0,255	1,000	0,986	0,906
3	0,189	0,882	0,254	1,000	0,990	0,905



Obrázek 3: Termosnímky topné spirály pořízené termokamerou FLIR i7 bez předřazeného filtru (vlevo), s filtrem F5 (uprostřed) a s filtrem F8 (vpravo).

5. Vyhodnocení vlivu použitých filtrů

Tabulka 9: Spektrální propustnosti filtrů 0, 5 a 8 pro jednotlivá zařízení při teplotách 50 °C, 255 °C a cca 300 °C (spirála).

	PROSCAN 530			FLIR i7 (3)			CT-M2 (1,6 mikronu)	
teplota filtr	50	255	spirála	50	255	spirála	255	Spirála
F0	-	-	-	-	-	-	0,986	0,988
F5	0,559	0,321	0,188	0,571	0,233	0,254	-	-
F8	0,935	0,918	0,881	0,932	0,898	1,000	0,981	0,904

Z tabulky 9 je zřejmé, že vliv filtrů na hodnoty naměřené IČ teploměrem a termokamerou jsou přibližně srovnatelné, jelikož jejich spektrální měřicí rozsah je podobný. Hodnoty propustnosti filtrů mezi těmito dvěma zařízeními se zásadně liší pouze v případě filtru F5 při teplotě 255 °C (cca o 0,1) a při teplotě spirály (cca o 0,07) a v případě měření teploty spirály skrze filtr F8, kdy se již teploty nacházejí mimo měřicí rozsah termokamery (viditelné i na obr. 3). Teploměr CT-M2 je díky snímání záření o vlnové délce 1,6 μm schopen měřit s minimálními ztrátami i přes skleněný filtr F0. Filtr F8 má na teploměr CT-M2 také pouze minimální vliv. Nejvyšší tlumící efekt (cca 10 %) má pro tento teploměr při měřených teplotách filtr F8.

6. Závěr

Bylo provedeno vyhodnocení vlivu 3 různých filtrů (F0 – sklo, F5 – folie na zpětný projektor a F8 – PE folie) na měřicí schopnost 3 termografických snímačů (pyrometru PROSCAN 530, termokamery FLIR i7 a pyrometru CT-M2) při snímání 3 různých těles (černé těleso HYPERION R vyhřáté na teplotu 50 °C, černé těleso GEMINI R vyhřáté na teplotu 255 °C a topná spirála vyhřátá na teplotu cca 300 °C při předpokladu emisivity 0,96). Vyhodnocení je shrnuto v kapitole 5.