

Ćw. 6: Termografia

Zagadnienia do przygotowania:

- 1) Podstawowe mechanizmy transportu ciepła
- 2) Prawo Fouriera
- 3) Termografia w podczerwieni
- 4) Metody wytwarzania połączeń w elektronice mocy
- 5) Przewodność cieplna, a rezystancja cieplna
- 6) Spiekanie jako proces formowania złączy cieplnych w elektronice mocy

Polecana literatura:

- 1) Jan Felba, Montaż w Elektronice, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej,
- 2) Notatki z wykładu
- 3) Internet

Krótki zarys materiału omawianego podczas ćwiczenia:

W ramach ćwiczenia należy przeprowadzić serię pomiarów:

- 1) Analiza wpływu powierzchni na odczyt wartości temperatury – zapoznanie z parametrem emisyjności – kamera Flir TG267
- 2) Detekcje obszarów nagrzewania wskazanego przez prowadzącego układu elektronicznego (tzw. „hot spot”) – kamera Flir TG267
- 3) Pomiar wartości rezystancji cieplnej struktury wskazanej przez prowadzącego – kamera Flir A40m

PO WYKONANIU ĆWICZENIA NALEŻY USUNĄĆ PLIKI Z KAMERY TG267, A TAKŻE Z KOMPUTERA. NALEŻY TAKŻE UPORZĄDKOWAĆ STANOWISKO ORAZ WYŁĄCZYĆ WSZYSTKIE UŻYWANE URZĄDZENIA!

- 1) Analiza wpływu powierzchni na odczyt wartości temperatury – zapoznanie z parametrem emisyjności – kamera Flir TG267:

Na wstępie ćwiczenia należy zapoznać się z kamerą Flir TG267.



Zadaniem do zrealizowania jest ocena wpływu emisyjności powierzchni na odczyt wartości temperatury. W tym celu wykorzystujemy regulowany stolik grzejny o bardzo równomiernym rozkładzie temperatur. Obsługa stolika grzejnego:

Podłączony do prądu stolik uruchamiamy włącznikiem z przodu panelu. Aby nastawić temperaturę należy przytrzymać przycisk „SET” i jednocześnie używać przycisków „^” oraz „v” aby zadać pożądaną wartość temperatury. Następnie należy odczekać na nagrzanie i stabilizację temperatury.

Na powierzchni stolika grzejnego umieszczona jest miedziana płyta, która w połowie jest pokryta warstwą anty odbiciową o znanej emisyjności – 0,98. Drugą częścią płytki jest miedz o nieznanym emisyjności. Wykorzystując ustawienia kamery i znając emisyjność należy dokonać pomiaru rzeczywistej wartości temperatury obszaru „białego” w stanie ustalonym, tzn. po odczekaniu kilku minut od osiągnięcia przez stolik zadanej temperatury. Następnie należy zmierzyć temperaturę na powierzchni „miedzianej”. Kolejnym krokiem jest takie dobranie współczynnika emisyjności, żeby uzyskać rzeczywistą wartość temperatury, tj. taką samą jak w przypadku obszaru białego. Następnie z ustawieniami kamery dla obszaru „miedzianego” dokonujemy pomiaru „białego”.

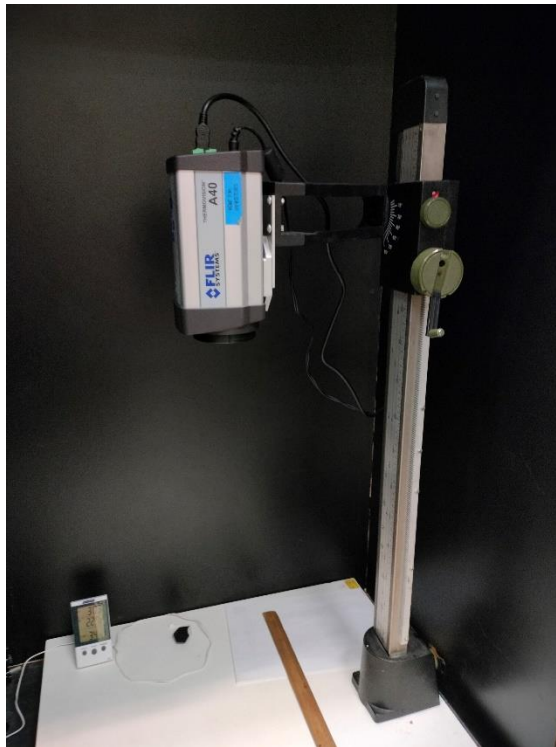
- 2) Detekcja obszarów nagrzewania wskazanego przez prowadzącego układu elektronicznego (tzw. „hot spot”) – kamera Flir TG267

Wykorzystując kamerę Flir TG267 należy dokonać inspekcji wskazanego urządzenia elektronicznego. W tym celu urządzenie będzie w stanie pracy normalnie, a realizujący ćwiczenia mają za zadanie zarejestrować rozkład temperatur oraz wskazać najcieplejsze miejsca, ocenić czy mogą one prowadzić do uszkodzenia urządzenia oraz zastanowić się jakiego typu są elementy.

3) Pomiar wartości rezystancji cieplnej struktury wskazanej przez przewodzącego – kamera Flir A40m

Termografia nazywana też często termowizja jest coraz bardziej popularną metodą diagnostyczną w budownictwie, przemyśle, w tym także w montażu elektronicznym. W związku ze złożonością zagadnienia, a więc i czasu na realizację ćwiczenia przedstawione tutaj zostaną jedynie najważniejsze zagadnienia.

W ramach ćwiczenia będziemy realizować pomiary parametru rezystancji cieplnej dostarczonej przez przewodzącego próbki. W komorze pomiarowej na regulowanym pod względem wysokości znajdują się zamontowana kamera, która jest podłączona do komputera. Obiekty kamery skierowany jest na dół, co pozwala na analizę obiektów znajdujących się na podstawie statywu.



Z obiektywu kamery należy ostrożnie zdjąć pokrywę zabezpieczającą (po lewej stronie przez demontaż pokryw, po prawej po demontażu)



Następnie należy podłączyć kamerę do zasilania oraz potwierdzić jej połączenie przewodem Firewire do komputera na stanowisku. Na uruchomionym komputerze należy włączyć oprogramowanie

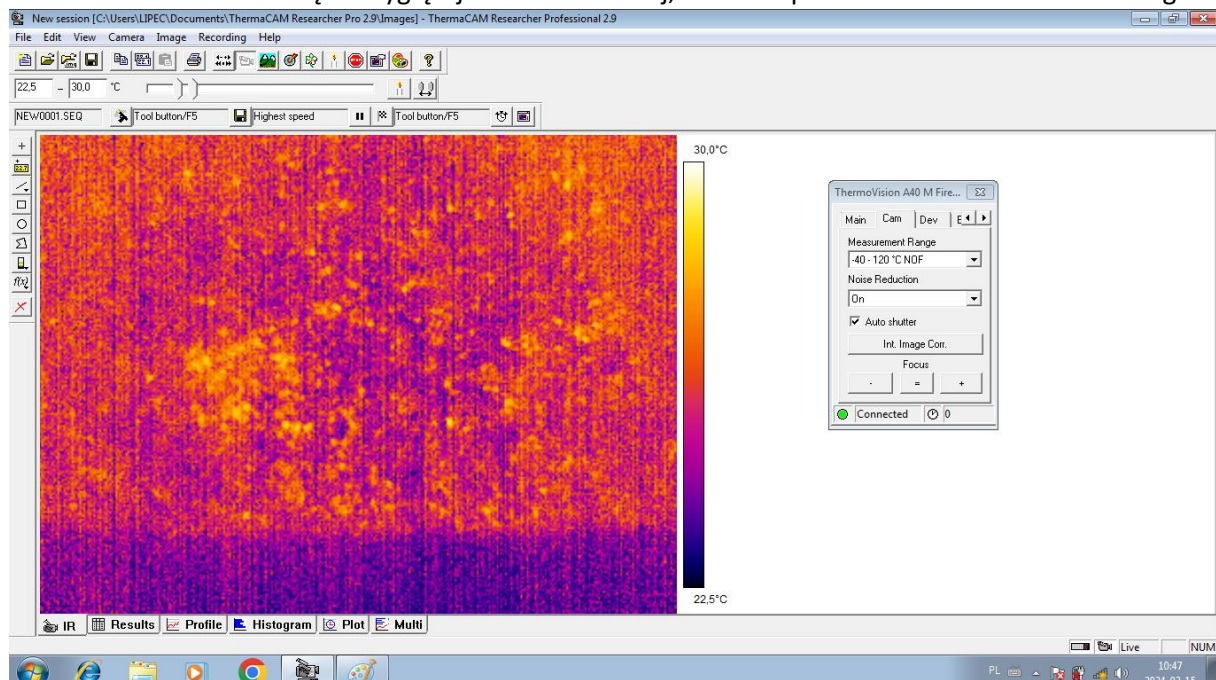
ThermaCAM Researcher Professional. Po włączeniu kamery i programu i odczekaniu około 1 minuty (autoregulacja kamery określona charakterystycznym dźwiękiem po zasileniu kamery), z zakładki „camera” wybrać opcję „connect”. W oknie kontroli kamery prawidłowe połączenie określane będzie zielonym kółeczkiem oraz informację „connected” – rysunek poniżej. Powierzchnia folii aluminiowej powinna znajdować się w odległości 30 cm od kamery, co należy wykonać z użyciem dostępnej na stanowisku linijki. Ponadto w oknie kontroli kamery w zakładce „CAM” wybieramy zakres 40 – 120 st. C. Reszta ustawień bez zmian. Kolejnym etapem konfiguracji kamery jest ustawienie ostrości obrazu, albowiem podobnie jak z fotografii, konieczna jest analiza obrazów o największej ostrości do uzyskania informacji z obrazu. Pojedyncza klatka w termografii określana jest nazwą termogram. Do uzyskania pożądanej ostrości wykorzystujemy 3 ikonki w górnej części okna głównego programu: 1) góry – oddalanie, 2) tarcza ze strzałą – automatyczne ustawiania oraz 3) kwiatek – przybliżanie. Wszelkie pomiary wykonujemy w zamkniętej komorze.

Następnie przechodzimy do czynności, których celem jest zapewnienie prawidłowości pomiaru:

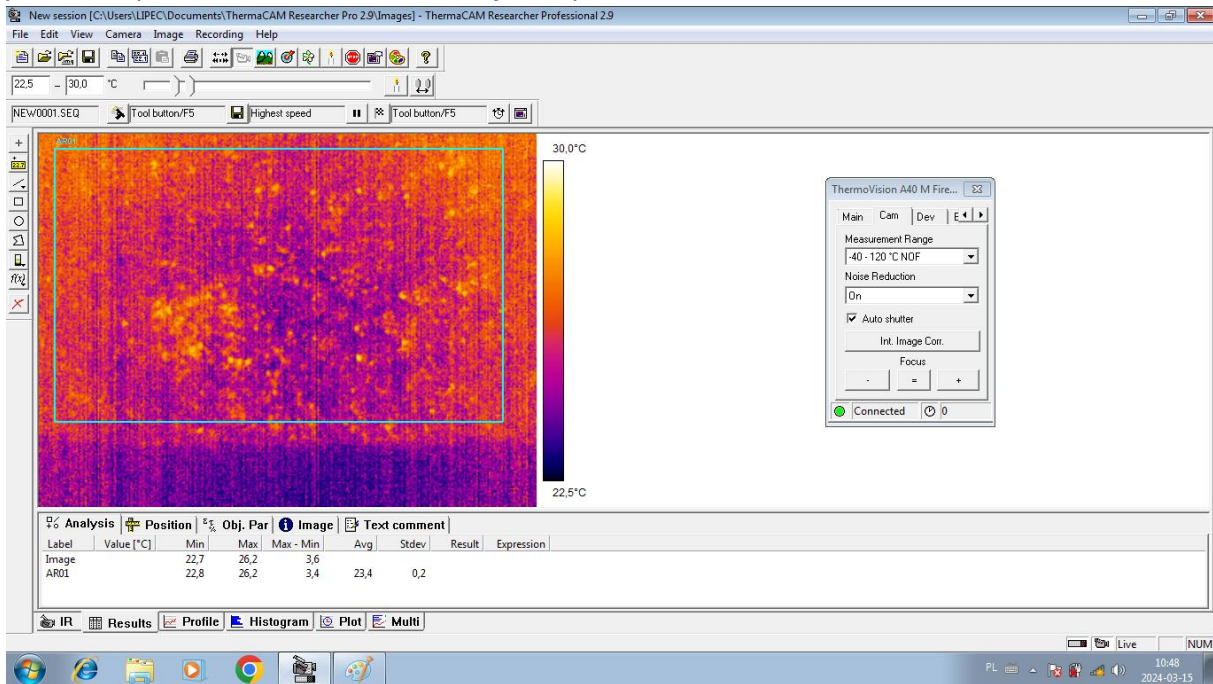
1) Kalibracja – uwzględnienie warunków otoczenia:

Każdy obiekt, którego temperatura jest wyższa niż zero bezwzględne ($> 0\text{ K}$) emituje fale elektromagnetyczne w paśmie podczerwieni, a emisja ta jest związana w drganiach termicznymi atomów. Zatem promieniowanie padające na detektor podczerwieni (w wypadku używanych kamer są to mikrobolometry) może być wynikiem emisji wszystkich otaczających elementów, w tym samej w sobie nagrzanego kamery (urządzenia elektroniczne się nagrzewają w czasie swojej pracy w związku ze stratami), ale także przewodów, każdej powierzchni (ścian, biurka, długopisu, etc.), a promieniowanie to określane jest nazwą temperatury pozornej. Dlatego też zastosowanie komory pomiarowej ma za zadanie wyeliminować wpływ otaczających przedmiotów, a w szczególności, tych bardzo gorących (np. rozgrzane elementy w hutach). Niemniej jednak konieczne jest uwzględnienie promieniowania wnętrza komory, a także umieszczonej w niej pozostałych przedmiotów, w tym nagrzanego kamery. W tym celu:

- 1) Na dnie komory umieszczamy folie aluminiową, której zadaniem jest odbicie promieniowania z różnych kierunków i skierowanie do detektora promieniowania otoczenia. Należy zapewnić widoczność krawędzi wygiętej folii aluminiowej, w celu zapewnienia kontrastu termicznego.



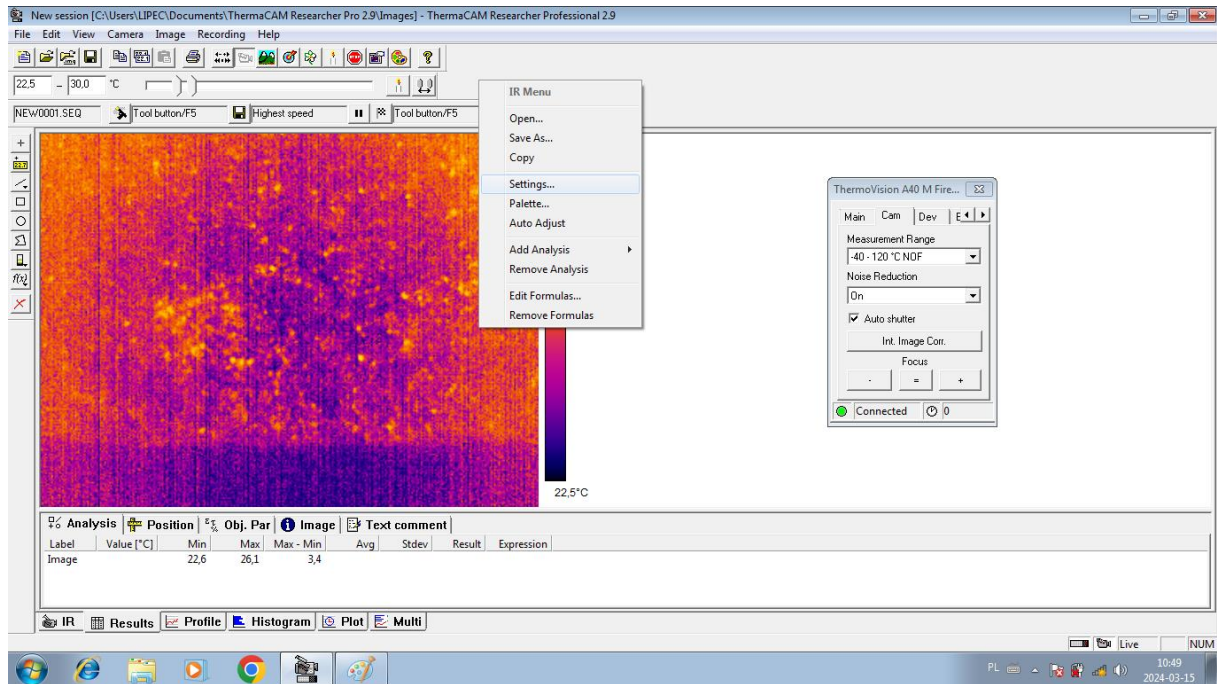
Następnie po lewej stronie ekranu głównego wybieramy opcję prostokąt i zaznaczamy obszar na powierzchni wygiętej folii aluminiowej. Następnie na dole strony głównej przechodzimy do zakładki „results”, z której odczytujemy wartość średnią temperatur dla zaznaczonego obszaru (w tym miejscu możliwy jest odczyt różnych parametrów dla wielu obszarów jednocześnie) – Avg. W naszym wypadku jest to temperatura 23.4 st. C. Wartość tę należy zanotować.



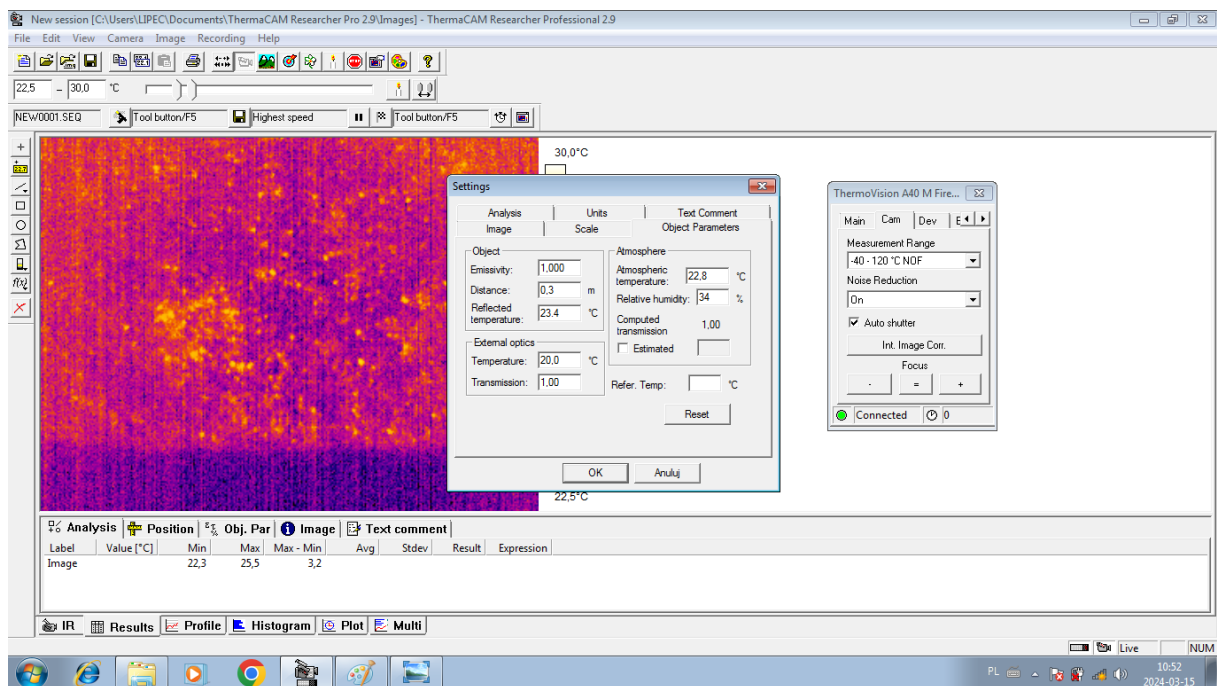
Znając odległość kamery od obiektu (folii aluminiowej) równej 30 cm oraz znając temperaturę pozorną otoczenia (23.4 st. C) należy również dokonać odczytu wartości wilgotności względnej oraz temperatury w komorze i je także zanotować. Para wodna w powietrzu absorbuje promieniowanie podczerwone propagowanych fal, co skutkuje spadkiem intensywności padającego na detektor promieniowania, a absorpcja ta jest zależna od temperatury (a więc temperatury pary wodnej).



Następną czynnością jest wprowadzenie do oprogramowania. W tym celu w oknie głównym programu na obszarze mapy rozkładu temperatur klikamy prawym przyciskiem myszy i wybieramy opcję „settings”. Możliwa jest tutaj też możliwa zmiana palety sposobu wyświetlanych barw (barwa jako reprezentacja wartości temperatury w danym obszarze).

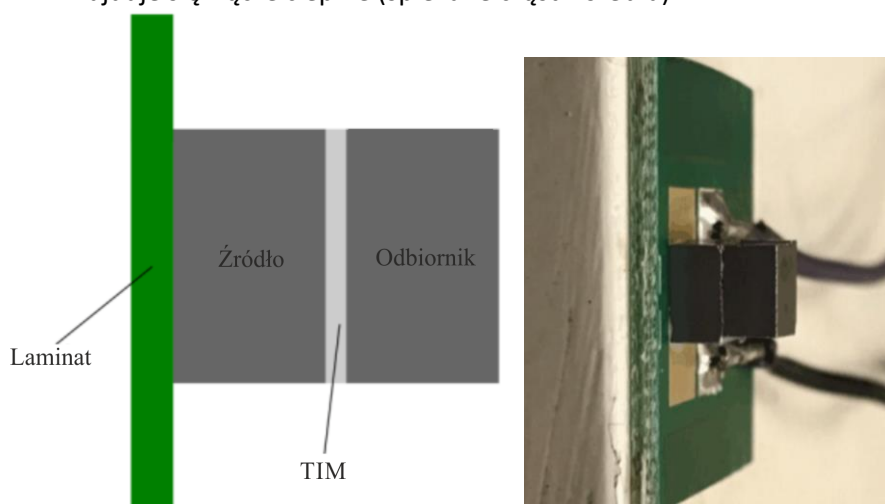


Zapisane dane wprowadzamy w odpowiednie pola (UWAGA W TYM MIEJSCU ZMIENIAMY EMISYJNOŚĆ NA 0.98) i klikamy okay.

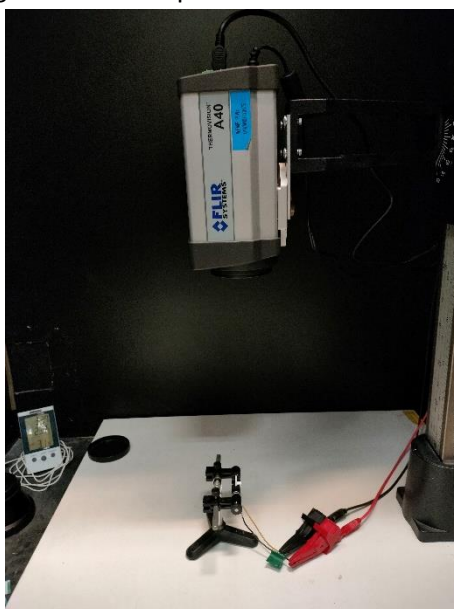


2) Wykonywanie pomiarów:

Posiadając skalibrowany przyrząd pomiarowy możliwe jest przejście do pomiarów. Pod koniec poprzedniego kroku konieczne było wprowadzenie emisyjności na poziomie 0.98, ponieważ obserwowane powierzchnie są pokryte taką samą warstwą jak w przypadku punktu 1 dla kamery TG267. W tej części ćwiczenia będziemy dokonywać pomiaru rezystancji cieplnej złącza, które jest wykonane w technologii niskotemperaturowego spiekania nanocząstek srebra. Taka struktura składa się ze źródła ciepła (rezystor krzemowy o wymiarach 5 mm x 5 mm i grubości 3 mm) oraz podłoża-odbiornika ciepła (również rezystor krzemowy o wymiarach 5 mm x 5 mm i grubości 3 mm). Pomiędzy nimi znajduje się złącze cieplne (spiekane cząstki srebra).

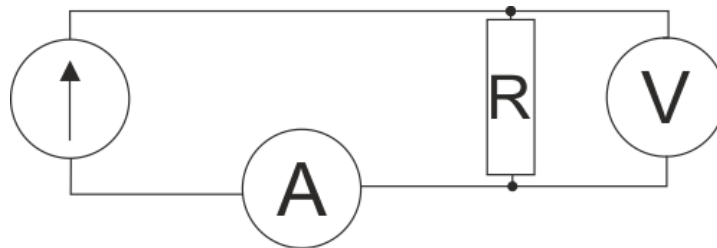


Ciepło w takim układzie przepływa od źródła do odbiornika, a właściwości warstwy pomiędzy nimi będą nas informowały czy transfer ciepła jest efektywny (zbliżone do siebie temperatury źródła i podłoża) czy nie jest efektywny (materiały o małej wartości przewodnictwa cieplnego „przeniosą” małą ilość ciepła ze źródła do odbiornika, a więc różnica temperatur będzie duża). Energia to takiej próbki (jej grzanie) jest dostarczają elektrycznie poprzez układ ścieżek na płytce obwodowej. Zatem układ taki jest grzany rezystancyjnie półprzewodnikiem. Próbkę umieszczoną w uchwycie ustawiamy pod kamerą i ustawiamy odległość 30 cm od próbki.



Ponadto w takim układzie w celu określenia dostarczonej do układu mocy elektrycznej dokonujemy pomiaru przepływającego prądu przez taki rezystor oraz spadem napięcia jaki na nim występuje (zgodnie ze schematem na rysunku poniżej), a obliczenia dokonujemy zgodnie ze wzorem:

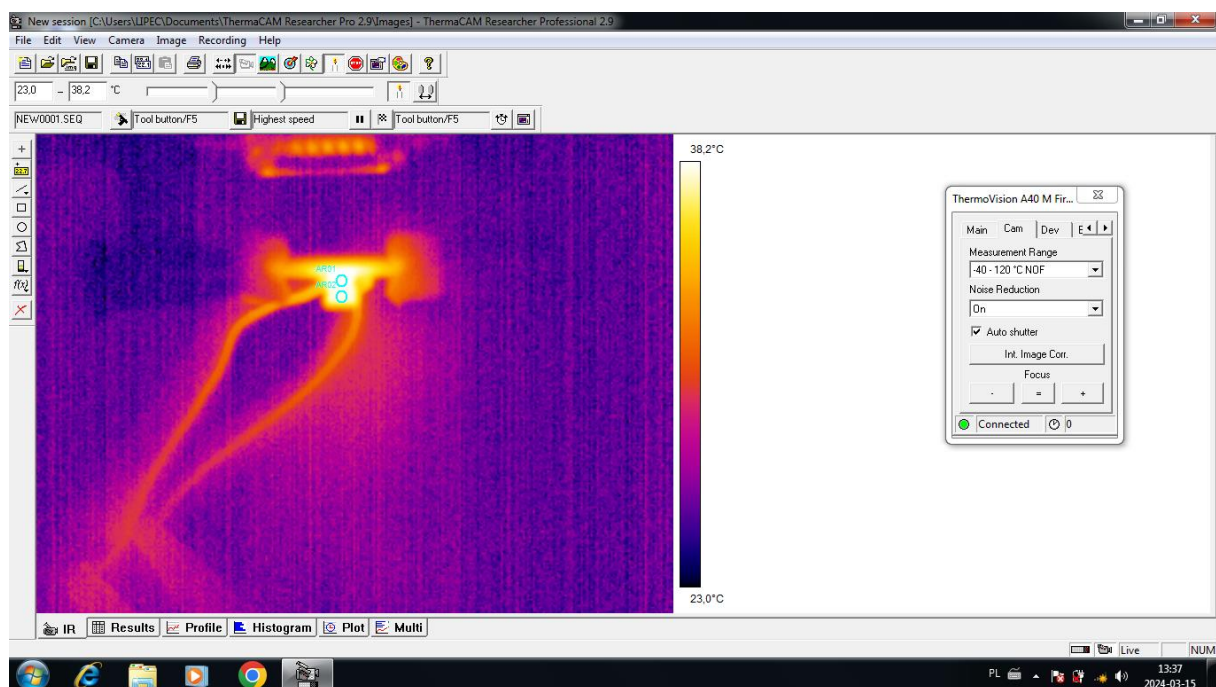
$$P [W] = U \cdot I [V \cdot A].$$



POPRAWNOŚĆ PODŁĄCZENIA UKŁADU PRZED PIERWSZYM URUCHOMIENIEM NALEŻY POTWIERZIĆ U PROWADZĄCEGO!

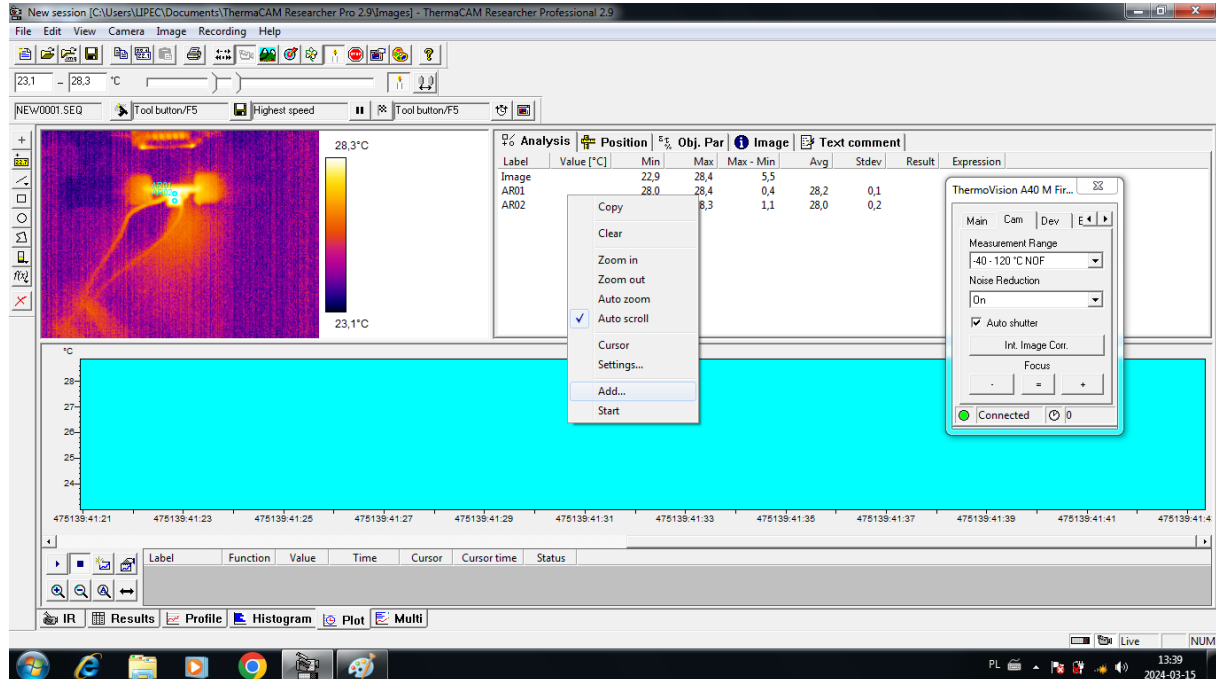
W celu wstępnego określenia obszarów analizowanych struktur, próbkę należy wstępnie nagrzać sterując mocą z zasilacza jednocześnie analizując obszar w którym w oknie programu pojawia się obraz związany z wyższą temperaturą obiektu (np. jak w punkcie wyznaczania emisyjności narzędzie prostokąt). Następnie z użyciem narzędzia rysowania elipsy zaznaczamy obszar źródła, a następnie z użyciem tego samego narzędzia na powierzchni odbiornika.

UWAGA!!!! NIE PRZEKRACZAĆ 100 ST. C TEMPERATURY ŹRÓDŁA!

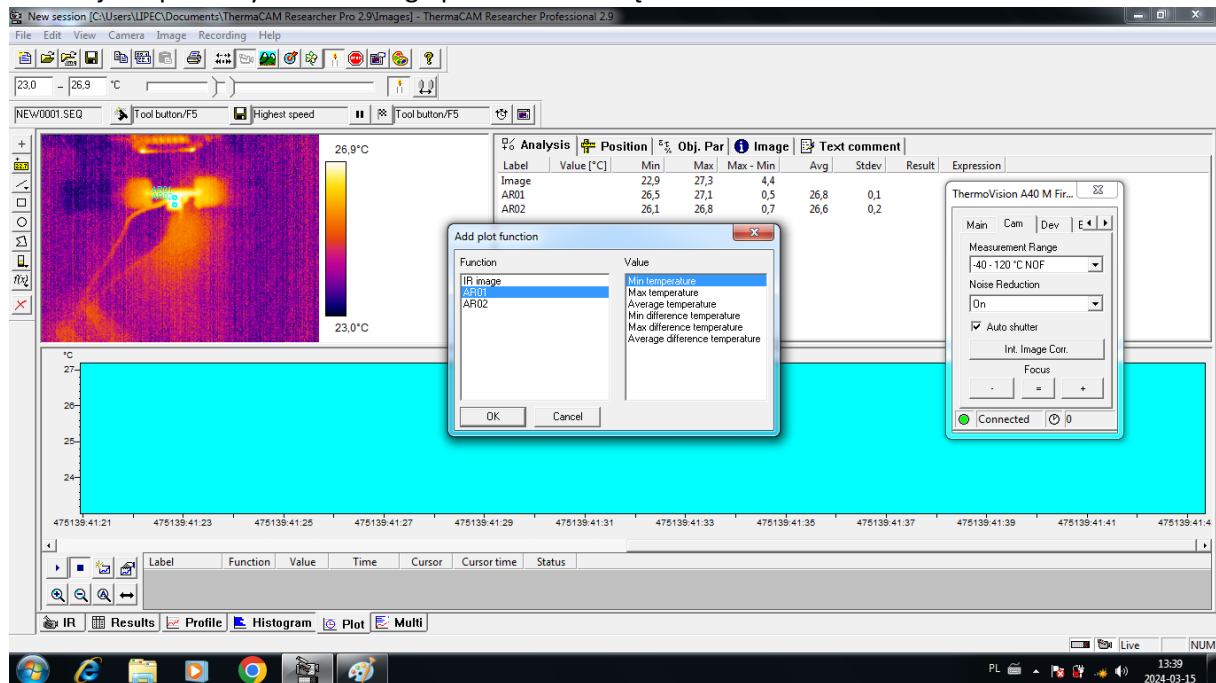


Następnie wyłączamy wyjście zasilacza, a więc przestajemy próbkę nagrzewać i czekamy do uzyskania temperatury pokojowej (<30 st.C). Podczas oczekiwania przechodzimy do zakładki „Plot”, która to będzie pozwalała na zapis wartości temperatur dla wskazanych obszarów w czasie rzeczywistym. Na

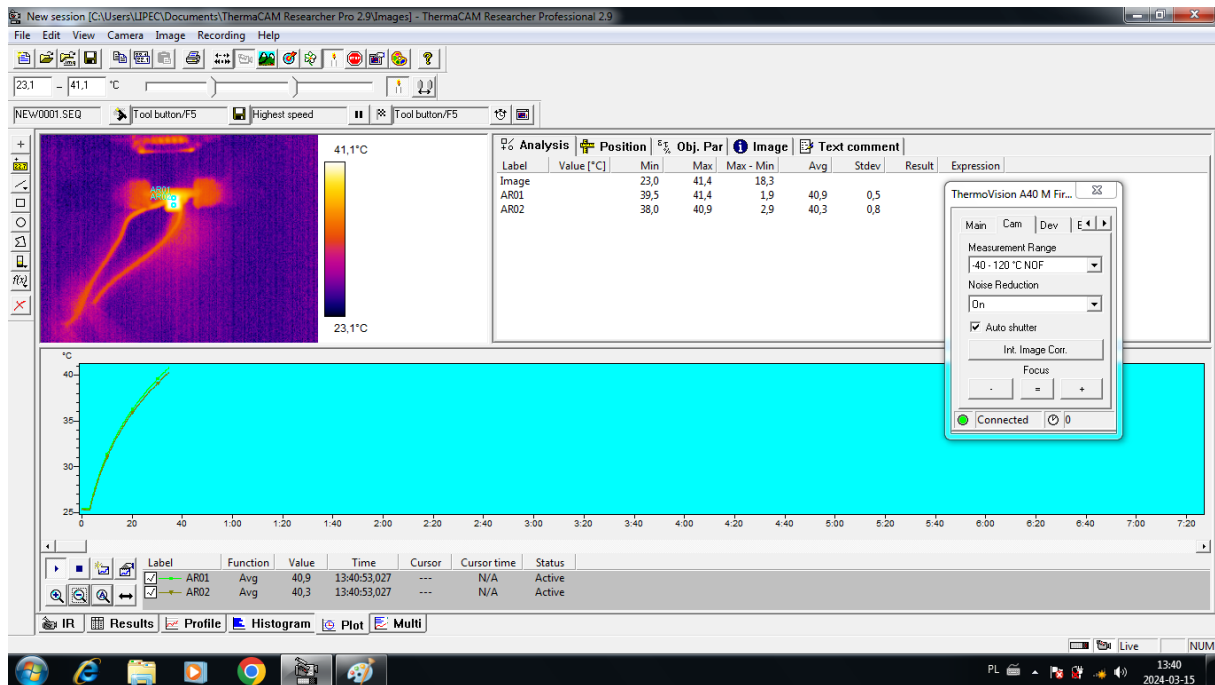
niebieskim obszarze klikamy prawym przyciskiem myszy i wybieramy opcje „Add”.



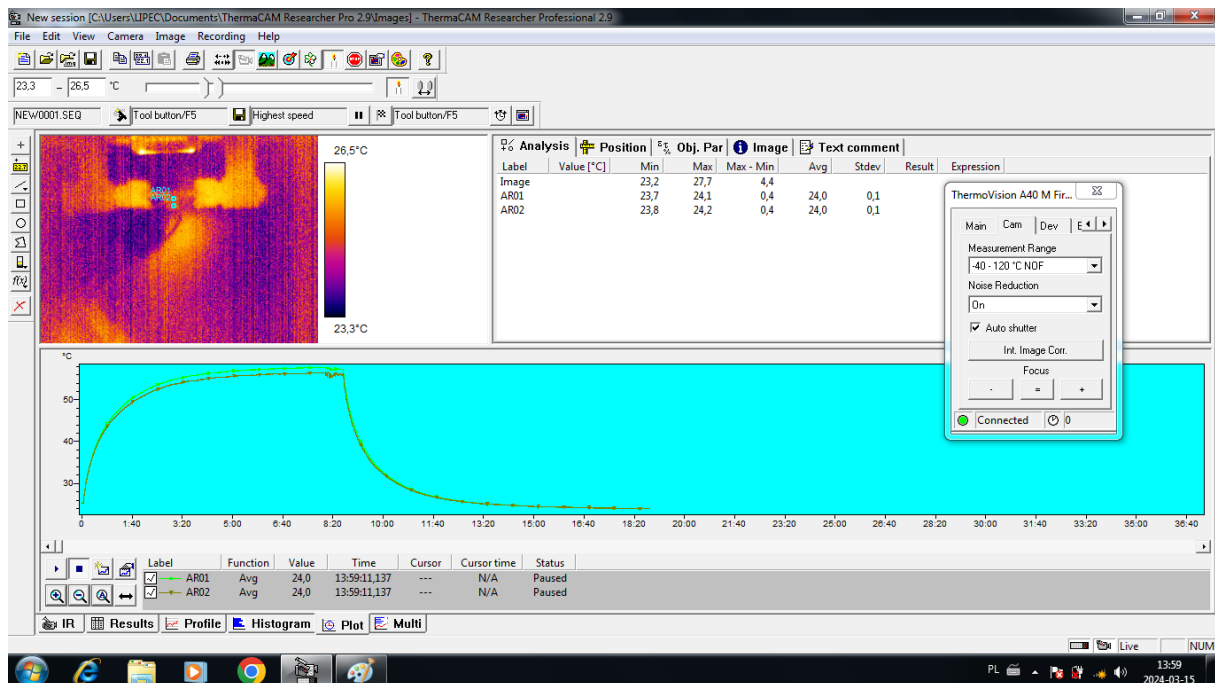
Następnie dla obszaru wybieramy „average temperature”, co pozwoli nam na obserwowanie wartości średniej temperatury zaznaczonej przez dane narzędzie obszaru.



Następnie uruchamiamy rejestrowanie używając przycisku „play”. Jeżeli chcemy zatrzymać klikamy przycisk „stop”. Następnie niezwłocznie włączamy zasilony układ rejestrując pomiar. Skutek powinien być taki jaki poniżej:



Pomiar powinien być dokonany do pełnej stabilizacji temperatur źródła i podłoża (około 10 minut), a charakterystyka nagrzewania i stabilizacji, a następnie wyłączenia i ochładzania jest przedstawiona poniżej.



W stanie ustalonym odczytujemy wartości średnie źródła i podłoża, a także wynik pomiaru napięcia i prądu. Następnie dokonujemy obliczeń rezystancji cieplnej zgodnie ze wzorem:

$$R_{TH} = \frac{\Delta T}{P_{\dot{z}}} = \frac{T_{\dot{z}} - T_o}{U \cdot I} \left[\frac{K}{W} \right]$$

R_{TH} – rezystancja cieplna

ΔT – różnica temperatur źródła i podłoża

T_z – temperatura źródła,
 T_o – temperatura odbiornika/podłoża
U – zmierzone napięcie
I – zmierzony prąd

Termografia jako relatywnie tania, szybka i bezkontaktowa metoda jest w prawdzie próbą możliwie najdokładniejszego oszacowania temperatury rzeczywistej badanego obiektu, a nieznanomość warunków może skutkować poważnymi niedoszacowaniami lub przeszacowaniami.

Przed zakończeniem działania programu ustawiamy emisyjność na wartość 1.0.