

## INSTRUKCJA OBSŁUGI NAPAROWYWARKI PLASMIONIQUE EBH600

Niniejsza instrukcja adresowana jest do użytkowników naparowywarki firmy **Plasmionique model EBH600**. Przekazuje ona niezbędne informacje nt. tego, jak używać tego sprzętu, by praca na nim była bezpieczna zarówno dla urządzenia jak i dla użytkownika.

Instrukcja składa się z 4 części, które pokazują w chronologiczny sposób, co należy robić przed uruchomieniem naparowywarki, jak przeprowadzić proces, jak bezpiecznie wyłączyć urządzenie, a także jak postępować w przypadku wyświetlenia się różnych rodzajów alarmów.

**UWAGA:** na obudowie naparowywarki znajdują się liczne symbole ostrzegające przed niebezpieczeństwem wynikającym z pracy z wysokim napięciem. Zagrożenia tego nie wolno ignorować. Niemniej naparowywarka jest dobrze uziemiona, a wchodzący w jej skład zasilacz wysokiego napięcia jest urządzeniem nowej generacji, wyposażonym w liczne systemy zabezpieczeń oraz wolnym od elementów magazynujących w dużych ilościach energię elektryczną. Powoduje to, że jeżeli tylko układ sterowania naparowywarką nie zgłasza żadnych błędów, dotykanie podzespołów we wnętrzu jej komory jest całkowicie bezpieczne.

### CZYNNOŚCI PRZED PROCESEM – URUCHOMIENIE NAPAROWYWARKI

#### MAGAZYN BUTLI, POKÓJ 1.185

1. Otworzyć zawór od wody lodowej w budynku – czarno-czerwona wajcha po prawej stronie od wejścia, przestawić ją z pozycji poziomej do pionowej ruchem w dół (Rysunek 1a.)
2. Włączyć pompę przyciskiem — **O**. Pompa znajduje się na podłodze po prawej stronie od wejścia.

a)



b)



Rysunek 1. a) Zawór wody lodowej w budynku w pozycji otwartej. b) Pompa wody chłodzącej w wewnętrznym obiegu z zaznaczonym włącznikiem.

3. Na tabliczce znajdującej się na drzwiach szarej szafy stojącej naprzeciwko wejścia i informującej o pracy pompy przesunąć magnes z dedykowanego naparowywarce pola zielonego na czerwone (ma to na celu zapobieżenie sytuacji wyłączenia pompy przez osobę kończącą pracę na pozostałych urządzeniach wykorzystujących wodę chłodzącą).

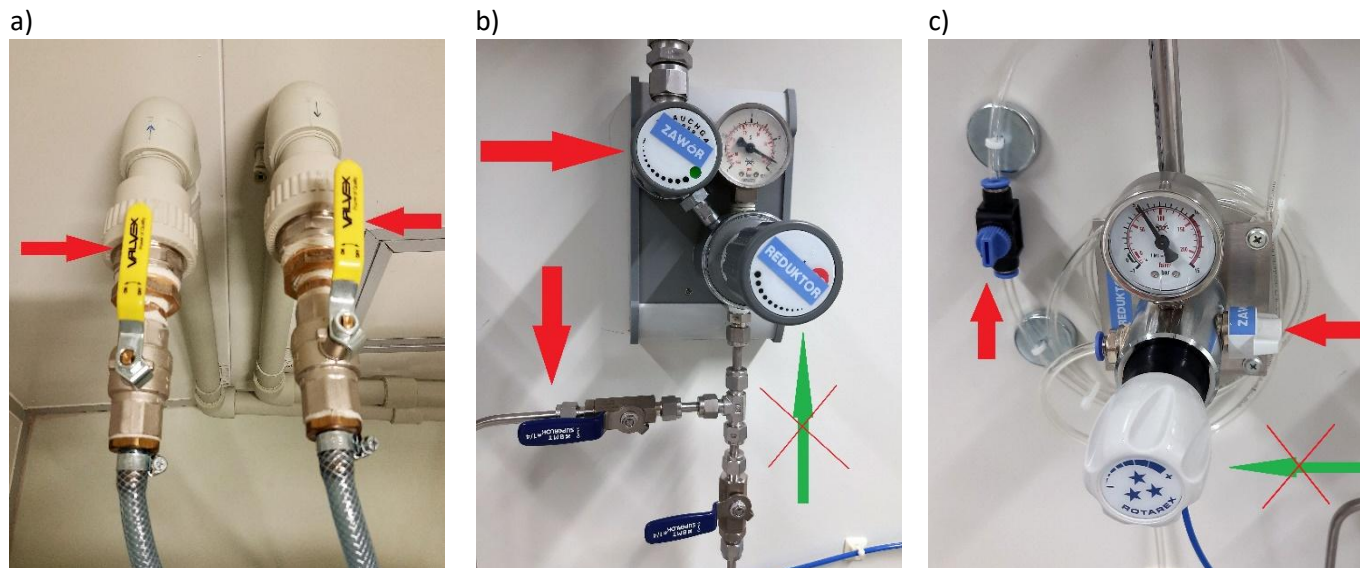
#### POMIESZCZENIE NAPAROWYWARKI, POKÓJ 1.180

##### OTWARCIE ZAWORÓW WODY CHŁODZĄCEJ I AZOTU Z INSTALACJI NAŚCIENNEJ

4. Otworzyć obydwie zawory wody chłodzącej znajdujące się na ścianie za naparowywarką, obracając żółte uchwyty o 90° przeciwnie do ruchu wskazówek zegara (na Rysunku 2a zawory są w pozycji otwartej).  
**UWAGA:** ze względu na dość delikatne ściany wewnętrzne Laboratorium Litografii, przekręcając uchwyty zaworów należy jedną ręką trzymać rury z tworzywa, do których podłączone są zawory.

- Odkręcić zawór od azotu z linii instalacji naściennej o niższym ciśnieniu (pojawi się zielone kółeczko w okienku pokrętła), zmienić położenie wajchy umożliwiającej doprowadzenie azotu do urządzenia, obracając ją o 90° z pozycji pionowej do poziomej - Rysunek 2b pokazuje stan otwarty. Dodatkowo konieczne jest otwarcie także dwóch zaworów z linii o wyższym ciśnieniu – Rysunek 2c pokazuje stan otwarty (**UWAGA:** dodatkowy zawór niebieski syczy przy zamykaniu!)

**UWAGA:** Nie należy zmieniać ustawień reduktorów.



Rysunek 2. a) Zawory wody chłodzącej znajdujące się za naparowywarką. Na zdjęciu w pozycji otwartej. b) oraz c) Zawory doprowadzające azot z instalacji naściennej do naparowywarki, znajdujące się naprzeciwko drzwi wejściowych. Należy otworzyć oba zawory zaznaczone czerwoną strzałką. Na zdjęciu w pozycji otwartej.

### WŁĄCZANIE ZASILANIA NAPAROWYWARKI

- Sprawdzić, czy czerwone pokrętło na gnieździe zasilania urządzenia jest w pozycji I. Jeżeli nie jest, ustawić w tej pozycji. Sprawdzić, w jakiej pozycji znajdują się włączniki bezpieczników naparowywarki zainstalowane na prawym boku obudowy i zabezpieczone szarymi osłonami. Jeżeli są opuszczone (wówczas widać umieszczone pod nimi sygnalizatory w kolorze zielonym), należy podnieść wszystkie, zaczynając od tych po stronie prawej do lewej (Rysunek 3). Sygnalizatory w kolorze czerwonym pod włącznikami bezpieczników ostrzegają, że urządzenie jest w stanie włączonym.



Rysunek 3. a) Włącznik główny znajdujący się na ścianie przy naparowywarce. b) Bezpieczniki na bocznej ścianie urządzenia. Na zdjęciu w pozycji ON.

- Czarny włącznik na przedniej części obudowy urządzenia przekręcić z pozycji 0 na I (w prawym górnym rogu, Rysunek 4a).
- Włączyć komputer (przyciskiem na górnej części panelu z przodu urządzenia).

**UWAGA:** Nie należy przełączać żadnych innych włączników na panelu głównym. 8 włączników POWER pozostaje włączonych podczas pracy, a także po wyłączeniu urządzenia (chodzi o włączniki: 3 górne POWER, 2 środkowe POWER oraz 3 dolne POWER ON po prawej stronie).

a)



b)



Rysunek 4. a) Naparowywarka. b) Panel główny naparowywarki. W czerwonych ramkach zaznaczone zostały najważniejsze komponenty.

## PANEL STEROWANIA URZĄDZENIA

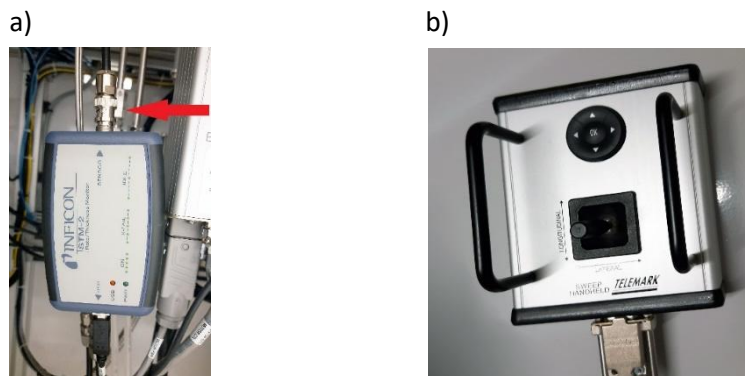
- Trzy górne zasilacze widoczne na panelu głównym dotyczą grzałki uchwytu na próbki w komorze naparowywarki (pierwszy od góry) i działa jonowego (dwa kolejne). Są one zawsze włączone i nie należy ich wyłączać po skończonej pracy.
- Poniżej znajduje się kontroler pompy turbomolekularnej TURBO-MOLECULAR PUMP CONTROLLER. Pompa chłodzona jest powietrzem. **Po zakończeniu procesów konieczne jest pozostawienie pracującej pompy na 30 minut.** W tym czasie wirnik pompy zwalnia stopniowo od prędkości pracy do 0. Czas pozostały do wyhamowania pompy wyświetla się na kontrolerze.
- Kolejny wyświetlacz służy do kontroli karuzeli zawierającej tygłe z materiałami do naparowywania – POCKET INDEXER CONTROLLER, z ekranem dotykowym.
- Poniżej znajduje się kontroler zasilacza źródła elektronowego wytwarzającego wiązkę wysokoenergetycznych elektronów poprzez podgrzanie filamentu (spirali wykonanej z wolframu) i przyspieszenie ich w polu elektrycznym oraz zakrzywienie trajektorii ich ruchu o 270° w polu magnetycznym. Zasilacz przykładu do źródła elektronowego wysokie napięcie przyspieszające DC oraz niskie napięcie AC, które wymuszają przepływ przez filament prądu o natężeniu z zakresu 18-40 A, rozgrzewa go do wysokiej temperatury. Wiązka elektronów uderza w wybrany materiał, który się rozgrzewa i zaczyna stopniowo parować. Użytkownik ma możliwość ustawienia na zasilaczu napięcia DC w zakresie 6-8 kV oraz natężenia prądu emisji z filamentu w zakresie 0-500 mA (**UWAGA:** zasilacz źródła elektronowego może przykładać do niego napięcia o wartościach niższych niż 6 kV, ale 6 kV to najniższe napięcie, dla którego źródło elektronowe pracuje w prawidłowy sposób). Uderzająca w naparowywany materiał wiązka elektronów ma średnicę w granicach 4-5 mm.
- Następny w kolejności jest panel kontrolera sterującego położeniem wiązki elektronowej na tyglu wypełnionym materiałem do naparowania – DIGITAL SWEEP, z ekranem dotykowym. Pozwala on na zaprogramowanie maksymalnie 8 trajektorii, po których może poruszać się wiązka w obrębie tygła, a także na dostosowanie położenia i obszaru ruchu wiązki do rozmiarów tygła. Za zmianę tych ustawień odpowiada

personel techniczny Laboratorium Litografii. Użytkownicy mogą wybrać jedną ze zdefiniowanych trajektorii w programie sterującym naporowywarką.

**UWAGA:** W warunkach normalnej pracy, po prawej stronie ekranu dotykowego znajdują się dwa przyciski: „Pattern” z numerem wybranej trajektorii wiązki oraz „Remote off”. Jeżeli zamiast przycisku „Remote off” wyświetlany jest przycisk „Remote on”, a pod nim przycisk „Run off” oznacza to, że poprzedni użytkownik niechcący wyłączył zdalną kontrolę nad modułem DIGITAL SWEEP i należy ją przywrócić naciskając przycisk „Remote on”. W trybie „Remote off” i po naciśnięciu przycisku „Run off” możliwe jest ręczne sterowanie położeniem wiązki elektronowej na tyglu za pomocą joysticka pokazanego na Rysunku 5b. Ta opcja jest jednak przeznaczona wyłącznie dla doświadczonych użytkowników naporowywarki.

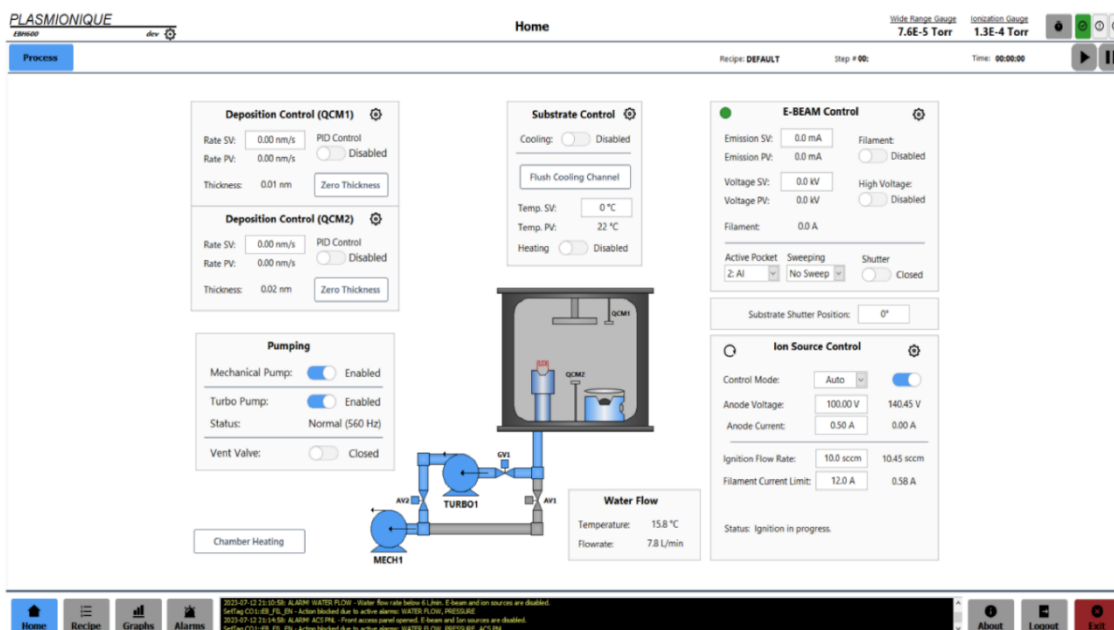
14. Na samym dole panelu głównego naporowywarki znajduje się zasilacz źródła elektronowego obsługiwany w całości przez program sterujący naporowywarką. Przed przystąpieniem do procesu naporowania należy tylko upewnić się, czy znajdujący się w prawym dolnym rogu panelu zasilacza włącznik bezpiecznika jest podniesiony (świadczy o tym czerwone wypełnienie sygnalizatora znajdującego się pod włącznikiem). Jeśli nie (zielone wypełnienie sygnalizatora znajdującego się pod włącznikiem), należy przesunąć go ku górze.
15. W komorze naporowywarki zamontowane są dwie wagi kwarcowe QCM1 i QCM2. Zielone/czerwone kropki wyświetlające się w programie obsługi naporowywarki w panelach poświęconych poszczególnym wagom informują o tym, czy ich praca jest prawidłowa. Szczególnie waga QCM2 często sygnalizuje problemy. Jeżeli sygnalizator którejkolwiek z wag jest czerwony, należy rozłączyć i ponownie podłączyć krótszy przewód koncentryczny łączący wagę z kontrolerem. Kontroler wagi QCM1 znajduje się nad komorą naporowywarki, a kontroler wagi QCM2 pod komorą. Aby znaleźć kontroler wagi QCM2, należy otworzyć metalowe drzwi obudowy naporowywarki (Rysunek 5a).

**UWAGA:** jeżeli odłączenie i ponowne podłączenie krótszego przewodu koncentrycznego łączącego wagę kwarcową z kontrolerem nie pomaga, należy skontaktować się z obsługą techniczną Laboratorium Litografii.



Rysunek 5. a) Kontroler wagi kwarcowej. Czerwona strzałka pokazuje złącze, które należy rozłączyć i złączyć ponownie. b) Joystick sterujący położeniem wiązki elektronowej na tyglu.

## LOGOWANIE DO SYSTEMU, URUCHOMIENIE PROGRAMU STERUJĄCEGO



Rysunek 6. Panel główny programu EBH600 sterującego naparowywarką.

16. Należy zalogować się do systemu Windows. Hasło do komputera to: **plasma1**
17. Uruchomić program EBH600 (skrót do programu znajduje się na pulpicie). W tym momencie powinny aktywować się wyświetlacze i kontrolki wszystkich modułów tworzących panel główny naparowywarki. Jeżeli tak się nie dzieje, a dodatkowo jest zapalona na czerwono środkowa kontrolka poniżej czerwono-żółtego przycisku wyłączania awaryjnego naparowywarki, należy przekręcić czarny włącznik na obudowie z pozycji **I** na **0** i z powrotem na **I** (patrz punkt 7. niniejszej instrukcji).
18. Należy wybrać swoją nazwę użytkownika i zalogować się. Każdy użytkownik otrzymuje swoje indywidualne konto, na którym będzie mógł pracować zgodnie z otrzymanymi uprawnieniami. Rysunek 6 przedstawia główny panel (Home) programu EBH600, z poziomu którego kieruje się całym procesem.

### PRZYGOTOWANIE DO NAPAROWANIA

19. Po przygotowaniu próbki do naparowania należy odpowiednio umieścić ją w komorze, w sposób omówiony podczas szkolenia.
20. Należy upewnić się, że drzwiczki od komory zostały dobrze domknięte. Przed rozpoczęciem odpompowania komory należy zabezpieczyć je blokadą mechaniczną po lewej stronie. Po odpompowaniu komory blokadę można poluzować, aby w razie wystąpienia niekontrolowanego wzrostu ciśnienia w komorze (bardzo mało prawdopodobne) drzwiczki otworzyły się, co zabezpieczy przed uszkodzeniem podzespoły znajdujące się wewnątrz komory.

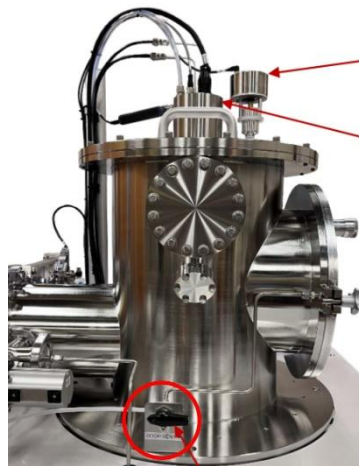
### PRACA Z WYKORZYSTANIEM GOTOWYCH PROCEDUR

21. Po kliknięciu na ikonę „Recipe” należy nacisnąć na przycisk „Open” po prawej stronie, a następnie w oknie dialogowym, które pojawi się na ekranie, wybrać i uruchomić procedurę odpompowania komory – **03 pump\_from\_atmospheric\_pressure.rcp**. Po powrocie do ekranu „Home”, na górnym pasku po prawej stronie wyświetla się informacja o tym, jaka procedura i jaki krok jest aktualnie wykonywany.
22. Po zakończeniu procedury odpompowania należy uruchomić wybraną procedurę naparowania. W przypadku wykonywania powłok złożonych z warstw różnych materiałów etap ten można powtarzać wielokrotnie. W początkowej fazie naparowania, kiedy natężenie prądu emisji elektronów ze źródła stopniowo rośnie (zwykle w tempie 1 mA/s) należy zwrócić uwagę, czy wiązka trafia w środek tygła z materiałem do naparowania. W tym celu należy obrócić przesłonek okienka w drzwiczkach komory naparowania i zajrzeć

przez nie do wnętrza komory. Do wartości natężenia prądu emisji równej 10-15 mA wiązka będzie widoczna na tyglu w postaci bładoniebieskiej, a następnie bladożółtej plamki. Jeżeli plamka ta nie znajduje się w centrum tygla, należy niezwłocznie zatrzymać wykonanie procedury naparowania, a następnie na ekranie „Home” programu sterującego naparowywarką wpisać w pole „Emission SV” wartość 0.0 mA i potwierdzić ją przyciskiem Enter. Po spadku natężenia prądu emisji elektronów do 0 (odczyt w polu „Emission PV”) należy kliknąć na przycisk „Filament”, tak aby zmienił kolor z niebieskiego na szary, po czym to samo zrobić z przyciskiem „High Voltage”, co spowoduje wyłączenie wysokiego napięcia DC przykładanego do źródła elektronowego (odczyt w polu „Voltage PV” powinien spaść do 0). W następnym kroku należy niezwłocznie poinformować o zaistniałej sytuacji personel Laboratorium Litografii.

**UWAGA:** pod żadnym pozorem nie wolno zaglądać do wnętrza komory przez okienko w drzwiczkach, jeżeli natężenie prądu emisji elektronów jest większe od 20 mA. Rozgrzany wiązką elektronową materiał w tyglu emituje bardzo intensywne światło widzialne, co stanowi zagrożenie dla wzroku i może doprowadzić do jego trwałego uszkodzenia.

23. Jeżeli po zakończonym procesie naparowania chcemy wyjąć próbki, ale będziemy przeprowadzali procesy naparowania na kolejnych, należy uruchomić procedurę zapowietrzania komory – **02 vent\_with\_bypassing\_turbo.rcp**. Po zapowietrzeniu komory jej drzwiczki powinny otworzyć się samoczynnie, o ile tylko została wcześniej zluźniona blokada mechaniczna. Jeśli pomimo poluzowania blokady drzwiczki są wciąż mocno przyssane do ścianki bocznej komory, należy zapowietrzyć uszczelnioną przestrzeń pomiędzy tymi drzwiczkami a obudową komory za pomocą zaworu (czarnej wajchy) oznaczonej czerwonym kółkiem na Rysunku 7. Następnie należy powtórzyć kroki 19-20 niniejszej instrukcji, po czym uruchomić procedurę: **04 pump\_with\_turbo\_running\_bypassed.rcp** a następnie odpowiednią procedurę/procedury naparowania.



Rysunek 7. Zawór zapowietrzania uszczelnionej przestrzeni pomiędzy drzwiczkami komory a jej obudową.

24. Jeżeli chcemy tylko wyjąć próbki z komory i zakończyć pracę z naparowywarką, należy uruchomić procedurę: **01 vent\_to\_atmospheric\_pressure.rcp**.  
**UWAGA:** w razie problemów z otwarciem drzwiczek komory patrz punkt 23. niniejszej instrukcji.

### WYŁĄCZENIE URZĄDZENIA PO SKOŃCZONEJ PRACY

25. Wyłączyć program EBH600 klikając na czerwony przycisk „Exit” w prawym dolnym rogu.  
26. Czarny włącznik na panelu z przodu urządzenia (prawy górny róg) przekręcić z pozycji **I** na **0**.  
27. Bezpieczniki znajdujące się na prawej ścianie urządzenia należy pozostawić w stanie włączonym, czyli podniesione (Rysunek 3b).  
28. Czerwone pokrętło na gnieździe zasilania urządzenia należy pozostawić w pozycji włączonej (Rysunek 3a pokazuje stan wyłączony).

29. Zakręcić zawór od azotu z linii instalacji naściennej o niższym ciśnieniu, zmienić położenie wajchy umożliwiającej doprowadzenie azotu do urządzenia, a także dwa zawory z linii o wyższym ciśnieniu, tak jak zaznaczono na Rysunku 2.

**UWAGA:** dodatkowy zawór niebieski syczy przy zamykaniu!

**UWAGA:** Nie należy zmieniać ustawień reduktorów.

30. Zamknąć obydwa zawory wody chłodzącej znajdujące się na ścianie za naparowywarką (Rysunek 2a).

### W MAGAZYNIE BUTLI, POKÓJ 1.185

31. Wyłączyć pompę przyciskiem — **O**. Pompa znajduje się na podłodze po prawej stronie od wejścia.

32. Zamknąć zawór od wody lodowej w budynku – czarno-czerwona wajcha po prawej stronie od wejścia, przestawić ją z pozycji pionowej do poziomej ruchem w górę.

33. Na tabliczce informującej o pracy pompy przesunąć magnes z pola czerwonego na zielone.

34. Zgasić światło, wychodząc.

### DODATEK: ALARMY

Wszyscy użytkownicy mogą przeglądać stan alarmów zgłaszanych przez oprogramowanie sterujące naparowywarką, ale tylko administrator może je zmieniać. Dostęp do wykazu alarmów przedstawionego na Rysunku 8 daje przycisk „Alarms” na dole po lewej stronie ekranu głównego programu sterującego naparowywarką. Wchodzące w skład tego zestawu alarmy to:

Alarm Name	Description				
CO1 COMM	CO1 Communication Alarm	CLEAR	ACK	ENABLED	UNSHELVED
TURBO COMM	Turbomolecular Pump Communication Alarm	CLEAR	ACK	ENABLED	UNSHELVED
QCM1 COMM	QCM1 Communication Alarm	CLEAR	ACK	ENABLED	UNSHELVED
QCM2 COMM	QCM2 Communication Alarm	CLEAR	ACK	ENABLED	UNSHELVED
MQTT COMM	MQTT Broker Communication Alarm	CLEAR	ACK	ENABLED	UNSHELVED
WATER FLOW	Water Flowrate Alarm	CLEAR	ACK	ENABLED	UNSHELVED
WATER TEMP	Water Temperature Alarm	CLEAR	ACK	ENABLED	UNSHELVED
PRESSURE	Chamber Pressure Alarm	CLEAR	ACK	ENABLED	UNSHELVED
ION OOG	Ion Source Out of Gas Alarm	CLEAR	ACK	ENABLED	UNSHELVED
CHAMBER DOOR	Chamber Door Open Alarm	CLEAR	ACK	ENABLED	UNSHELVED
ACS PNL	Front Access Panel Open Alarm	CLEAR	ACK	ENABLED	UNSHELVED
HSUB OVERTEMP	Substrate Heating Overtemperature Alarm	CLEAR	ACK	ENABLED	UNSHELVED

Rysunek 8. Ekran wyświetlający się po naciśnięciu przycisku „Alarms” w programie EBH600.

- **CO1 COMM:** Błąd komunikacji ze sterownikiem systemu. Wyłącza zasilacze prądu stałego podłączone do działa jonowego, wyłącza wysokie napięcie przykładane do filamentu źródła elektronowego i zatrzymuje wykonanie procesu. Uruchomione zostaną wtedy wszystkie blokady bezpieczeństwa.
- **TURBO1 COMM:** Błąd komunikacji ze sterownikiem pompy turbo.
- **QCMn COMM:** Błąd komunikacji ze sterownikiem wagi kwarcowej. Wyłącza pętlę PID kontroli szybkości naparowywania dla danej wagi.
- **MQTT COMM:** Błąd komunikacji z urządzeniem za pośrednictwem protokołu MQTT. Ważny tylko w przypadku zdalnego monitorowania pracy naparowywarki.

- **WATER FLOW:** Przepływ wody chłodzącej mniejszy niż 6 l/min. Wyłącza zarówno źródło elektronowe jak i działło jonowe.
  - **WATER TEMP:** Temperatura wody chłodzącej poza zakresem 17 – 25°C. Wyłącza zarówno źródło elektronowe jak i działło jonowe.
  - **PRESSURE:** Ciśnienie w komorze powyżej 0,01 Torr (0,0133 mbar). Wyłącza zarówno źródło elektronowe jak i działło jonowe.
  - **ION OOG:** Alarm aktywowany w warunkach nieprawidłowego dopływu argonu z butli do działła jonowego. Wyłącza działło jonowe.
  - **CHAMBER DOOR:** Alarm otwartych drzwi komory. Wyłącza źródło elektronowe, grzanie uchwytu na próbki i działło jonowe.
  - **ACS PNL:** Alarm otwarcia metalowych drzwi znajdujących się pod komorą. Wyłącza zarówno źródło elektronowe jak i działło jonowe.
  - **H SUB OVERTEMP:** Temperatura podłoża wyższa niż 625°C lub awaria termopary. Zatrzymuje obwód grzania uchwytu na próbki.
  - **H CHM OVERTEMP:** Temperatura w komorze wyższa niż 75°C lub awaria termopary. Zatrzymuje obwód grzewczy komory (opcja grzania komory niedostępna w standardowym trybie pracy naparowywarki).
- Czerwone pole alarmu ACK oznacza, że wystąpiła jakaś nieprawidłowość, ale aktualnie działanie urządzenia jest prawidłowe. Pole to jednak pozostanie czerwone, dopóki jeden z użytkowników naparowywarki nie potwierdzi, że zauważył ten alarm. W tym celu na ekranie „Alarms” należy zaznaczyć wybrany alarm i nacisnąć znajdujący się po prawej stronie przycisk „ACK Alarm”. Jeżeli uruchomiony został więcej niż jeden alarm, zatwierdzenia wszystkich aktywnych alarmów można dokonać przyciskiem „ACK All Alarms”. Zanim wszystkie aktywne alarmy nie zostaną potwierdzone przez użytkownika, na ekranie „Home” oprogramowania sterującego naparowywarką przycisk „Alarms” będzie migać. Zatwierdzenie alarmów umożliwi normalną pracę naparowywarki, o ile problemy, które spowodowały ich wystąpienie, zostały usunięte.
  - Alarm ENABLED – dostępny jest wyłącznie z panelu administratora. Umożliwia ręczne włączenie i wyłączenie alarmu.
  - Alarm UNSHELVED/SHELVED – to pole wskazuje, czy dany alarm – bez względu na to, czy jest aktywny, czy nie – jest istotny dla aktualnego stanu pracy naparowywarki.
  - Alarm CLEAR/TRIPPED – komunikat w tym polu zmienia się, gdy podczas pracy urządzenia coś się dzieje nieprawidłowo.