

# Řízení difuzních pecí v polovodičovém průmyslu

## Úvod

Hlavní náplní firmy SofCon s.r.o. je výroba řídicích systémů a podpora jejich aplikací v různých oborech. Tento článek seznamuje čtenáře s nasazením řídicích systémů v polovodičovém průmyslu.

Jedním ze zákazníků firmy SofCon s.r.o. je od května roku 1999 rožnovská firma Tesla

SEZAM a.s.. Firma zabývající se výrobou integrovaných obvodů a jejich pouzdřením je v současné době součástí nadnárodního společenství ON-Semiconductor. Pro výrobu integrovaných obvodů je třeba vedle požadované čistoty výrobního prostředí zajistit i dostatečnou přesnost a opakovatelnost výrobního postupu. Pokud je výrobní proces dostatečně přesný a je zajištěna téměř 100% opakovatelnost, dochází ke snížení zmetkovitosti, zvýšení výroby a snížení nákladů, a tím i ke zvýšení zisku firmy. V současné době jsou výrobní kapacity ve firmě Tesla SEZAM a.s. při plném provozu rozšiřovány a modernizovány. Po náročných kvalifikačních procedurách byl pro použití v polovodičovém průmyslu, konkrétně pro funkci řízení a monitorování pecí (v současnosti difuzní, LPCVD, PECVD, CVE technologie), kvalifikován průmyslový řídicí systém založený na terminálu TERM10B od firmy SofCon, s.r.o.



## Řídicí systém pro difuzní pece

Pro technologie difuze, oxidace, nitridace atd. se v Tesla SEZAM a.s. používají trubkové pece s elektrickým ohřevem. Trubka je rozdělena na tři topné zóny - přední, střední a zadní, ve kterých probíhá podle předem definovaného teplotního programu regulace teploty. Vedle požadované teploty je třeba dle definovaného programu do prostoru pece připouštět i požadovaná množství

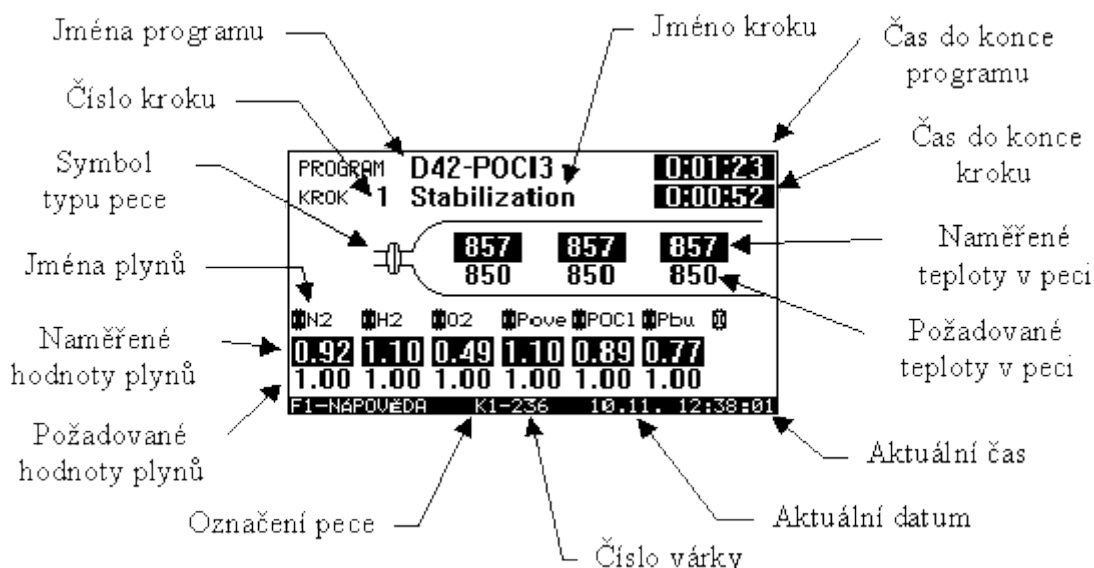


konkrétních plynů (vodík, kyslík, dusík, fosfín, atd.). Některé technologie probíhají ve vakuu, a proto je třeba provádět vyčerpání pece a následnou kontrolu tlaku v peci. Nedílnou součástí pece je i řízení pohybu tzv. pádla, zavážejícího do pece sady křemíkových destiček.

Vzhledem k postupnému vybavování firmy Tesla SEZAM a.s. novými zařízeními a vzhledem k odlišnostem potřebných technologií jednotlivých pecí byla konfigurace řídicího systému firmy SofCon, s.r.o. optimalizována tak, aby byl bez změn hardware použitelný u všech typů pecí. Případné odlišnosti jsou řešeny použitím různých interface desek společně s procesní parametrizací programového vybavení. Programové vybavení se rozděluje na dvě části, program pro řídicí systém TERM10B a program supervisoru na PC.

## Řídicí systém TERM10B

Program řídicího systému TERM10B je modulární a skládá se z jednotlivých bloků: teplota, plyny, alarmy a aborty, archivace, technologická a servisní nastavení.



## Teploty

V peci probíhá regulace ve třech teplotních zónách, které se navzájem ovlivňují - přední, střední a zadní. Časový průběh požadované teploty je řízen podle procesního programu, který je do řídicího systému zaváděn ze supervisoru na PC. Požadovaná teplota je dle procesního programu přepočítána přes tzv. profilační tabulky, které popisují kalibraci termočláneků a rozložení teplot v peci, a následně zaslána do bloku regulace. Regulace teploty je dle typu pece realizována buď přímo pomocí programového PID regulátoru v systému TERM10B nebo externími regulátory EUROTHERM nebo ASCON, které jsou připojeny po komunikační lince RS485 s protokolem MODBUS. Ve všech případech se dosahuje přesnosti ustálení a opakovatelnosti lepší než  $\pm 0.5$  °C od požadované hodnoty 300 až 1300 °C.

## **Plyny**

Konfigurace systému je navržena tak, aby bylo možno do systému připojit 15, resp. 17 analogových smyček (analogový vstup a výstup 0-5V) a k jednotlivým smyčkám přiřadit v technologické definici pece libovolný z 24 digitálních výstupů (tzv. ovládání asociovaného ventilu). V procesním programu popisujícím technologii definujeme hodnotu, kterou chceme na daný analogový výstup nastavit, a pokud to technologie umožňuje, je skutečná hodnota přiváděna zpět na odpovídající analogový vstup. Vlastní regulace správného množství přiváděného plynu je realizována hmotnostními regulátory. Tyto "plynové" smyčky se mohou použít i k ovládání pádla, sledování tlaku v peci, či k ovládání jiného zařízení obdobného charakteru.

## **Hlášení chyb, ošetření chybových stavů**

Technologickým chybám je nutno předcházet již před jejich vznikem. Za tímto účelem je systém vybaven aparátem sledujícím hodnoty na jednotlivých vstupech (teploty, plyny a 24 digitálních vstupů) a vyhodnocujícím odchylky od požadovaného stavu. Při překročení mezí definovaných v procesním programu je hlášen alarm, případně je procesní program "abortován", tj. přerušen, přechodem do přednastaveného kroku v procesním programu, který zajistí definované ukončení programu, a tím i definované ukončení technologické operace.

## **Archivace**

Pro potřeby sledování kvality výroby je systém vybaven dvěma archivy - archivem událostí a archivem trendů. Do archivu událostí se ukládají záznamy o zásazích obsluhy, vzniklých alarmech a abortech, vypnutí a zapnutí systému, zpracování procesního programu atd. Do archivu trendů se ukládá obraz měřených a požadovaných teplot a parametrů plynů a obraz digitálních vstupů. Periodu ukládání dat do archivu trendů je možno uživatelsky nastavit. Archivy jsou ukládány do paměti řídicího systému TERM10B, odkud jsou následně supervisorem na PC periodicky vyčítány do souborů na disku. Program supervisor umožňuje jejich prohlížení a grafické znázornění.

## **Technologická a servisní nastavení**

Nastavení těchto parametrů je vzhledem k bezpečnosti provozu pece chráněno přístupovým heslem. Nastavují se zde parametry, týkající se kalibrace termočlánků, kalibrace vstupů a výstupů, nastavení filtrů, parametry PID regulátorů, atd. .

## **Technická data**

- Řídicí systém TERM10B, grafický displej 5.5", 240x128 bodů, 55 kláves, 8xLED, piezo-signalizace.
- 3 Teplotní zóny
- 15(17) Plynových smyček
- 10 Technologických programů (po 50 krocích)
- 5 Profilačních tabulek (kalibrace termočlánků)
- 20 Analogových výstupů (0-5V)
- 16 Analogových vstupů (0-5V)

- 24 Digitálních vstupů 24VDC
- 24 Digitálních výstupů 24VDC
- COM1 RS485 - připojení PC, supervisor - protokol SOFCON
- COM2 RS485 - připojení regulátorů teploty, EURO THERM, ASCON - protokol MODBUS
- COM3 RS232 - servis

## Supervisor na PC

Supervisor je program běžící pod o.s. Windows na počítači PC, který komunikuje s řídicím systémem pece prostřednictvím sériové linky RS485. Supervisor dovoluje současně obsluhovat řídicí systémy 4 pecí. Supervisor poskytuje komfortní uživatelské rozhraní pro obsluhu řídicího systému pece. Mezi základní funkce supervisoru patří:

- příprava a editace procesních programů
- příprava a editace konfigurační tabulky technologie
- zavádění procesních programů a konfiguračních tabulek do řídicího systému pece
- obsluha pece v online režimu, tj. spouštění a obsluha procesních programů
- periodické vyčítání datových archivů z řídicích systémů pecí
- prohlížení aktuálních i uložených datových archivů s možností grafického zobrazení dat z archivu trendů

## Závěr

Výše popsaný řídicí systém pro řízení technologie difuzních pecí byl dosud nasazen u zákazníka v několika desítkách kusů a plně vyhovuje jeho potřebám. Na přání zákazníka je postupně doplňován o další prvky, umožňující řídit a sledovat výrobu s větším komfortem. Obdobný systém se používá i v závodě SEI Piešťany.