

JMatPro焊锡模块介绍

中仿科技
施翀 (Joy)
2011年12月

目 录

- 焊锡合金背景知识介绍
- 焊锡模块功能介绍、演示
 - ✓ 热力学计算
 - ✓ 凝固计算
 - ✓ 热物性能计算

焊锡合金背景知识介绍

焊锡：广泛用于电子，家电等产品的钎焊材料

钎焊焊接：在低于基体的熔化温度，用一种金属为“填料”，将两个分离的构件结合的方法



焊锡的作用：

电气作用：连接两个金属体，使其能进行导电作用

机械作用：连接两个金属体，使其两者位置能固定

焊锡的发展

公元前 4 0 0 0：美索不达米亚人用锡铅合金将铜板焊接在一起

1 9 世纪工业革命：焊锡被用于食品容器密封、其他金属建筑物的构筑以及
水管下水道等装置

二十世纪初期：焊接作为一种连接电力和信号传输铜线的可靠方式进入了电子
工业

二十世纪中期：硅芯片技术的出现，电子工业继续小型化。要求焊接点既要保
证电气性能又要保证力学性能，对 S n — P b 焊料的强度、蠕
变以及抗疲劳强度提出了挑战

目前：无铅焊锡的发展

焊锡的分类 1

有铅焊锡和无铅焊锡

□ 有铅焊锡（Sn—Pb合金）

成本低、性能好、熔点低，易于润湿金属并布满金属表面，一直以来是使用最广泛的焊锡合金

但是因为P b有毒，并且电子元件的进一步微小化对于焊料力学、电学性能要求的提高，有铅焊锡将最终被无铅焊锡替代

焊锡的分类 2

□ 无铅焊锡

$Sn - Ag$ 系合金：共晶温度为 $221^{\circ}C$ ，是替代含铅高温焊锡的主要候选材料

$Sn - Sb$ 系合金：应用于多片组件的密封接头、基片上焊接半导体元件；用于钢板的防腐涂层

$Sn - Bi$ 系合金：共晶温度为 $138.5^{\circ}C$ ，焊料流动性好，但是对应变速率敏感，润湿性差，电阻大

$Sn - In$ 系合金：共晶温度为 $120^{\circ}C$ ， $Sn - Zn - In$ 系合金从工艺角度可以完全取代 $Sn - Pb$ 共晶类型的钎料

.....

焊锡模块功能介绍、演示

一.热力学计算—平衡相图绘制



- ① Step Temperature: 温度—相组成图
- ② Step Concentration & Profile: 合金成分—相组成图
- ③ Single: 固定温度和合金成分的相组成图

热力学计算的理论基础（CALPHAD 技术）

根据热力学原理，体系在恒温恒压达到平衡的一般条件：

- (1) 体系的总吉布斯自由能 G 达到最小值 G_{\min}
- (2) 组元 i 在各相中的化学势相等，即有

每一相的摩尔吉布斯自由能：

$$G_m = \sum_i X_i G_i^0 + RT \sum_i X_i \ln X_i + \sum_i \sum_j X_i X_j \sum_v \Omega_v (X_i - X_j)^v$$

纯组元的吉布斯自由能之和

理想混合熵引起的自由能增加

偏离理想溶液引起的超额自由能

一.热力学计算—1.Step temperature

Choice of phases for:
Solder Alloy

<input checked="" type="checkbox"/> LIQUID	<input checked="" type="checkbox"/> FCC_A1	<input checked="" type="checkbox"/> PB	<input checked="" type="checkbox"/> ZETA_AG(SN,IN)
<input checked="" type="checkbox"/> ZN	<input checked="" type="checkbox"/> SN	<input checked="" type="checkbox"/> BI	<input checked="" type="checkbox"/> IN
<input checked="" type="checkbox"/> BETA_IN	<input checked="" type="checkbox"/> INSB	<input checked="" type="checkbox"/> AG3SN	<input checked="" type="checkbox"/> CU6SN5
<input checked="" type="checkbox"/> CU6SN5_PRIME	<input checked="" type="checkbox"/> AG9IN4	<input checked="" type="checkbox"/> AGIN2	<input checked="" type="checkbox"/> AL2AU
<input checked="" type="checkbox"/> ALAU	<input checked="" type="checkbox"/> GAMMA_ALAU2	<input checked="" type="checkbox"/> ALPHA_ALAU2	<input checked="" type="checkbox"/> BETA_ALAU2
<input checked="" type="checkbox"/> ALAU4	<input checked="" type="checkbox"/> AL3AU8	<input checked="" type="checkbox"/> AL2CU	<input checked="" type="checkbox"/> ETA_ALCU
<input checked="" type="checkbox"/> EPSILON_ALCU	<input checked="" type="checkbox"/> ZETA_ALCU	<input checked="" type="checkbox"/> DELTA_ALCU	<input checked="" type="checkbox"/> AL3NI
<input checked="" type="checkbox"/> AL3NI2	<input checked="" type="checkbox"/> NIAL	<input checked="" type="checkbox"/> NI5AL3	<input checked="" type="checkbox"/> NI3AL
<input checked="" type="checkbox"/> AU2BI	<input checked="" type="checkbox"/> BETA_AUIN_H	<input checked="" type="checkbox"/> BETA_AUIN_L	<input checked="" type="checkbox"/> AU7IN3
<input checked="" type="checkbox"/> GAMMA_AUIN	<input checked="" type="checkbox"/> PSI_AUIN	<input checked="" type="checkbox"/> AUIN	<input checked="" type="checkbox"/> AUIN2
<input checked="" type="checkbox"/> AU2PB	<input checked="" type="checkbox"/> AUPB2	<input checked="" type="checkbox"/> AUPB3	<input checked="" type="checkbox"/> AUSB2
<input checked="" type="checkbox"/> AU5SN	<input checked="" type="checkbox"/> AUSN2	<input checked="" type="checkbox"/> AUSN4	<input checked="" type="checkbox"/> ALPHA3_AUZN
<input checked="" type="checkbox"/> ALPHA1_AUZN	<input checked="" type="checkbox"/> ALPHA2_AUZN	<input checked="" type="checkbox"/> AU11ZN14	<input checked="" type="checkbox"/> GAMMA2_AUZN
<input checked="" type="checkbox"/> GAMMA3_AUZN	<input checked="" type="checkbox"/> EPSILON1_AUZN	<input checked="" type="checkbox"/> AU5ZN3	<input checked="" type="checkbox"/> BIIN
<input checked="" type="checkbox"/> BI3IN5	<input checked="" type="checkbox"/> BIIN2	<input checked="" type="checkbox"/> BI3NI	<input checked="" type="checkbox"/> GAMMA_CUIN
<input checked="" type="checkbox"/> ETA_CUIN_L	<input checked="" type="checkbox"/> CU11IN9	<input checked="" type="checkbox"/> CU7IN3	<input checked="" type="checkbox"/> BETA_CUSB
<input checked="" type="checkbox"/> CU11SB2	<input checked="" type="checkbox"/> CU9SB2	<input checked="" type="checkbox"/> CU2SB	<input checked="" type="checkbox"/> CU41SN11
<input checked="" type="checkbox"/> CU10SN3	<input checked="" type="checkbox"/> CU3SN	<input checked="" type="checkbox"/> INSN_GAMMA	<input checked="" type="checkbox"/> IN9NI13
<input checked="" type="checkbox"/> INNI	<input checked="" type="checkbox"/> IN7NI3	<input checked="" type="checkbox"/> NI5SB2	<input checked="" type="checkbox"/> NISB2
<input checked="" type="checkbox"/> NI3SN4	<input checked="" type="checkbox"/> BETA_NIZN	<input checked="" type="checkbox"/> NIZN8	<input checked="" type="checkbox"/> SBSN
<input checked="" type="checkbox"/> SB2SN3	<input checked="" type="checkbox"/> SBZN	<input checked="" type="checkbox"/> SB9ZN11	<input checked="" type="checkbox"/> SB17ZN23_L
<input checked="" type="checkbox"/> SB17ZN23_H	<input checked="" type="checkbox"/> SB4ZN6	<input checked="" type="checkbox"/> SB19ZN31	<input checked="" type="checkbox"/> AU4IN3SN3
<input checked="" type="checkbox"/> AUNI2SN4	<input checked="" type="checkbox"/> CU2IN3SN	<input checked="" type="checkbox"/> EPSILON_PBIN	

Solder Alloy
Temperature Step Calculation

Temperatures (C)

Start: End: Step:

Phases

Take all phases into account

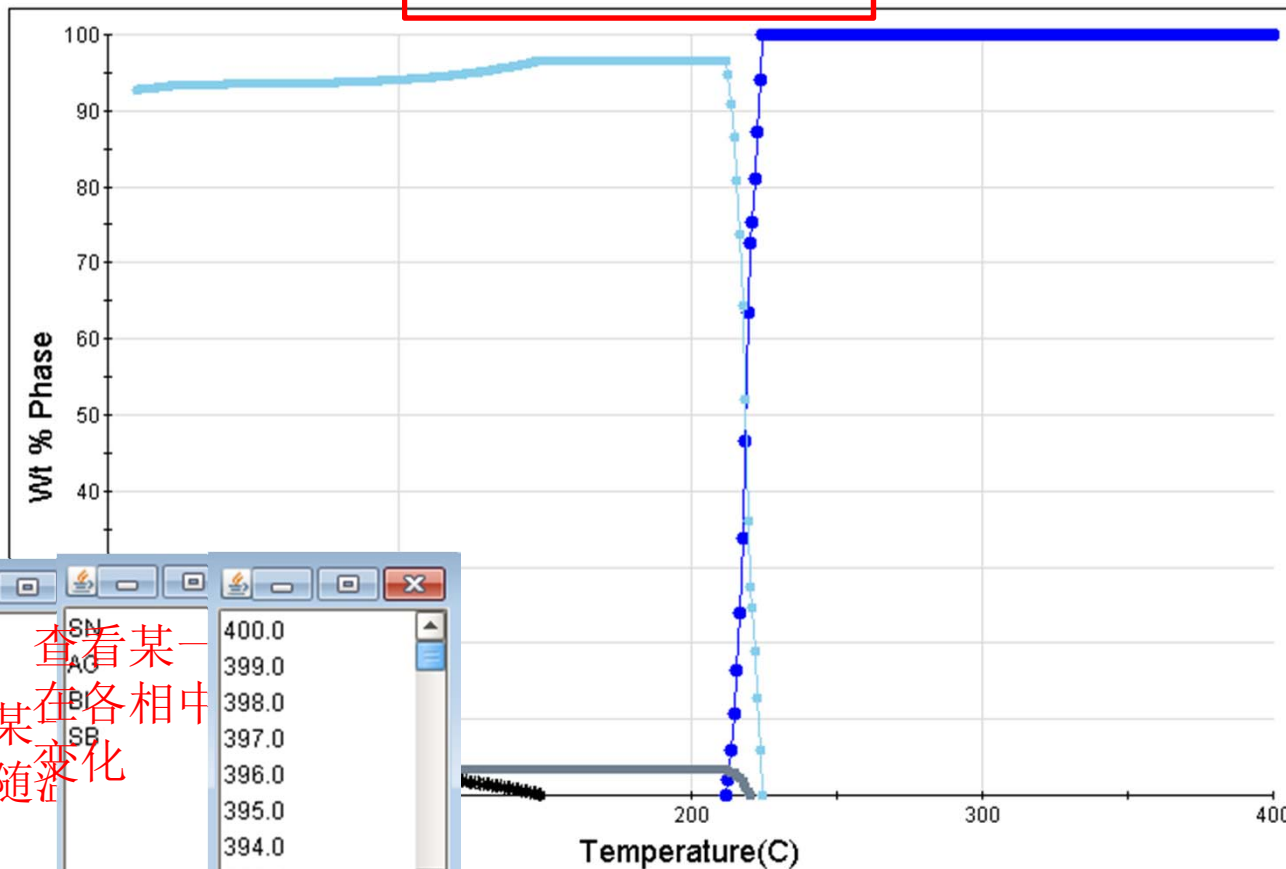
温度设置

是否考虑所有的相

计算结果

Sn-2.5Ag-2.0Bi-1.5Sb wt(%)

合金成分一定



- LIQUID
- SN
- AG3SN
- SBSN
- BI

- LIQUID
- SN
- AG3SN
- * SBSN
- * BI

勾选需要显示的相

LIQUID	SN	400.0
SN	AG	399.0
AG3SN	BI	398.0
SBSN	SB	397.0
BI		396.0
		395.0
		394.0
		393.0

查看某一元素在各相中含量变化

Data: %Ph Ph EI T ΔG α Cp H G S

还给出了热力学函数变化曲线

一.热力学计算—2.Step Concentration



The screenshot shows the 'Solder Alloy' software interface with the 'Concentration Step Calculation' settings. The interface is divided into two main sections: a table of alloy composition and a settings panel.

Element	Wt %
Sn	94.0
Ag	2.5
Al	0.0
Au	0.0
Bi	2.0
Cu	0.0
In	0.0
Ni	0.0
Pb	0.0
Sb	1.5
Zn	0.0

The settings panel includes the following options:

- Temperature:** Fixed temperature (C): 200 (highlighted with a red box).
- Phases:** Take all phases into account (indicated by a red arrow).
- Balancing:** One element, All elements (indicated by a red arrow).
- Element to vary:** Ag (dropdown menu).
- Composition range (%):** Start: 1, End: 10, Step: 0.2.

Buttons at the bottom include 'Start calculation' and 'Help'. A 'Reset' button is located at the bottom left of the composition table.

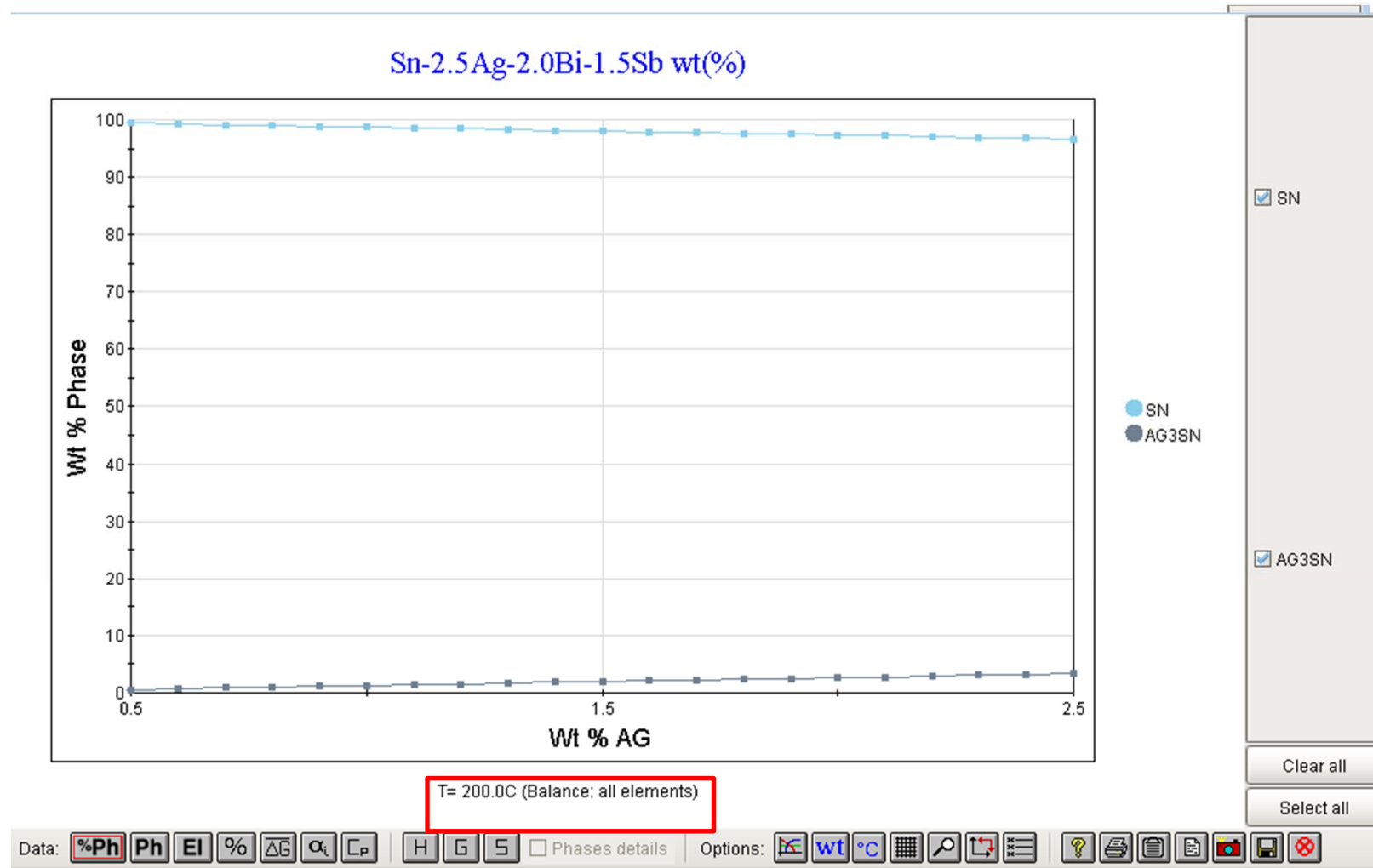
选择一种合金元素平衡元素

固定温度

→ 选择平衡元素

除了成分变化以外的合金元素全为平衡元素

计算结果



Infinitely Closer to Real
无限接近真实!

一.热力学计算—3.Profile



Profile: 计算固定温度时的 **多种合金成分同时变化时** 一相组成图

参数设置界面

Wt %	
Sn	94.0
Ag	2.5
Al	0.0
Au	0.0
Bi	2.0
Cu	0.0
In	0.0
Ni	0.0
Pb	0.0
Sb	1.5
Zn	0.0

Solder Alloy Profile Calculation

Temperature
Fixed temperature (C):

Concentration Intervals
Number of intervals:

Phases
 Take all phases into account

Elements variation

	Start	End
Ag	<input type="text" value="2.5"/>	<input type="text" value="0.0"/>
Al	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
Au	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
Bi	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="0.0"/>

	Start	End
Cu	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
In	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
Ni	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
Pb	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>

	Start	End
Sb	<input type="text" value="1.5"/>	<input type="text" value="0.0"/>
Zn	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>

Allow different start

Sn-2.5Ag-2Bi-1.5Sb

Reset

确定计算步长

定多种合金
分同时变化

Sn以外，Sn
平衡元素

一.热力学计算—4.Signal



Singal: 计算同时固定温度和合金成分时的相组成

参数设置界面

	Wt %
Sn	94.0
Ag	2.5
Al	0.0
Au	0.0
Bi	2.0
Cu	0.0
In	0.0
Ni	0.0
Pb	0.0
Sb	1.5
Zn	0.0

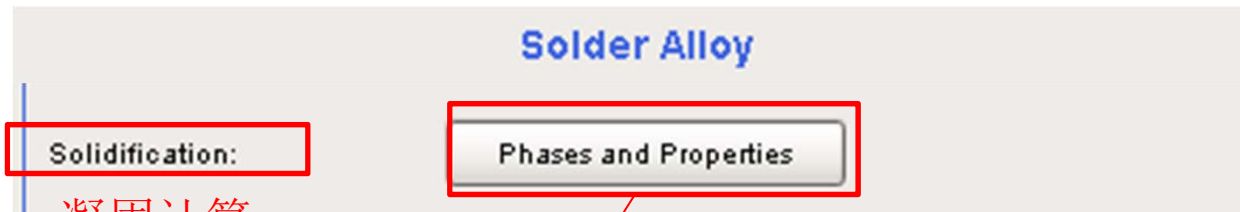
Sn-2.5Ag-2Bi-1.5Sb

Solder Alloy
Single Calculation

Temperatures (C)
Temperature:

Phases Take all phases into account

二.凝固计算



凝固计算

计算凝固过程中相组织结构，热物性能以及冷却曲线

凝固计算的理论基础

Scheil-Gulliver 模型

前提假设:

- ① 固相中的溶质扩散可以被忽略
- ② 液相中的溶质扩散非常快, 以至于扩散完全

计算公式:

形成固相所占分数

$$f_s = 1 - \left(\frac{T_f - T}{T_f - T_L} \right)^{\left[\frac{1}{k-1} \right]}$$

形成固相中合金成分

$$C_s = kC_0(1 - f_s)^{k-1}$$

凝固计算的理论基础

材料性能计算：

- ① 相组成计算（非平衡条件下）
- ② 基于每一相的合金成分计算该相的相关性能

$$P = \sum_i x_i P_i^0 + \sum_i \sum_{j>i} x_i x_j \left(\sum_v \Omega_{ij}^v (x_i - x_j)^v \right)$$

- ③ 根据材料的相组成及每个相的性能利用混合定律计算出材料的整体性能

$$P_t = x_\alpha P_\alpha + x_\beta P_\beta + P_{III} F_s$$

凝固计算——Phases&Properties（相组成&材料性能计算）

	WT %
Sn	94.0
Ag	2.5
Al	0.0
Au	0.0
Bi	2.0
Cu	0.0
In	0.0
Ni	0.0
Pb	0.0
Sb	1.5
Zn	0.0

Sn-2.5Ag-2Bi-1.5Sb

Reset

Solder Alloy
Solidification calculation

Temperatures (C)

Start:

Step:

Solidification cut-off

Fraction liquid (WT)

Phases

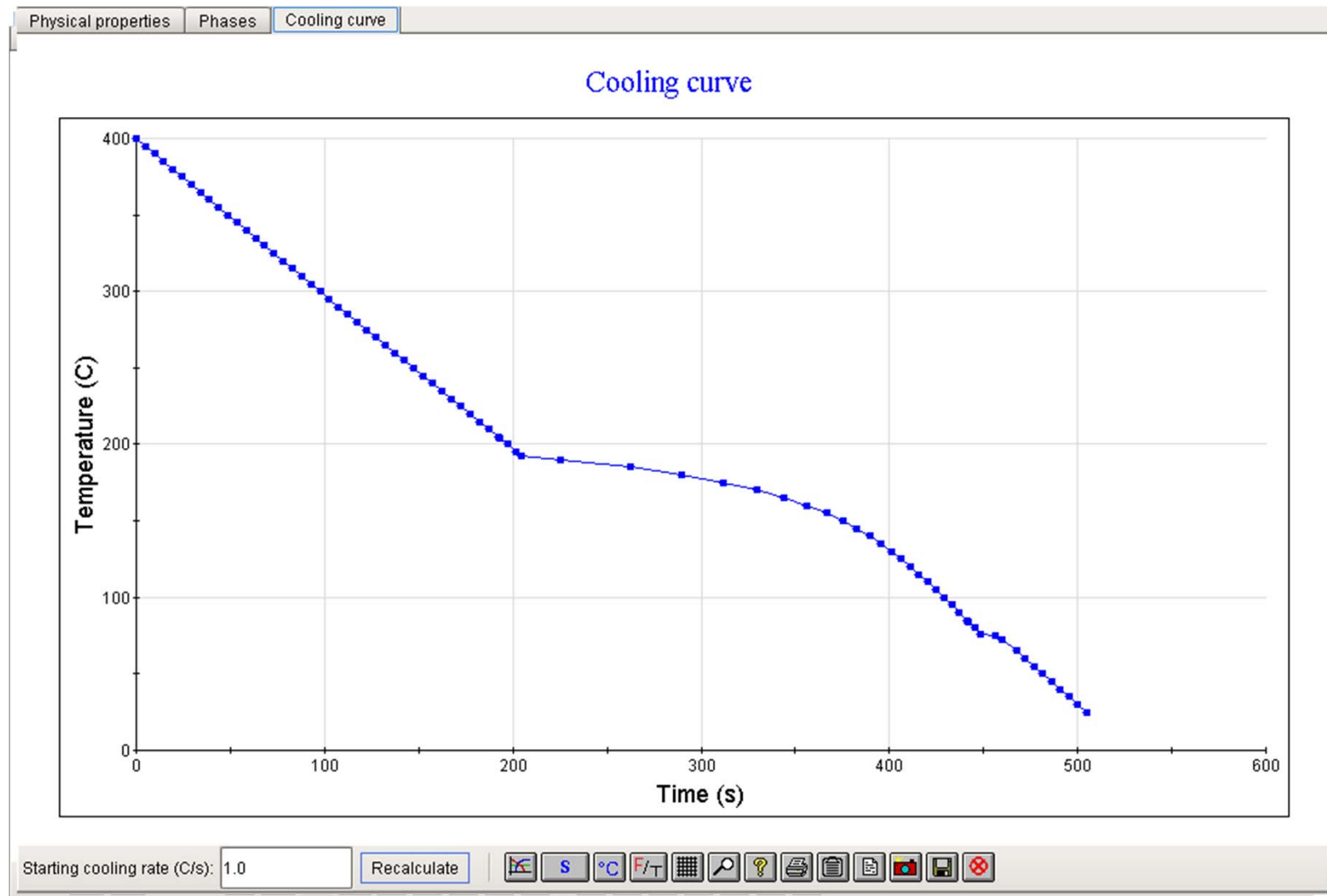
Take all solid phases into account

Start calculation **Help**

凝固开始温度

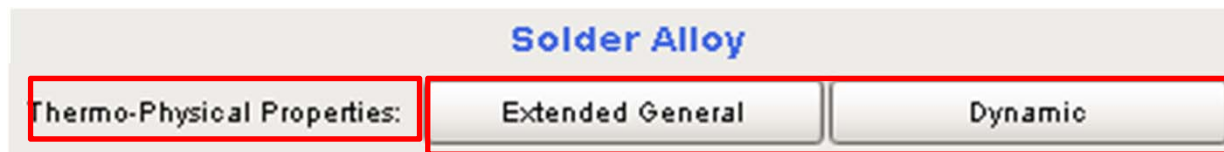
凝固截止点

计算结果



Infinitely Closer to Real
无限接近真实!

三.热物性能计算



热物性能计算

① Extended General

② Dynmic



热物性能的计算

平衡相组织结构



热物性能计算的理论基础

材料性能计算：

- ① 相组成计算（平衡条件下）
- ② 基于每一相的合金成分计算该相的相关性能

$$P = \sum_i x_i P_i^0 + \sum_i \sum_{j>i} x_i x_j \left(\sum_v \Omega_{ij}^v (x_i - x_j)^v \right)$$

- ③ 根据材料的相组成及每个相的性能利用混合定律计算出材料的整体性能

$$P_t = x_\alpha P_\alpha + x_\beta P_\beta + P_{III} F_s$$

三.热物性能计算—1.Dynamic

参数设置界面

	Wt %
Sn	78.4
Ag	2.0
Al	0.0
Au	0.0
Bi	9.8
Cu	0.0
In	9.8
Ni	0.0
Pb	0.0
Sb	0.0
Zn	0.0

Sn-2Ag-9.8Bi-9.8In Reset

Solder Alloy
Profile Calculation

Temperature **Concentration Intervals**

Fixed temperature (C): Number of intervals:

Phases

Take all phases into account

Elements variation

Ag	End	Cu	End	Sb	End
Al	<input type="text" value="0.0"/>	In	<input type="text" value="0.0"/>	Zn	<input type="text" value="0.0"/>
Au	<input type="text" value="0.0"/>	Ni	<input type="text" value="0.0"/>		
Bi	<input type="text" value="0.0"/>	Pb	<input type="text" value="0.0"/>		

Allow different start

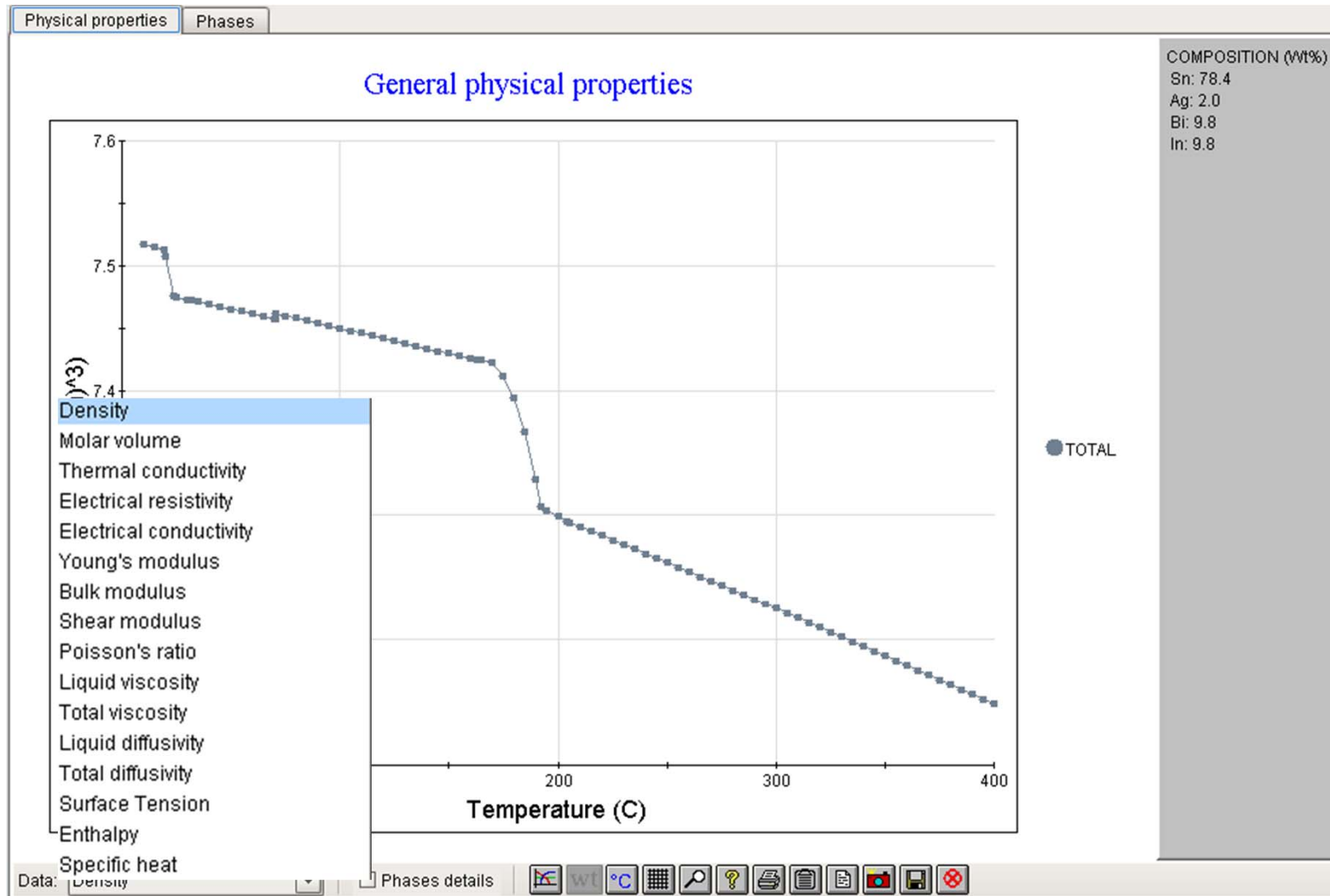
Set end from saved compo

Start calculation Help

力学计算

计算好的结果

计算结果



Infinitely Closer to Real
无限接近真实!

三.热物性能计算—2. Extended General

参数设置界面

	Wt %
Sn	78.4
Ag	2.0
Al	0.0
Au	0.0
Bi	9.8
Cu	0.0
In	9.8
Ni	0.0
Pb	0.0
Sb	0.0
Zn	0.0

Sn-2Ag-9.8Bi-9.8In Reset

Solder Alloy

Thermo-Physical and Physical Properties

Temperatures (C)

Heat treatment:

Upper limit:

Step:

Phases

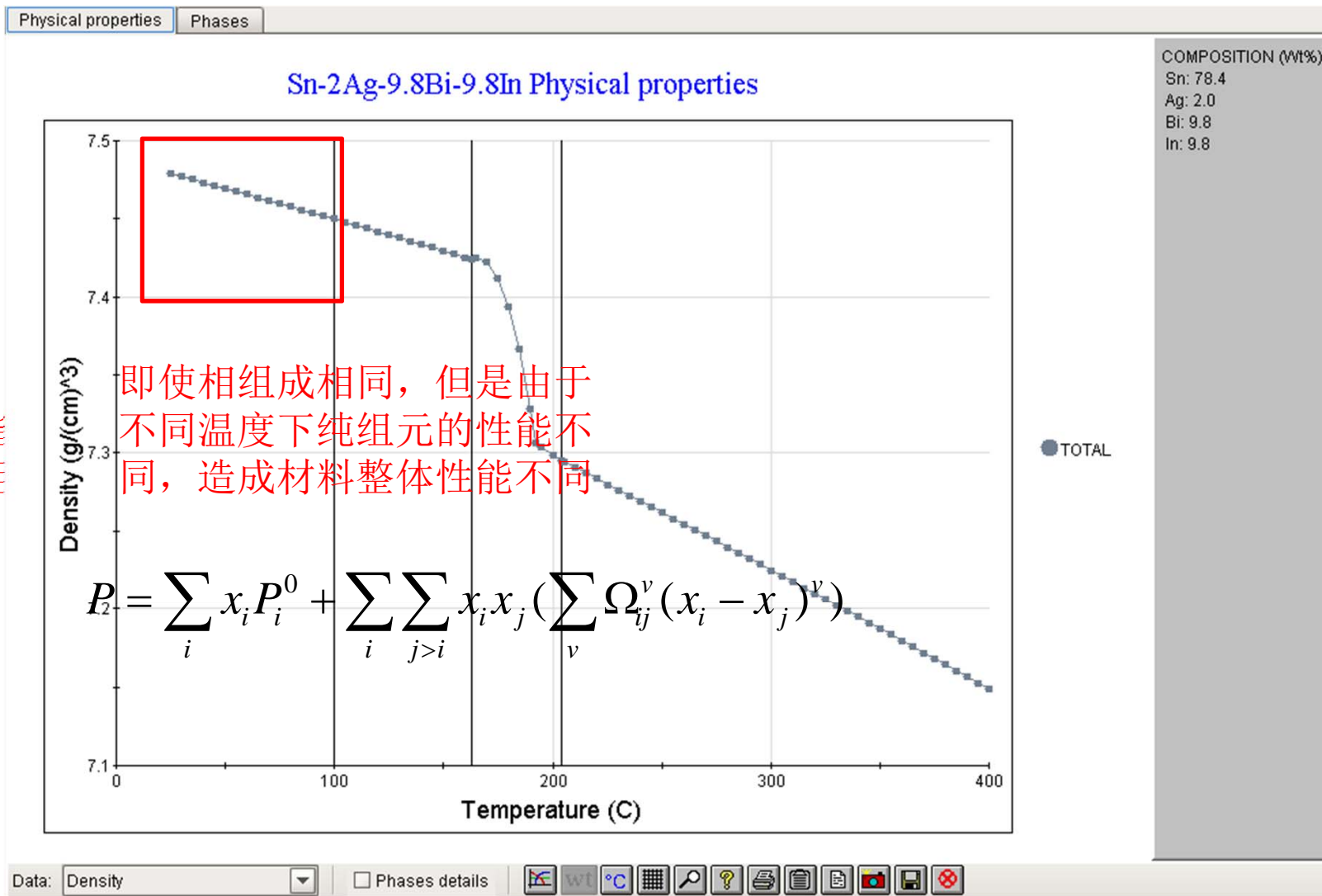
Take all phases into account

Start calculation Help

Heat treatment: 在此温度以下的相组成都与该温度时的相组成相同

Upper limit: 设置最高温度，对于高于Heat treatment温度的温度下的相组成通过热力学计算

计算结果



更多资源请关注

中仿科技年会专栏:

<http://conference.cntech.com.cn>

中仿科技网络研讨会:

<http://webinar.cntech.com.cn>

中仿科技公开培训:

<http://training.cntech.com.cn>

中仿科技市场活动报名:

<http://seminar.cntech.com.cn>

中仿科技资源下载中心:

<http://down.cntech.com.cn>

中仿社区:

<http://i.cntech.com.cn>

中国视频教程网:

<http://www.cax.cn>

中国仿真互动:

<http://www.simwe.com>