PLS 概念模型及其应用

熊 璋 蒲菊华 芦效峰 薛 玲

(北京航空航天大学 计算机学院, 北京 100083)

摘 要: 工作流技术重点关注如何将已经抽象的企业业务模型描述成计算机可理解和自动处理的流程及其自动处理所需要的各种资源或条件,而并不关心如何对业务进行抽象才能最恰当地反映企业的实际需要. 针对此问题,提出了一套通用的点线面一体化业务分析概念模型,即 PLS 模型(Point-Line-Surface Conceptual Model),定义了用 PLS 模型分析系统所涉及的各种元素,并分析了 PLS 模型元素和 EPC(Event-driven Process Chains)元素间的映射关系,从而通过 PLS 构建的系统可以用 EPC 描述. 为验证模型的实用性,以南水北调中线干线工程建设管理信息系统为例,详细阐述了如何利用 PLS 模型分析企业业务并用 EPC 描述.

关 键 词: 工作流; 概念模型; 信息模型; 点线面

中图分类号: TP 391

文献标识码: A **文 章 编 号**: 1001-5965(2006)10-1199-06

Point-line-surface conceptual model for information systems with applications

Xiong Zhang Pu Juhua Lu Xiaofeng Xue Ling

(School of Computer Science and Technology, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract: Workflow technology, which plays a more and more important role in enterprise information systems, mainly concerns the translation of business models into processes that can be understood and automatically dealt with by computer systems. A prerequisite for applying workflow technology is to effectively analyze enterprise business. As a result, how to analyze and model enterprise business is a fundamental problem in enterprise information systems design. There isn't yet any universal approach to performing this critical task, and it's usually done in an ad hoc way. On this ground, the point-line-surface(PLS) conceptual model as a universal approach was proposed to analyze enterprise business. The entities PLS includes were defined and the mapping between PLS entities and EPC entities was illustrated. The enforcement of PLS model and its EPC description are demonstrated by our experience in the construction management information system for south-to-north water diversion middle route project.

Key words: workflow; conceptual model; information model; point-line-surface

随着计算机和网络技术的发展以及企业竞争的加剧,很多企业都使用信息化方法来辅助其业务处理. 而一般地,企业的业务处理都有一定流程,因此,构建信息系统时,可利用工作流技术,用计算机软件来控制活动的执行顺序,将活动分配给合适的执行者,并提供完成活动所需的应用程序和数据[1-2]. 由此可见,工作流技术更关心如何将实际的业务过程描述成计算机可理解并执行的活动[1-2],而对业务过程的建立并不很关心. 但事实上,从企业实实在在的业务过程到工作流系统可分解为 2 个阶段:①人根据对企业业务的理解,将企业业务过程翻译成系统构建人员能够理解的流程(类似传统的流程图);②将开发人员能理解的流程翻译成机器可以理解并执行的流程(这也是工作流技术研究的内容). 2 个阶段对于构建完善的系统都非常关键,而第一阶段更是系统构建

收稿日期: 2006-05-30

作者简介: 熊 璋(1956-), 男, 湖北武汉人, 教授, xiongz@buaa.edu.cn.

的基础,直接决定了所构建的系统是否真实反映了企业的实际需要,因为若第一阶段抽象的业务过程不准确,即使第二阶段所描述的工作流模型非常漂亮,所生成的系统也仅是曲解了企业实际需求的系统.

目前,对于信息世界计算机化的研究非常活跃,工作流技术也取得了很好的发展,但是对于第一阶段的研究相对较少. 因此,本文重点研究如何对企业的实际业务进行抽象.

1 信息系统概念模型及其意义

正如前面的分析,对于利用工作流构建的信息系统来说,所管理的信息或业务存在现实世界、信息世界和计算机世界 3 种层次. 3 个层次所包含的主要对象(元素)及其映射关系如表 1 所示). 对于一个要构建信息系统的企业来说,其每天实际的业务及其约束关系就属于现实世界范畴,在现实世界中,和企业业务密切相关的元素可能包括事务/实体、管理对象、处理事件、处理业务等组织机构/单位或人员等. 但是要为企业构建信息系统,信息系统开发人员就必须首先对企业业务及其约束关系加以分析和抽象,理清其逻辑关系,并用软件工程的工具描述. 然而,现实情况往往是系统开发人员不懂得企业业务,而懂得业务的企业用户并不一定了解计算机,从而导致开发人员和用户在系统需求分析阶段沟通起来非常困难,一方面系统开发人员不知如何分析企业复杂的业务并描述出来,另一方面是企业用户不能直观了解开发人员所描述的系统流程和组织.

表 1 信息的 3 个层次及其关系对比

现实世界	信息世界	计算机世界
事务/实体 管理对象	实例	资源模型
特征	属性	信息模型
处理事件 业务活动/要素	操作步骤 处理流程	过程模型
组织机构/单元 操作人员	用户、角色、权限	组织模型
	概念模型(EPC 模型描述)	工作流模型

在流程和组织描述方面,SAP 提出了事件驱动的流程链 EPC(Event-driven Process Chains)[3],它使用实际企业经验和易于理解的符号和语言,通过连接事件和任务,用户可以明确地建立复杂的业务流程的模型,并提供了诸如组织或者信息流视图等关键视角. 也就是说,EPC 已经在注重如何简单、直观而准确的描述系统的功能和约束,让企业用户也能够一目了然. 但是,EPC 提供的也仅仅是系统的描述方式,并没有为系统开发人员提供一套分析系统业务的方法,因此,需要研究如何分析企业业务并用 EPC 所提供的元素来建模和描述. 然而,关于如何对现实世界进行抽象的系统性研究却很少,人们主要凭借经验完成这步关键工作. 为了抽象而不失清晰的描述系统或概念,目前很多领域都采用概念模型来表征对象的主要特性[4-7],因此,本文也利用概念模型来抽象并描述信息系统的业务.

概念模型描述系统的概念框架,高度抽象地描述系统的目标和主要功能,因此,构建信息系统概念模型是系统建设的基础,然而遗憾的是系统概念模型却没有公认而统一的表达方式. 对于大型企业的管理系统,一般都要为企业很多部门服务,目前对这些系统的概念模型的建立和分析大都以部门为单位构建相对独立的概念块,并简单用反映不同部门业务的概念块的集合来表示整个系统的概念模型,比如文献[8]中所举的某省经济信息系统概念模型就以部门为单位进行构建. 以部门为单位构建系统概念模型的方法适用于那些部门间业务相对独立的应用,而对部门间业务有较强交互关系的系统就无所适从,故具有一定的局限. 本文所提出的 PLS 建模本质上是提供一种认识现实世界的方法,指导人们理清现实世界各项业务,从而能准确地构建信息系统的业务概念模型. 本文所提出的 PLS(Point-Line-Surface)建模在信息的 3 个层次转换图中的地位见图 1.

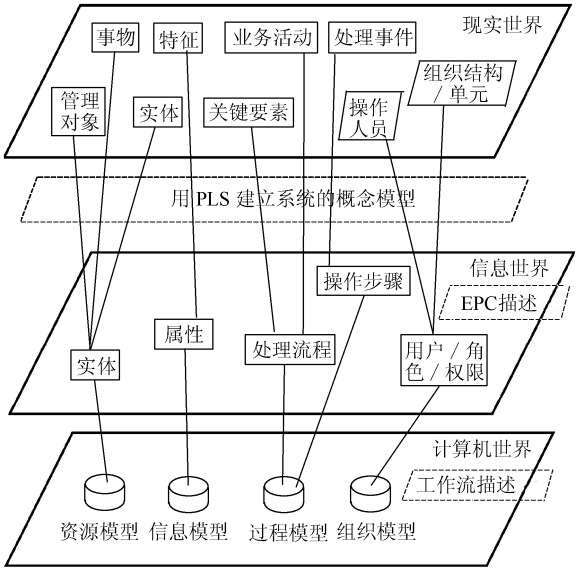


图 1 PLS 建模在信息的转化图中的层次示意

2 点线面一体化系统概念模型 PLS

PLS 概念模型旨在用于辅助系统构建人员了解系统是为哪些部门/用户提供哪些业务操作,并

使得这些业务操作符合部门业务的实际流程,以达到怎样的系统管理目标. 下面首先定义 PLS 概念模型中的几个关键元素,即点、线、面.

1) 点. PLS 模型中的点是系统中最小的业务单元,一个点代表某部门或人员在完成某项任务中的一个步骤或一个操作,它是构成一个业务要素的基本组成单元. 从模型的角度讲,点这个层次的概念不但包含业务的一个具体步骤/操作,而且还应该明确指出可执行此操作的角色与权限.

2) 线. 线表示一项业务从开始到结束的整个生命周期,它描述的是业务的流程,该流程中的每个步骤都是如上定义的一个点. 所以,线这个概念应该包括定义业务的状态集以及状态在操作下的转移规则. 而需要说明的是,线关心的是业务的全生命周期,因此,线上的点元素所代表的操作步骤可能由不同部门完成.

3) 面. 面反映了部门的业务对象及其在部门/企业内部的处理流程. 每个部门都有一定的业务范围,涉及到一定的业务要素(称为信息系统的关键要素),而且部门所涉及的业务要素在部门内部也有一定的处理流程和处理权限要求,利用关键要素的全生命周期线以及部门内的业务要求,建立起该部门的功能模型,就构成了该部门的功能面.

有了上述定义,可以构建信息系统的概念模型,该概念模型包含点、线、面 3 个层次的概念,其中面就是企业的业务功能的集合;线就是企业业务关键要素的处理流程或生命周期;点则表示了关键要素的基本处理步骤或操作. 为了更好地描述 PLS 概念模型中各对象的联系,引入如下关系:

1) 拥有关系. A 和 B 之间存在拥有关系,表示 A 拥有 B,如 PLS 概念模型中,角色和权限之间存在拥有关系,表示角色拥有权限.

2) 操作关系. A 和 B 之间存在操作关系,表示 A 操作 B,如 PLS 概念模型中,角色和业务之间存在操作关系,表示角色操作业务.

3) 包含关系. A 和 B 之间存在包含关系,表示 A 包含 B,如 PLS 概念模型中,业务流程和业务操作之间存在包含关系,表示业务流程包含业务操作.

为此,可以基于 PLS 建立信息系统业务概念模型,如图 2 所示.

下面用半形式化的方法来明确描述 PLS 模型中各层概念模型所包含的要素.

由上面的分析可以看出,点表示了业务的最

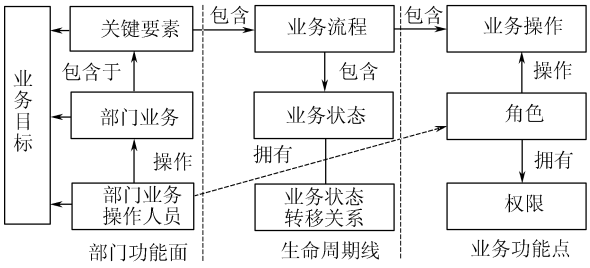


图 2　PLS 系统业务概念模型

小操作单位,考虑到操作一般都有一定的权限要求,因此,点 P 可用如下二元组表示 $P=(A,R)$,其中:A 表示操作;R 是一个角色集合. P 表示操作 A,而且 A 被授权给 R 中的所有角色.

线表示了由一系列操作所组成的流程,可以刻划为一个状态机. 因此,线 L 可以用如下 3 元组 $L=(S,B,T)$ 表示,其中:S 是状态集合;B 是有限个点所构成的集合;$T\subseteq S\times B\times S$ 是状态转移关系. $(s_1, p, s_2)\in T$ 表示在业务状态 s_1 下,可执行操作 p,使得业务状态变为 s_2.

为表示业务流程的一个片断,引入线的局部视图概念. 给定线 $L_1=(S_1,B_1,T_1)$ 和线 $L_2=(S_2,B_2,T_2)$,如果 $S_1\subseteq S_2, B_1\subseteq B_2, T_1=T_2|_{S_1\times B_1\times S_1}$,则称 L_1 为 L_2 的一个局部视图,显然,线的局部视图仍然是线.

面可以看成由一系列代表某些流程的线或线的局部视图、以及操作这些流程的角色所构成,因此,形式化定义面 S 为 $S=(L,R)$,其中:L 表示线的集合,R 表示面上的角色的集合.

以 PLS 模型为指导,本文提出了一种自顶向下分析系统业务的方法,即点线面一体化方法,其基本思路是:

1) 以企业所有部门的实际业务为基础,提取出反映部门业务的关键要素,即主要管理对象,比如某企业的业务管理系统管理的主要对象包括资金、计划、合同等,则资金和计划就可以称为该企业的关键要素. 分析清楚企业各部门的关键要素后,再对所有部门的关键要素进行去冗余处理,从而就构成了整个企业的所有关键要素的集合.

2) 对每一个关键要素,根据其在各个部门中的处理流程、以及在不同部门之间的先后关系,分析该要素的生命周期. 理清要素的生命周期不但可以系统深入的了解相关业务的处理过程,还便于分析部门之间的业务交互关系.

3) 根据处理要素的全生命周期详细分解要素的处理过程,形成一系列的操作/步骤. 如果业务分析分解的合理,则在用工作流实现系统时,所分解的操作或步骤即可作为工作流流程的一个活

动.

3 PLS模型的进一步探讨

3.1 PLS模型元素与EPC元素的映射关系

在EPC中的流程描述语言首先定义了若干基本元素,并以这些基本元素为基础,建立系统的各种模型,包括交互模型、数据模型、流程模型、组织模型和组件模型,从而从多视图角度来描述系统. EPC定义的基本元素如表2所示.

表2 EPC的基本元素

名称	图标	定义
事件		描述状态的发生
功能		描述初始状态向最终状态的转换
组织单元		描述企业的大体结构
信息/资源对象		描述现实世界中的对象
流程路径		显示流程之间的前后连接关系
逻辑操作符		描述事件和功能或流程间的逻辑关系
控制流		描述事件和功能/流程间的先后和逻辑依赖关系
信息流		定义了某功能是否被读取、变更或写入
资源/组织单元分配		描述了哪个单元或资源来处理某个功能或流程

用EPC定义的元素可以描述系统的所有业务,而按照性质的不同,EPC元素可以分为2类:①业务系统固有属性密切相关的元素,这些元素反映了系统本身潜在的某种元素或关系,比如事件、功能、组织单元、信息或资源对象、以及流程路径就属于这类元素;②不代表系统固有属性或关系的元素,它们和系统元素及其业务关系并不密切,只是为了更好地刻画系统而引入的表示元素,比如控制流、逻辑操作符、信息流、以及资源/组织分配等. 分析可知,PLS模型中的元素均能够映射到EPC的第一类元素中. 因此,通过PLS模型分析的信息系统,完全可以直接用EPC来描述(具体描述示例见第4部分). 其映射关系见表3.

3.2 PLS模型的进一步说明

在用PLS模型进行系统分析和设计时,要全面考虑系统的性能. 在点的分解和设计过程中,要尽量保证其原子性. 在线的设计过程中要充分考虑其灵活性和可扩展性,从而可以灵活地适应企业因部门或业务调整所引起的系统修改;此外,业务的全生命周期可能会涉及到多个部门或人员参与,当其跨管理域时,需要解决权限控制和信息互通的问题;在面的设计过程中,要充分考虑部门之间因业务交互而产生的一系列问题,比如安全等,同时,要充分考虑到面的自治性,即部门可以灵活修改线在该部门功能面中的局部视图.

表3 PLS模型元素与EPC元素间的映射关系

EPC元素	PLS元素		
	点	线	面
事件	业务操作的输出	业务状态	
功能	业务操作		部门业务
组织单元	角色	角色集	业务操作人员
信息/资源对象	业务操作对象及其属性		关键要素
流程路径		业务的流程或状态转移关系	业务生命周期线或局部视图
控制流			
逻辑操作符			
信息流			
资源/组织分配			

在用PLS模型将现实世界的实体及其关系分析清楚后可以用EPC来描述,并进而可以构建系统,即利用工作流技术将信息世界的表示描述成计算机世界中的系统或数据. 在构建系统过程中,可以根据PLS模型所分解/分析的结果,采用自底向上的方式来构建,即先实现代表操作的点模型,再利用点模型构建业务的实际流程,即所谓的线,然后利用线模型或离散的点模型构建反映部门或企业业务的实际应用系统.

正如前面所言,PLS模型重点在于提供一种概念,将现实世界中的实体进行高度抽象,形成信息模型;而工作流重点在于将信息模型描述成计算机可理解的流程或模型,从而能够实现现实世界中的流程的自动化处理. 虽然PLS模型和工作流模型属于两个不同阶段,但是用PLS模型构建的信息模型,能够很好的用工作流模型来表示,二者的许多概念都有一定相似之处,比如:PLS模型的关键要素可以和工作流模型中的数据模型相对应,都刻画了被管理对象;PLS模型的线可以和工作流模型中的过程模型对应,都刻画的是实际的操作流程.

4 基于PLS模型的南水北调中线建管门户系统

4.1 南水北调中线建管门户系统实例分析

南水北调是继三峡工程之后,我国又一个重大的国土建设工程,它对中国社会进步和经济持续发展的意义甚至超过了三峡工程. 南水北调中线干线工程是南水北调中线工程的主体输水工

程,总干渠从丹江口水库陶岔渠首引水,跨长江、淮河、黄河、海河四大流域,穿过大小河流 656 条,至终点北京团城湖,涉及北京、天津、河北、河南等省(直辖市),总干渠全长 1 431.945 km,设置建筑物 1 750 座. 工程规模巨大、工期要求紧,因此,如何在建设期间进行有效管理、保证南水北调中线干线各项工程能够按时优质的完成,就显得非常关键. 为了用信息化手段来管理如此庞大的工程建设,南水北调中线干线工程建设管理局(以下简称中线建管局)委托本课题组开发南水北调中线建管门户系统[9].

和三峡等其他大型工程相比,南水北调中线干线工程建设具有管理业务繁杂而庞大、管理模式复杂、及管理机构和管理方式波动等特点. 因此,建设南水北调中线建管门户系统并非易事,首先必须要对中线建管局的实际业务及其处理过程进行建模,理清业务及业务间的关系.

4.2　基于 PLS 模型的系统设计

本文在构建南水北调中线建管门户系统前,首先利用 PLS 模型来分析系统. 首先分析中线建管局的主要业务,抽取出计划、合同、招投标和科技项目等十余个关键要素,并分析每一个关键要素的全生命周期,形成中线建管局对这些业务处理的流程,然后根据部门的归口职能要求,以关键要素的全生命周期线在各部门内的局部视图为基础,构成了部门的业务功能面从而形成了为各部门服务的业务应用系统. 图 3 示意了南水北调中线建管门户系统的关键要素及其业务功能点,并以工程量审核和支付审签为例,介绍了如何用 EPC 来建模(见图 4).

“南水北调中线干线工程建设管理信息系统”关键要素

- 计划——起草→拟定→审核→制定→调整→上报
- 合同——谈判→制定→审批→签订→跟踪→变更→支付
- 招标——编制文件→资格预审→发布招标公告→招标→开标评标→发布中标通知
- 设计——可研设计→初步设计→招标设计→施工图设计→设计变更
- 设备——计划→设计→监造→供货→验收→安装
- 资金——融资→概算→预算→项目管理预算→工程拨付→预警
- 移民——规划→土地征用→环境保护→水土保持→文物保护→监理上报
- 施工进度——项目分解→进度计划→进度上报→进度抽查→进度检查→验收
- 施工质量——工序分解→工序标准→质量抽查→质量登记→质量评定→验收
- 施工安全——安全措施→安全培训→安全会议→安全登记→安全评定与事故→验收
- 科技项目——项目计划→立项申请→立项审批→合同谈判→科技实施→科技验收→科技鉴定
- ……

注:业务功能点粒度较粗,有的点还有待细化

图 3　南水北调中线建管门户系统关键要素及功能点

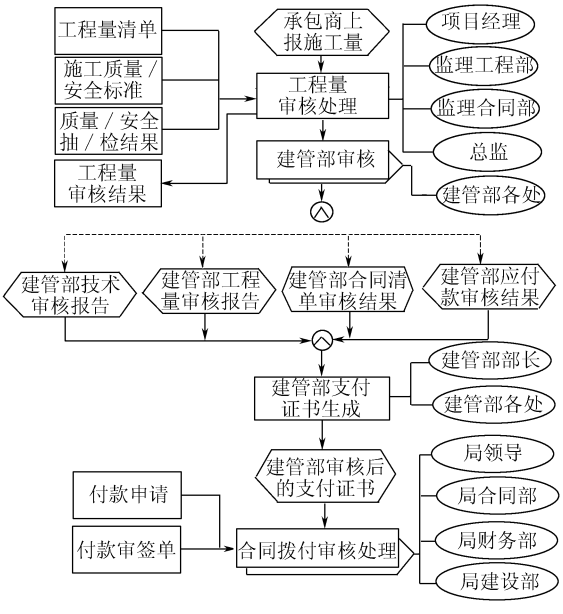


图 4　用 EPC 描述的工程量审核和支付审签模型

5　结 束 语

工作流技术在企业信息化系统建设中发挥着越来越重要的作用,很多企业为了辅助其业务处理,都在利用工作流技术构建信息化系统. 从分析企业的实际业务到采用工作流构建系统大体包含 2 个阶段,首先是对企业业务进行抽象,然后才是利用工作流技术将抽象的结果构建成系统. 工作流技术重点关心如何将业务抽象描述成计算机可以理解和自动处理的流程及其自动处理所需要的各种资源或条件,但是并不关心如何抽象业务才能最反映企业的实际需要.

本文则重点研究业务抽象过程,提出了一种 PLS 概念模型用于分析系统业务,并以南水北调中线建管门户系统为基础,详细阐述了如何利用 PLS 模型抽象企业业务. 实际应用表明,PLS 概念模型能够高效、准确的理清大型信息系统的业务

逻辑,在我国信息现代化建设中具有广泛的应用前景.

参考文献(References)

[1] 李红臣, 史美林. 工作流模型及其形式化描述[J]. 计算机学报, 2003,26(11):1456-1463
Li Hongchen, Shi Meilin. Workflow models and their formal descriptions [J]. Chinese Journal of Computers, 2003, 26(11): 1456-1463(in Chinese)

[2] 赵海, 马殿富, 怀进鹏,等. 一种基于Web的工作流系统的设计与实现[J]. 北京航空航天大学学报, 2001, 27(4):456-460
Zhao Hai, Ma Dianfu, Huai Jinpeng, et al. A web-based workflow system design and implementation [J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2001, 27(4):456-460(in Chinese)

[3] 托马斯.柯蓝,安德鲁.莱德著. SAP业务蓝图:理解供应链管理[M]. 朱岩,肖勇波译. 北京:中国人民大学出版社, 2003: 16-36
Curran T A, Ladd A. SAP R/3 business blueprint: understanding enterprise supply chain management[M]. Translated by Zhu Yan, Xiao Yongbo. Beijing: Renmin University of China Press, 2003: 16-36(in Chinese)

[4] Fraternali P. Conceptual modeling of web applications, workflows and web services [C]// Santucci G, Klas W. The fourth International Conference on Web Information Systems Engineering. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Scociety, 2003: 373

[5] Varga M. Conceptual modeling styles[C]// Glavinic V, Dobric V H, Simic D. 24th International Conference on Information Technology Interfaces. Cavtat, Croatia: SRCE University Computing Centre, University of Zagreb, 2002: 69-76

[6] Bochicchio M, Longo A. Conceptual modeling of data intensive and information intensive web applications [C]//Chen Y P. 10th International Conference on Multimedia Modelling. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Scociety, 2004:292-299

[7] 王立, 李增智, 闫焱,等. 业务管理网结构和概念模型的研究与实现[J]. 西安交通大学学报, 2003, 37(8): 878-880
Wang Li, Li Zengzhi, Yan Yan, et al. Study and implementation of service management network architecture and concept model[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2003, 37(8): 878-880(in Chinese)

[8] 章祥荪, 赵庆祯. 管理信息系统的系统理论与规划方法[M]. 北京:科学出版社, 2001
Zhang Xiangsun, Zhao Qingzhen. Theory and design of information system[M]. Beijing: Science Press, 2001(in Chinese)

[9] 翟宜峰. 南水北调中线干线工程建设管理信息系统关键技术问题研究[D]. 北京:中国水利水电科学研究院水资源研究所,2006
Zhai Yifeng. Research on key technical problems of construction management information system for south-to-north water diversion middle route project [D]. Beijing: Department of Water Resources, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2006(in Chinese)

(上接第1198页)

2) 溅射时间越长,薄膜的厚度越厚;溅射功率越大,薄膜的厚度也越厚.

3) 溅射时间越长或溅射功率越大或装载量越少,薄膜的结晶越好.

4) 用磁控溅射方法,在碳化硅颗粒表面也成功地镀上了质量较好的金属镍膜.

参考文献(References)

[1] Ohring M. Materials science of thin films[M]. New York: Academic Press,2002

[2] Akesson J, Seal S, Shukla S, et al. Copper plating process control by SEM[J]. Adv Mater Processes, 2002, 160(2):33-35

[3] Cai Chujiang, Shen Zhigang, Wang Mingzhu, et al. Surface metallization of cenospheres and precipitators by electroless plating[J]. China Particuology,2003,1(4):156-161

[4] Shukla S, Seal S, Akesson J. Study of mechanism of electroless copper coating of fly ash cenosphere particles[J]. Applied Surface Sciense,2001,182:35-50

[5] Chung W S, Chang S Y, Lin S J. Electroless nickel plating on SiC powder with hypophosphite as a reducing agent[J]. Plating & Surface Finishing, 1996,3: 68-71

[6] Haieh S H, Yang T J. Study of the composite coating of SiC particles dispersed in an electroless nickel matmrix[J]. Key Engineering Materials, 2003, 249:195-198

[7] Chen C K, Feng H M, Lin H C. The effect of heat treatment on the microstructure of electroless Ni-P coatings containing SiC particles[J]. Thin Solid Films, 2002, 11(416): 31-37