

文章编号: 1672- 1152(2007) 05- 0004- 03

高纯铜溅射靶材的发展及现状

禹泽海 孙 鹏 汪春平 杨 艳

(金川镍钴研究设计院, 甘肃 金昌 731000)

摘 要: 简要介绍了高纯铜溅射靶材目前的市场情况、现状、应用领域和未来高纯铜溅射靶材发展趋势; 并对高纯铜溅射靶材的特性要求以及微观组织控制做了简单的阐述。

关键词: 高纯铜 溅射靶材 现状 发展趋势

中图分类号: TG146.1+1

文献标识码: A

收稿日期: 2007- 09- 04

1842 年格洛夫(Grove) 在实验室中发现了阴极溅射现象, 但在随后 70 年中, 对溅射机理的认同以及有关溅射薄膜特性的技术发展缓慢。19 世纪中期, 只在化学活性极强的材料、贵金属材料、介质材料和难熔金属材料的薄膜制备工艺中采用溅射技术。1970 年后随着磁控溅射技术的出现, 商品化的磁控溅射设备陆续应用于实验和小型生产。到了 20 世纪 80 年代, 溅射技术才从实验室应用技术真正地进入工业化大量生产的应用领域。最近 15 a 来, 进一步发展了一系列新的溅射技术, 目前溅射技术以及薄膜制备是金属材料学研究的一大热点¹⁾。

金属和合金作为溅射靶材在电子电工和光学领域中有很多的应用, 靶材是溅射过程中的基本耗材, 不仅使用量大, 而且靶材质量的好坏对金属薄膜材料的性能起着至关重要的决定作用, 因此, 靶材是溅射过程的关键材料。近几年来, 溅射靶材(Sputtering Targets) 已经引起国内金属相关产业的高度关注, 特别是高纯金属靶材的研制与使用已成为研究热点之一^{2,3)}。

1 靶材的主要生产厂家和市场

目前全球各主要靶材制造商的总部大多设立在美国、德国和日本。世界上主要的靶材生产商包括 Tosoh SMD, SumitomoMetal Mining Honeywell, Hitachi Metals, NikkoMaterials 等公司。就美国而言, 大约有 50 家中规模的靶材制造商及经销商, 其中最大的公司员工大约有几百人。为了能更接近使用者, 以便提供更完善的售后服务, 全球主要靶材制造商通常会在客户所在地设立分公司。目前, 亚洲的一些国家和地区, 如台湾、韩国和新加坡, 就建立了越来越多制造薄膜元件

等产品的工厂, 如 IC, 液晶显示器及光碟制造厂。对靶材厂商而言, 这是相当重要的新兴市场。2004 年世界靶材市场容量为 4.02 亿美元, 比 2003 年上升 23%, 全球最大的市场在日本, 剩余为北美、中国以及其他地方, 图 1 为靶材市场的发展情况⁴⁾。

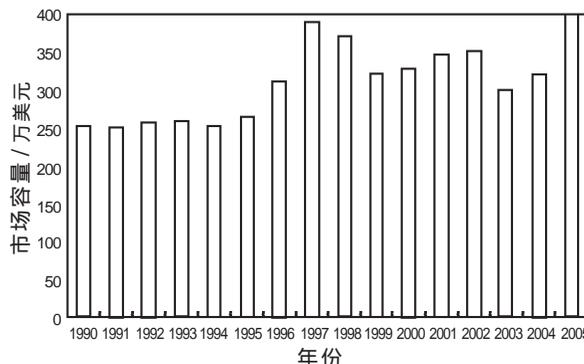


图 1 靶材市场统计

靶材一般分为三类: 金属靶材、化合物靶材、合金靶材。根据使用者的要求, 靶材的形状各异, 但是大多数靶材为圆盘或矩形形状。靶材的价格一般与形状和质量有关系, 在同质量的情况下, 形状越复杂, 价格越高, 表 1 为北美市场圆形靶材的基本价格⁵⁾。

表 1 北美市场(5N) 铜靶材价格情况

尺寸(D×h) /mm	价格(美元)
25.4×3.175	115.00
50.8×3.175	140.00
76.2×6.35	240.00
228.6×6.35	400.00
152.4×6.35	750.00
203.2×6.35	1 165.00

2 高纯铜靶材的应用领域及发展趋势

2.1 高纯铜靶材主要应用领域

溅射靶材主要应用于电子及信息产业, 如集成电路、信息存储、液晶显示屏、激光存储器、电子控制

第一作者简介: 禹泽海, 男, 1978 年生, 目前在金川镍钴研究设计院从事新产品开发工作, 工程师。Tel: 0931- 5246065, E- mail: yuzehajnmcc@yahoo.com.cn

器件等;可应用于玻璃镀膜领域;还可以应用于耐磨材料、高温耐蚀、高档装饰用品等行业。

集成电路产业:在半导体应用领域,靶材是世界靶材市场的主要组成之一,主要用于电极互连线膜、阻挡层薄膜、接触薄膜、光盘掩膜、电容器电极膜、电阻薄膜等方面。

信息存储产业:随着信息及计算机技术的不断发展,世界市场对记录介质的需求量越来越大,与之相应的记录介质用靶材市场也不断扩大,其相关产品有硬盘、磁头、光盘(CD-ROM, CD-R, DVD-R等)、磁光相变光盘(MO, CD-RW, DVD-RAM)。

平面显示器产业:平面显示器包括液晶显示器(LCD)、等离子体显示器(PDP)等等。目前,在平面显示器市场中以液晶显示器(LCD)为主,其市场占有率超过85%,被认为是目前最有应用前景的平面显示器件,广泛应用于笔记本电脑显示器、台式电脑监视器和高清晰电视机。LCD的制造工艺较复杂,其中降低反射层、透明电极、发射极与阴极均由溅射方法形成,因此,在LCD产业中溅射靶材起着重要作用⁶。

高纯度铜靶材在以上领域都有广泛应用,并且对所需溅射靶材的质量提出了越来越高的要求。

2.2 高纯铜靶材加工的发展趋势

目前,IC行业所需高端超高纯金属铜靶材几乎全部为国外几个大型跨国公司所垄断。国内IC行业所需的超纯铜靶材基本全部需要进口,不仅价格昂贵,而且进口手续繁杂。国内靶材生产企业基本属于质量和技术门槛较低、采用传统加工方法、依靠价格取胜的低档次溅射靶材生产者,或获利有限的代工型加工厂。目前,国外主要半导体溅射靶材供货商已投入到超高纯度(6N)铜溅射靶材的开发,同时已经将试生产的铜溅射靶材送交溅镀设备供货商进行相关测试及验证,部分公司产品已上线生产⁷。

2.2.1 超高纯度材料开发

中国高纯Cu, Al, Ti, Ta金属的提纯技术与工业发达国家的差距较大。目前,能够提供的多数高纯金属,按照行业常规的全元素分析方法,尚不能满足集成电路对溅射靶材的质量要求。靶材中夹杂物的数量过高或分布不均,在溅射过程中常在晶圆上形成微粒,导致互连线短路或断路,严重影响薄膜的性能。

2.2.2 铜溅射靶材制备技术的开发

铜溅射靶材制备技术开发主要关注晶粒的尺寸、取向控制及其均匀性三个方面。半导体产业对于溅射

靶材、蒸发原材料的要求是最高的,对靶材表面晶粒度控制以及晶体取向有相当苛刻的要求,靶材的晶粒必须控制在100 μm以下,因此,对晶粒尺寸的控制,以及相关分析检测的手段对金属靶材开发极为重要。

为了提高溅射效率及确保沉积薄膜的质量,经大量实验研究表明,对溅射靶材的特性及微观组织控制有一定的要求。

2.2.2.1 晶粒尺寸及尺寸分布

通常靶材为多晶结构,晶粒大小可由微米到毫米量级。同一成分的靶材,细小尺寸晶粒靶材的溅射速率要比粗晶粒快;而晶粒尺寸相差较小的靶材,淀积薄膜的厚度分布也较均匀。据日本Energy公司研究发现,若将钛靶的晶粒尺寸控制在100 μm以下,且晶粒大小的变化保持在20 μm以内,其溅射所得薄膜的质量可得到大幅度改善。采用真空熔炼方法制造的靶材可确保块材内部无气孔存在,但粉末冶金法制造的靶材,则极有可能含有一定数量的气孔。气孔的存在,会导致溅射时不正常放电,而产生杂质粒子。另外,含有气孔的靶材在搬动、运输、安装、操作时,因其密度较低,也极易发生碎裂⁸。

2.2.2.2 微观组织控制

(1) 溅射靶材加工过程。集成电路制造用溅射靶材的加工过程主要包括熔炼、均匀化处理、压力加工、机械加工等过程,在严格控制靶材纯度的基础上,通过优化的压力加工过程、热处理条件、机械加工条件,调整靶材的晶粒取向、晶粒尺寸等,最终满足溅射过程的要求。

(2) 靶材中夹杂物的控制。若靶材中夹杂物的数量过高,在溅射过程中,易在晶圆上形成微粒(particle),导致互连线短路或断路,严重影响薄膜的性能。靶材中夹杂物绝大部分是在熔炼和铸造过程形成,主要是由氧化物组成,还包括氮化物、碳化物、氢化物、硫化物、硅化物等,因此,在熔炼和铸造过程中,应选用由还原材料制造的坩埚、内浇道、铸模等,并在铸造前彻底清除熔体表面的氧化物和其他熔渣。一般采用在真空或无氧环境下熔炼和铸造。

(3) 靶材晶粒尺寸和晶粒取向的控制。靶材的晶粒尺寸、晶粒取向对集成电路金属薄膜的制备和性能有很大的影响。采用不同晶粒组织的靶材进行溅射镀膜实验,对溅射薄膜的均匀性、沉积率进行考察,结果表明晶粒尺寸和取向对靶材的性能有很大的影响,主要表现在:随着晶粒尺寸的增加,薄膜沉

积速率趋于降低;在合适的晶粒尺寸范围内,靶材使用时的等离子体阻抗较低,薄膜沉积速率高和薄膜厚度均匀性好;在合适的晶粒尺寸范围内,晶粒取向越均匀越好;当靶材晶粒尺寸超过合适的晶粒尺寸范围时,为提高靶材的性能,必须严格控制靶材的晶粒取向⁹。

2.2.3 分析与检测技术的开发

靶材的高纯度化意味着所含杂质的降低。以往杂质的测定方法采用电感耦合等离子体法(ICP)、原子吸收光谱法,但近年来有逐渐以灵敏度更高的辉光放电质量分析法(GDMS)为标准的倾向。

电学纯度测定方法主要采用残留电阻比 RRR (Residual Resistivity Ratio) 法,其测定原理是通过测定杂质的电子散乱程度,评价基体金属纯度。由于是测定室温(300 K)和极低温(4.2 K)时的电阻,取数简单。近年来为探索金属的本质,超高纯度化的研究十分活跃,此种情况下的纯度评价最好采用 RRR 值。

3 结语

随着微电子等高科技产业的高速发展,中国的靶材市场将日益扩大,高纯铜靶材作为一种具有特殊用途的材料,具有很强的应用目的和明确的应用背景。晶粒的尺寸、取向控制及其均匀性是高纯铜溅

射靶材制备技术开发最主要的三个方面。根据薄膜的性能要求,研究高纯铜靶材的组成、结构、制备工艺、性能以及靶材的组成、结构、性能与溅射薄膜性能之间的关系,既有利于获得满足应用性能需要的薄膜性能,又有利于更好地使用靶材,充分发挥其作用,促进我国靶材产业的发展。

参考文献

- [1] 杨邦朝,王文生.薄膜物理与技术[M].成都:电子科技大学出版社,1994.
- [2] 曲喜新,杨邦朝.电子薄膜材料[M].北京:科学出版社,1996.
- [3] 田民波,刘德令.薄膜科学与技术手册[M].北京:机械工业出版社,1992.
- [4] Lo Chi Fung, Draper Darryl. Method for Fabricating Randomly Oriented Aluminum Alloy Sputtering Targets with Fine Grains and Fine Precipitates: The United States, 5993575[P]. 1999-11-30.
- [5] Pery Andrew C, Gilman Paul S, Hunt Thomas, J. High Purity Aluminum Sputter Targets and Method of Manufacture: The United States, US 2003/0098103 A1[P]. 2003-05-29.
- [6] 杨邦朝,崔红玲.溅射靶材的制备和应用[J].真空,2001(3): 11-15.
- [7] 刘志坚,陈远星,黄伟嘉,黄华俭.溅射靶材的应用及制备初探[J].南方金属,2003(6): 23-24.
- [8] 尚再艳.集成电路制造用溅射靶材[J].稀有金属,2005,29(4): 475-477.

(责任编辑:胡玉香)

Development and Current Tendency of High Purity Copper Sputtering Targets

YU Zehai SUN Peng WANG Chunping YANG Yan
(Jinchuan Ni & Co Research and Engineering Institute, Jinchang 731000)

Abstract: The current market condition and development tendency of high purity copper sputtering targets were introduced. And the character requests of the high purity copper sputtering targets, like the purity, the crystal grain size, and the crystal grain orientation were elaborated. The microscopic organization to the sputtering thin film nature shade as also in the target material, inclusion of the crystal grain size, the crystal grain orientation control methods were simultaneity discussed.

Key words: high purity copper, sputtering target, current tendency, development



安全评价·安全咨询
E-mail: Sihuahesafety@163.com
Tel: 0351-4168837 4168817