

300mm 芯片半导体厂废水处理工程分析

纪桂飞

浙江海芯微半导体科技有限公司, 浙江 嘉兴 314000

[摘要]近年来国内半导体产业发展态势良好,芯片生产规模不断扩大,但随之出现的就是废水排放以及处理问题。文中以300mm芯片生产废水处理工程为例,根据工程概况,阐述含氟废水、CMP废水、含铜废水的处理工艺,并以此为基础提出改进建议。

[关键词]300mm 芯片; 半导体厂; 废水处理; 酸碱废水

DOI: 10.33142/ec.v4i11.4791

中图分类号: X76

文献标识码: A

Analysis of Wastewater Treatment Project of 300mm Chip Semiconductor Plant

Ji Guifei

Zhejiang Haixin micro Semiconductor Technology Co., Ltd., Jiaxing, Zhejiang, 314000, China

Abstract: In recent years, the development trend of domestic semiconductor industry is good, and the chip production scale is expanding, but the problem of wastewater discharge and treatment appears. Taking 300mm chip production wastewater treatment project as an example, according to the general situation of the project, this paper expounds the treatment processes of fluorine-containing wastewater, CMP wastewater and copper-containing wastewater, and puts forward improvement suggestions on this basis.

Keywords: 300mm chip; semiconductor plant; wastewater treatment; acid alkali wastewater

引言

一直以来半导体产业都是我国社会经济发展的先导产业,也是高新技术发展的核心,如今已经渗透到了国民生活的各个领域。芯片生产工艺十分复杂,生产步骤较多,需要用到多种化学药剂,无论是硅片清洗,还是干法刻蚀、湿法腐蚀,期间都会存在废水处理的问题,如何高效处理废水已成为产业可持续发展面临的重要问题。

1 工程概况分析

以某300mm芯片半导体厂为例,每天废水产生量都能达到9800m³,生产车间会按照污染物的类别对废水分类收集,再经过提升泵站将废水运输到污水处理站,根据不同种类废水的特点,处理达标后通过市政管网排放到污水处理厂。目前半导体生产中主要产生的废水中,酸碱废水与含氟废水的水量最大,在2000m³·d⁻¹左右。针对废水处理多数采用化学反应与物理沉淀方法,处理达标后才能排放,但是对于废水处理后的回收利用却缺少案例,比如将含有Cu和Ag的金属物污染的清洗废水经过化学混凝沉淀、活性炭吸附处理后,最终的纯水可以用于生产用水中,提高半导体厂废水利用率^[1]。事实上,对于半导体行业产生的大量废水,如果不能及时加以处理,不仅会破坏社会生态环境,也会直接威胁到人类的生命健康安全。半导体行业废水中的含氟废水如果直接进行排放,并不小心被植物摄入、动物摄入,甚至慢慢进入到人体当中,将会危害人类身体健康,引发一系列疾病。如果直接将含氨废水进行排放,最明显的表现便是大量藻类的繁殖,促使水体开始形成严重的富营养化问题,甚至产生具有严重致癌性的亚硝胺。如果将含铜废水直接排放到环境中,则会直接破坏水质,人体大量摄入铜元素,则会相应引发严重的肝病。在此情况下,针对300mm芯片半导体厂废水处理问题,则需要加强废水处理工艺研究,切实减少废水排放,维护生态环境的健康稳定。

2 300 mm 芯片半导体厂废水处理工艺

2.1 含氟废水处理工艺

含氟废水主要由芯片生产期间的刻蚀工艺产生的,刻蚀工艺生产需要用到氢氟酸与氟化铵等物质。针对含氟废水的有效处理,企业一般选择化学沉淀法、离子交换法等方法,比如对氟化物浓度在747mg/L的含氟废水采取化学沉淀法,将废水的酸碱值调整到7.5左右,在废水中加入氯化钙溶液、PAM以及PAC等物质,使水中氟化物的浓度降低到40mg/L。由此可见,采用混凝沉淀处理方法能够有效处理含氟浓度在500mg/L左右的废水,去除率可以达到90%以上^[2]。

2.2 CMP 废水处理工艺

半导体厂芯片生产期间需要用到化学机械研磨的工艺方式,即应用研磨剂在化学与机械的作用下磨去硅片表面的

介质。研磨剂是一种混合液，其中包含磨料和腐蚀剂等成分，研磨之后需要使用纯水将硅片表面冲洗干净，确保表面不会有残留的研磨液。CMP 废水中含有粒径在 70nm 以上的颗粒悬浮物、金属氧化物以及不同化学试剂，水中的颗粒悬浮物浓度比较高，稳定性较强，难以有效去除。建议按照研磨表面的实际类型，将 CMP 废水详细划分为氧化层与金属层研磨废水两种，随后再用电化学法或者混凝法处理并回收废水。

2.3 含铜废水处理工艺

300mm 芯片半导体厂日常生产作业中，很多环节都有可能会产生大量含铜废水，针对含铜废水的有效处理，首选电解法、沉淀法以及生物法等。微电解法作为一种行之有效的含铜废水处理方法，充分利用原电池原理，促使废水中含有大量铜离子可以直接进行电子交换，最终演变成为铜单质，完成整个含铜废水处理流程。使用电解法处理含铜废水使用范围广泛、处理效率高。沉淀法则充分利用活性肽、粉煤灰等吸附材料的吸附作用，吸附铜离子、去除铜含量，使用起来简单方便，吸附材料成本费用低，具有多方面的应用价值。

对于 300mm 芯片半导体厂，由于生产期间含铜废水在排放时存在重金属 Cu 离子和 Ag 离子、Ni 离子，氢氧化物溶度积已经达到排放要求，建议通过加碱沉淀的方法对废水有效处理，依靠共沉淀原理降低含铜废水中碱的含量。该方法在应用时需要做好 pH 值的控制，明确不同金属离子在去除时需要达到的最佳 pH 值，将其调整到碱性后，使铜离子与其他金属离子经过反应后产生沉淀，在其中加入重金属捕捉剂后，使金属离子与捕捉剂之间形成螯合物。凭借着捕捉剂强大的螯合性特点，使其在常温与较宽的 pH 条件下进行，成功去除水中的絮状沉淀物，最后在水中加入絮凝剂即可去除所有沉淀。

2.4 有机废水与氨氮废水处理工艺

芯片制造期间有很多生产步骤需要用到有机溶剂，特别是在刻蚀液与显像液清除环节中，主要用到丙酮、甲醇、乙酸甲酯等有机溶剂，以及二氯甲烷、二氯乙烯等氯化物。有的溶剂带有化学毒性，对环境影响较大，生产后的有机废水将会采用生物分解的方式处理，具有成本低、效率高的应用优势。

除了以上几种废水，芯片制造中排放的废水还有高浓度氨氮废水，其中污染物主要是 NH_3 。针对这种废水需要采用生化法集中处理，但处理设施占地较大，还需投入碳源。为了对处理方法进行改善，可以将生化法与吹脱法相结合，调整废水的 pH 值到 11.5，将废水吹脱出氨气之后，再将废水送入调节池，使废水与有机废水一同处理，依靠其中的碳源进行硝化，降低氨氮浓度。而吹脱出的氨气会在吸收塔中与硫酸反应，最终生成硫酸铵产品。完成吹脱处理的氨氮废水与有机废水在调节池中混合，将废水的 pH 值控制在 8 左右，使废水成为弱碱性水，再将废水进入二段 A0 生化反应区。反应池中，厌氧段具有水解作用，可以将高分子有机物分别水解为大分子有机物和小分子有机物，发挥微生物的分解与吸收作用，达到去除 COD 的目的。

2.5 酸碱废水处理工艺

半导体厂每日需要排放大量酸碱废水，这类废水的污染物主要包含酸性与碱性物质。目前采用的废水处理工艺是向废水中加入酸或者碱，指导废水的 pH 值调节到中性即可。此外，生产车间中对于冲洗地面的废水，和废水站内收集的废水也能送入酸碱调节池，与酸碱废水一同调节处理，直到最终达到排放标准。

2.6 废气处理工艺

生产车间在废水存放与处理工作中，无论是有机废水还是无机废水的排放都会释放臭味。废水站一般会建在室内，通风条件较差，且使用鼓风机搅拌与曝气的时候，废水散发的味道十分严重。面对这一情况，建议对玻璃钢通槽与水池采用密封设计方式，并为废气设置专门的收集管路，应用废气风机将臭气抽入洗涤系统。废气洗涤系统主要应用卧式洗涤塔，废气收集管道和洗涤塔需要应用耐酸碱腐蚀的材质，比如 PP 材质，同时配备液位计、循环泵等装置。废气洗涤系统运行需要用到的酸碱液可以由废水处理站的酸碱循环加药装置负责供给，酸碱废水送入调节池后统一处理即可。

3 300 mm 芯片半导体厂废水处理工程改进措施

300mm 半导体芯片厂在生产过程中废水排放量较大，需要排放的废水与废液种类较多，内部成分复杂，处理时难度比较大。建议安排环保人员参数废水的分水处理，对生产废水与废液分类采集，达到分质处理目的。将废水收集后送入处理站，以合理的工艺对废水处理后完成废水的排放与回用。将高浓度的废液进行分类收集后，可以有效回收重金属，或者安排专业公司对废液统一处理。

根据以上采用的废水处理工艺，还可以采取以下改进措施：（1）生产期间排放的废水与废液，以及酸碱药剂具有

较强的腐蚀性，架空管路应使用双套管完成磷酸废液和硫酸废液等液体的收集与输送。在管道外部套 PVC 管道，如果管道内部出现泄漏事故，外部透明 PVC 管道将可以有效防止液体滴溅，且透明管道有利于帮助人们找到具体泄漏位置。

(2) 一般情况下，废水处理站会建在室内，与纯水站、消防水池等规划在一起，由于占地有限，为保证容积，要求水池与通槽高度保持在 4m 以上，如果顶部与楼板距离较低，建议尽可能的增加楼层高度。(3) 充分考虑中水回用与循环利用，比如氨氮废水经过 MBR 处理之后，水质能够达到绿化用水标准。对于酸碱废水与含氟废水等无机废水，处理之后能够成为半导体厂纯水站进水，从而降低废水排放量，节约新鲜水的使用。

4 结语

总而言之，为了更好的推动半导体产业的发展，在提高半导体产业营收利润的同时，还应关注产业生产期间的废水处理问题。针对含氟废水、含铜废水、酸碱废水以及 CMP 废水的有效处理，建议采取电解法、生物法、絮凝沉淀法等方法处理，同时利用活性炭的吸附作用提高废水利用率，使出水符合生产回用水的要求，实现水资源的回收利用。

[参考文献]

- [1] 丁丽飞, 叶汉强. 集成电路废水分类收集与分质处理工艺分析[J]. 清洗世界, 2021, 37(5): 79-80.
[2] 孙远帅. 半导体生产废水处理的工程实例[J]. 工业用水与废水, 2020, 51(6): 77-83.

作者简介: 纪桂飞(1988-)男, 汉族, 江苏省扬州市, 大学本科, 厂务经理, 从事厂务系统工程建设及运营管理工作。