

文章编号: 1006-1355(2014)01-0188-03

## 通过噪声的分析评价实现划片刀的结构优化

李东亚<sup>1</sup>, 冯志华<sup>1</sup>, 胡攀登<sup>2</sup>

(1. 苏州大学 应用技术学院, 江苏 苏州 215000;

2. 库力索法半导体(苏州)有限公司, 江苏 苏州 215000)

**摘要:** 针对超高速旋转划片刀实际工作时存在的切削噪声问题, 用 INV 3018 G 型振动与控制分析仪器对其切削晶圆的划片刀结构进行实验分析, 利用改变划片刀工艺凹槽角度 $\alpha$ 的数值, 得出不同角度对应转速的频谱图, 并应用统计数据图表的方法, 整理分析得到角度和频谱峰值的变化曲线图, 确定工艺凹槽角度 $\alpha$ 对其结构的影响, 得出对应的峰值最小即产生的噪声较小。结果表明: 不同工艺凹槽角度 $\alpha$ 对高速旋转划片刀结构的设计有一定意义。

**关键词:** 声学; 超高速切削; 工艺凹槽角度 $\alpha$ ; 频谱峰值; 噪声

中图分类号: TB535

文献标识码: A

DOI 编码: 10.3969/j.issn.1006-1355.2014.01.042

## Structure Optimization for a High-speed Rotating Scribing Knife Based on Noise Analysis and Evaluation

LI Dong-ya<sup>1</sup>, FENG Zhi-hua<sup>1</sup>, HU Pan-deng<sup>2</sup>

(1. Applied Technology College of Soochow University, Suzhou 215000, Jiangsu China;

2. Library Force Line Method Semiconductor (Suzhou) Co. Ltd., Suzhou 215000, Jiangsu China)

**Abstract :** Aiming at the cutting noise problem of the scribing knife rotating at ultra high speed, the structure of the cutting wafer scribing knife is analyzed experimentally using INV 3018 G vibration and control analysis instrument. By changing the process groove angle  $\alpha$  of the scribing knife, the speed spectrum diagram corresponding to different angles  $\alpha$  is obtained. Applying statistical data chart, curves of angle  $\alpha$  vs. the frequency spectrum peaks are plotted, with which the influence of the process groove angle  $\alpha$  on the structure's performance can be determined. It can be concluded that the angle  $\alpha$  corresponding to the minimum peak value will produce small noise only. This work is of some significance for the structure design of high-speed rotating scribing-knives.

**Key words :** acoustics ; ultra high speed cutting ; process groove angle  $\alpha$  ; spectrum peak ; noise

随着超高速旋转切削<sup>[1]</sup>技术的发展和的工作环境要求不断提高的今天, 安静的工作环境是现代企业所追求的人性化的一方面。在分离半导体材料中, 一个重要的工艺过程, 就是如何切削半导体材料, 目前切削半导体材料的常用到的是划片刀, 在切削过程中划片刀一直处于高速旋转状态, 其转速在 30 000~46 000 r/min 之间, 在这样高速环境下, 有非常刺耳的噪声。人长时间工作在这样的环境下会对心里造成一定的危害。经大量的观察和分析, 不同形状的划片刀能产生不同程度的刺耳噪声, 划片刀侧面的工艺凹槽 $\alpha$  (见图 1 所示) 是产生刺耳噪声的

主要原因, 该文以其中一款专为切割晶圆而设计的划片刀作为实验对象, 通过对实验数据的分析得出划片刀工艺凹槽角度 $\alpha$ 的变化对频谱峰值产生一定的变化趋势, 绘制出变化曲线图找出峰值较小 $\alpha$ 角, 对改变环境噪声有一定的指导意义。

目前在超高速切削领域内, 刀具结构的变化产生的噪声也随之变化, 刘战强等<sup>[2]</sup>利用计算流体力学的方法对高速面铣刀气动噪声及其频谱进行了分析, 为低噪声高速面铣刀设计和合理应用提供理论依据。Mote 等<sup>[3]</sup>利用 Lighthill 的气动声学理论对圆锯片空气动力学噪声进行了研究, 解释了锯切噪声的方向性; 但并未预测其声压值。李林凌等<sup>[4]</sup>通过建立噪声模型, 得出定量影响风机噪声的叶片形状、转速和叶片半径等因素。本文采用自谱分析方法对不同 $\alpha$ 角的划片刀进行噪声测试, 并对其

收稿日期: 2012-10-25

作者简介: 李东亚(1984-), 男, 江苏苏州人, 本科, 目前从事机床刀具产生噪声的控制研究。

E-mail: lidongya@suda.edu.cn

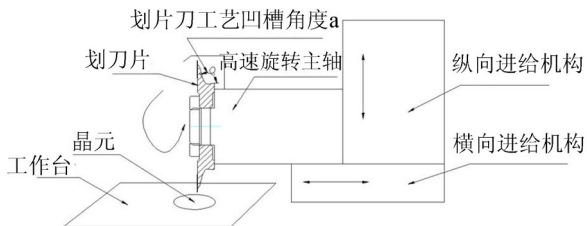


图1 划片刀安装和结构示意图

频谱进行分析,得出产生噪声峰值的频率,以及产生峰值最小的 $\alpha$ 角对应的划刀片。

划刀片采用铝合金为主体材料,刀刃采用电镀工艺将金刚石颗粒通过镍电镀到铝合金的表层用于切削,而工艺凹槽 $\alpha$ 角为加工时的夹紧部位以及安装刀具时用于手握的部位,工艺凹槽 $\alpha$ 在 $65^\circ$ 到 $85^\circ$ 之间变化,防止损坏刀刃部分;刀具空转时的特征:当选一个 $\alpha$ 角作为实验对象时,在低于 $30\,000\text{ r/min}$ 的情况下,除了机床本省、身以及外界的气流噪声之外,就是刀具本身由于高速旋转产生的噪声。当转速超过 $30\,000\text{ r/min}$ 达到 $46\,000\text{ r/min}$ 时,可以明显感觉刀具高速旋转产生的噪声,跟 $30\,000\text{ r/min}$ 时的噪声有明显的区别;通过对不同 $\alpha$ 角的划刀片进行在不同转速下的实验,采用INV 3018 G型振动与控制分析仪器找出随着 $\alpha$ 角和转速的增大其对应的变化趋势,分析当 $\alpha$ 角固定和转速有规律的变化,测出的噪声值是否有趋势的变化;找出产生噪声值最小的那个 $\alpha$ 角。

## 1 实验系统

### 1.1 实验系统介绍

在超高速的旋转划片刀切削材料的过程中,噪声可以分为空转噪声和切削噪声。空转噪声由气动噪声和主轴噪声组成;气动噪声<sup>[5]</sup>是由刀片周围的空气流动诱发的划片刀振动产生的,划片刀周期性打击空气质点,引起的压力脉动而激发的噪声,这种周期性的压力脉动是由一个稳态的基频和一系列谐波分量叠加而成的。划片刀的基频可通过公式: $f_0 = n/60\text{ (Hz)}$ ,得到相应转速的基频,切削加工采用的转速为 $30\,000\sim 50\,000\text{ r/min}$ 。由于声压法原理简单、方法简便,测量仪器已经比较成熟,而且声压是标量,不需要考虑方向,可以采集划片刀不同 $\alpha$ 角度对应的频谱图作为分析的依据。

实验仪器采用INV 3018 G二十通道并行采集仪、INV信号调理器、声级计和DASP平台软件组成的测试系统,其测试原理如图2所示。此测试系统可以进行信号示波和数据采集、基本信号分析、虚拟信号发生器、INV高精度频率计和幅值计;通过

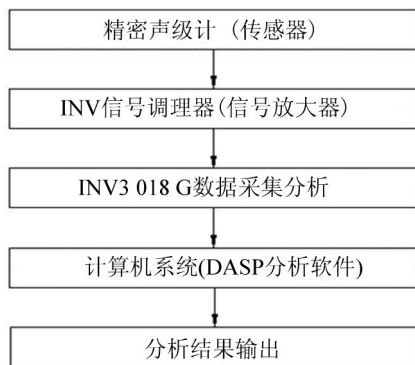


图2 测试系统原理图

DASP软件平台采用自谱分析方法进行数据统计。

### 1.2 实验样机和测点布置

采用一台高速旋转晶元切削机床作为测试机床,根据声级计的使用要求和采集信号的方便性将测点布置在距划片刀 $300\text{ mm}$ 的轴心正前方处,测点布置见图3所示,整个测试车间的噪声来源主要是机床本身运作的噪声,无其他噪声源。

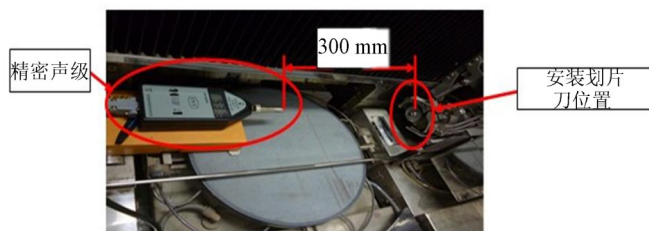


图3 测点布置图

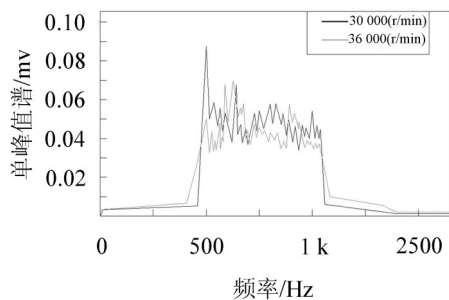
根据基频的公式可以计算出划片刀的旋转频率在 $500\sim 833\text{ (Hz)}$ 之间,可以对DASP软件进行参数设置,选择宽频 $300\sim 1\,200\text{ (Hz)}$ 通道进行测试,采样频率最高为 $2\,560\text{ Hz}$ ,每隔 $200\text{ us}$ 采集一个数据,采样时间设定为 $20\text{ s}$ 。

### 1.3 实验内容

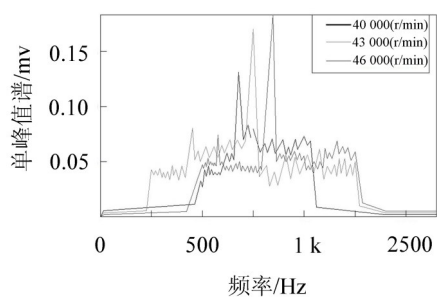
将按照划片刀工艺凹槽角度 $\alpha$ 从 $79\sim 115^\circ$ 进行分别测试,设置转速为 $30\,000\text{ r/min}$ 、 $36\,000\text{ r/min}$ 、 $40\,000\text{ r/min}$ 、 $43\,000\text{ r/min}$ 、 $46\,000\text{ r/min}$ 五个转速进行测试,每一个角度对应一个划片刀,分别在以上的转速内进行空载测试,通过DASP平台软件进行结果保存。

### 1.4 实验结果分析

信号的频谱描述可以找出信号的幅值随时间变化的特征,并可以直观的了解信号的变化情况。但是信号的频谱模型不能用解析函数来描述,只能通过统计特性和频谱特性求得概率意义上的统计规律。根据划片刀的基频公式对应上面的5种转速频率分别为 $500\text{ Hz}$ 、 $600\text{ Hz}$ 、 $667\text{ Hz}$ 、 $717\text{ Hz}$ 、 $767\text{ Hz}$ ,



(a) 30 000 和 36 000 r/min



(b) 40 000、43 000 和 46 000 r/min

图4 五种转速下的自谱分析图

理论上在这几个频率下会产生幅值的峰值,通过对其19种划片刀夹持角度 $\alpha$ 分别在以上5种转速下进行噪声测试,用自谱分析方法得到其中5个转速下的频谱图如4(a)(b)所示,可以看出在其对应的频率下产生很明显的峰值,达到了此次测试的要求。由于电机理论转速与实际转速存在一个误差,通过频谱图可以得到以上5种转速对应的基频为500 Hz、620 Hz、665 Hz、715 Hz、765 Hz,与理论值相差仅为3.3%,不影响测量的数据对分析结果产生误差。分别在30 000、36 000、40 000、43 000、46 000 r/min时对划片刀的工艺凹槽角度 $\alpha$ 从79~115°按照角度每次递增2°的进行实验通过自谱分析方法得到95个实验结果,根据实验结果得到的数据画出角度与单峰值规律见下图5所示。通过对测试结果分析可以看出划片刀夹持角度 $\alpha$ 在79~85°产生的噪声成逐渐增大的趋势之后为减小到91°,之后一直呈现递增递减的趋势。五种转速对应的噪声单峰相对值曲线图整体呈现递减的趋势;每一个曲线只是当前转速对应的相对幅值,每条曲线之间没有大小可比性。从曲线图和实验结果数据可以分析得出划片刀夹持角度 $\alpha$ 在91°、95°、105°出现峰值出现最小值,也就是说这几个角度的划片刀产生的气流噪声为可以接受的,通过声级计测量出的噪声都在80 dB以下并且没有明显刺耳的尖叫声。

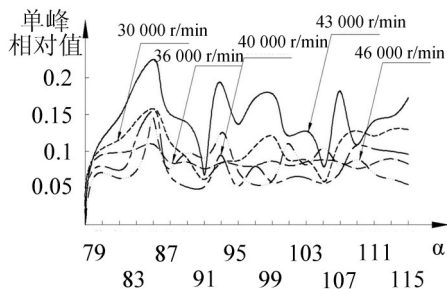


图5 角度—峰值变化曲线图

## 2 结语

(1) 通过噪声测试试验可以看出,随着划片刀的

工艺凹槽角度 $\alpha$ 变大的过程可以看出噪声值呈现出递减的趋势,当角度大到一定的数值基本上呈现平稳的趋势,对噪声的影响达到一定的数值而不在发生较大的变化;

(2) 根据划片刀本身的结构及加工的工艺的限制,机床能加工出的划片刀工艺凹槽角度 $\alpha$ 目前只能在79~115°的范围内,通过实验结果分析可以看出 $\alpha$ 在91°、95°、105°左右的噪声值减少到最小,可以满足工作人员接受的噪声值,不再发出尖叫的刺耳声;

(3) 划刀片的工艺凹槽角度 $\alpha$ 确定为一个合适的数值达到了降低噪声的效果,但是为了提高加工工艺效率,也要确定合适的角度,根据加工设备和现有工艺的技术要求选择105°这个角度可以进行批量加工达到高效率的生产,同时这个角度对降低噪声达到的效果最好;

(4) 在30 000 r/min以上时,划片刀的结构发生变化时,对噪声的大小会产生一定的影响,本文通过对划片刀工艺凹槽角度 $\alpha$ 的改变,使其在固定的转速下 $\alpha$ 角递增的变化,得出的频谱峰值也在递减的变化,通过在不同转速下进行实验,得出的结果都是在递减的变化,在超高速下对噪声的研究有一定的指导意义。

### 参考文献:

- [1] 白 琨. 超高速切削加工及其关键技术[J]. 新技术新工艺, 2009, 9: 30-65.
- [2] 刘战强, 吉春辉, 刘鲁宁, 艾 兴. 高速面铣刀气动噪声及其频谱分析[J]. 机械工程学报, 2011, 47 (11): 163-168.
- [3] Mote C D, ZHU Wen-hua. Aerodynamic far field noise in idling circular sawblades[J]. *Journal of Vibration, Acoustics, Stress, and Reliability in Design*, 1984, 106(3): 441-446.
- [4] 李林凌, 黄其柏. 风机叶片噪声模型研究[J]. 机械工程学报, 2004, 40 (7): 114-118.
- [5] 毛义军, 祁大同, 刘秋洪. 基于非定常流场的离心风机气动噪声分析[J]. 西安交通大学学报, 2005, 39 (9): 989-993.