

Kleiner, schneller, zuverlässiger



Untersuchung komplexer mechanischer Wechselwirkungen in Festplatten durch synchrone Schwingungsmessungen

Die mechanischen Eigenschaften komplexer Baugruppen werden normalerweise so bestimmt, dass man die Einzelteile vermisst und mit Hilfe eines Modellierungsprogramms auf die gesamte Baugruppe hochrechnet. Die Laservibrometrie ermöglicht dagegen multiple und synchrone Messungen in Echtzeit an der kompletten Baugruppe, was insbesondere dann von Vorteil ist, wenn das Modell nicht passt oder das Zusammenfügen der Komponenten zu unerwarteten Veränderungen im Verhalten führt.

Einführung

Bei der Entwicklung von Festplatten ist das Verständnis der mechanischen Wechselwirkungen zwischen den Komponenten von entscheidender Bedeutung, da der Kampf um die Beherrschung kleinster Größenord-

Bild 1: Tragarm mit Schreib-/Lesekopf einer Festplatte



nungen jetzt bis in den Bereich von Nanometern und darunter vorgegangen ist. Die Schreib-/Leseköpfe der nächsten Festplattengeneration werden in einem Abstand von drei Nanometern über der Plattenoberfläche fliegen. „Fliegen“ ist hier tatsächlich das richtige Wort, denn der Kopf darf die Oberfläche nicht berühren, weil sonst der Kopf oder die Oberfläche vorzeitig ausfallen. Wenn der Kopf andererseits zu hoch fliegt, kann es massive Datenübertragungsfehler geben.

Der Aufbau einer Festplatte

Zunächst soll der generelle Aufbau einer Festplatte (Bild 1) erläutert werden, beginnend beim Schreib-/Lesekopf,

der im Betrieb auf einem Luftpolster schwebt. Der Kopf ist an einer kardananischen Aufhängung befestigt, die wiederum über eine Feder mit dem Tragarm verbunden ist. Der Arm ist Bestandteil der Positioniereinheit und fährt den Kopf durch einen Servoantrieb über die gewünschte Spur.

Die größte und schwerste Struktureinheit ist die Grundplatte, die neben der Positioniereinheit die so genannte Spindel trägt. Im Inneren der Spindel ist der Antriebsmotor gelagert; auf der Auflagefläche der Spindel befindet sich schließlich der Plattenstapel, der aus den magnetisierbaren Einzelpplatten, Distanzstücken sowie Befestigungselementen besteht.

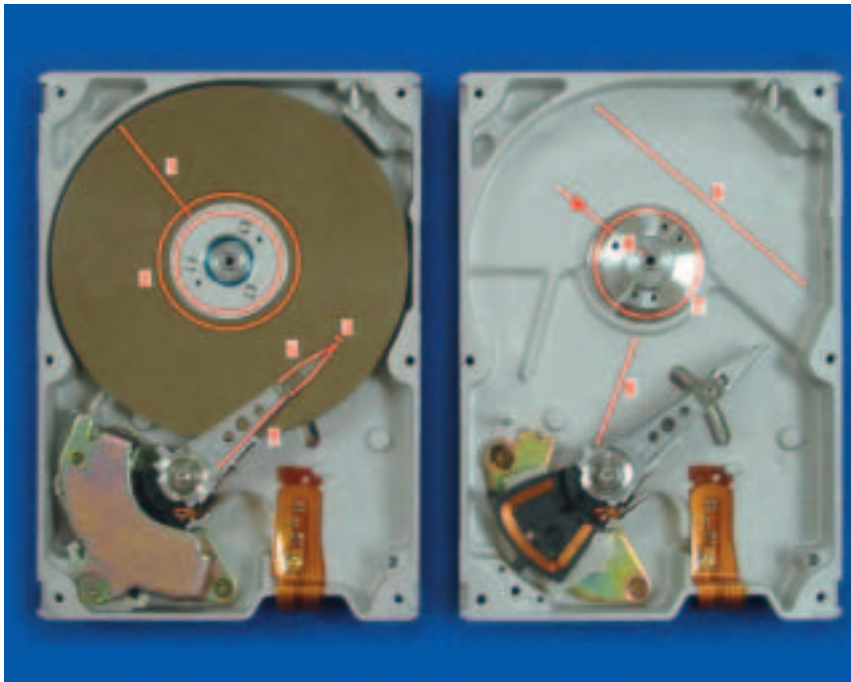


Bild 2:
Festplatten-Komponenten und Messungen

- 1. Platte:** Oberflächenscan zur Morphologie- und Defektanalyse
- 2. Nabe und Scheibeninnenrand:** Untersuchung auf geometrische Fehler
- 3. Kopf und Platte:** Zweistrahlmessung zur Verfolgung der Flughöhe
- 4. Flexible Verbindung zwischen Kopf und Tragarm:** Messung der dynamischen Eigenschaften
- 5. Tragarm:** wie 4.
- 6. Grundplatte:** Torsion und Resonanz
- 7. Plattenauflagefläche:** Ebenheits- und Rauigkeitsmessung
- 8. Spindel:** radiale und axiale Unregelmäßigkeiten (synchron/asynchron)

Dies war jedoch nur die statische Betrachtung. Im Betrieb dreht sich die Scheibe mit 5400 Umdrehungen pro Minute oder mit höheren Drehzahlen, und der Kopf fliegt im Abstand von 3 Nanometern über der Oberfläche, wobei er nicht mehr als 0,6 Nanometer nach oben oder unten abweichen darf. Außerdem muss der Kopf auch noch auf 25 Nanometer genau und konstant über der Spur positioniert werden.

Untersuchung der Plattenoberfläche

Mit Hilfe der Laser-Doppler-Vibrometrie in Verbindung mit einer neuartigen Signalverarbeitung, einer speziellen Datenerfassung, durchdachter Software und der Fähigkeit, ein wenig um die Ecke zu denken, können nun die Strukturen in-situ analysiert werden (Bild 2).

Auf der Plattenoberfläche befinden sich lokale Defekte, Löcher und Kratzer, die auf einer Oberflächenrauigkeit im Bereich von 0,1 Nanometer und einer Welligkeit von zehntel Nanometern bis einigen Nanometern aufsitzen. Dazu kommen mikrometergroße Toleranzen durch die Motornabe, die Distanzstücke, die Verwindung der Befestigungselemente und die Unrundheit der Scheiben. Die Eigen-

resonanz, verursacht durch die Unwucht der Scheiben und ungleichmäßige Luftströmungen, ist für weitere Mikrometer-Abweichungen verantwortlich. Die Gesamtschwingung besteht im Wesentlichen aus niederfrequenten Komponenten, die der Kopf ausgleichen kann und die sich nicht auf die Schreib-/Lesequalität auswirken. Dagegen müssen diejenigen Vorgänge mit kleinen Amplituden, die die Modulation der Flughöhe beeinflussen, bei der Messung davon sauber getrennt werden.

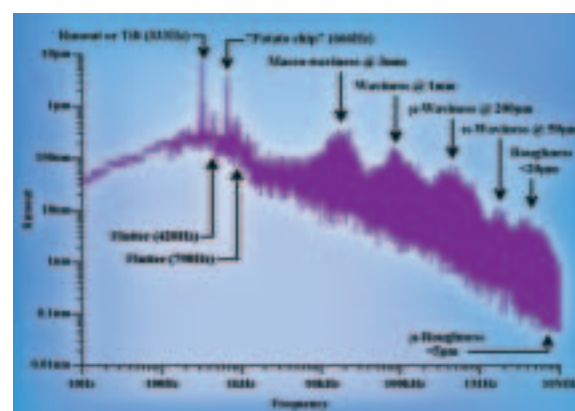
Im Frequenzspektrum des Dopplersignals sind verschiedene Strukturen und Bereiche erkennbar die unterschiedlichen Ursachen zugeordnet

werden können. Eigenschaften, die die Flugstabilität des Kopfes beeinflussen, wie Mikro-Welligkeit, Nano-Welligkeit und Rauigkeit, lassen sich voneinander abgrenzen (Bild 3).

Dank der extrem hohen Auflösung und Wiederholgenauigkeit des Lasermesssystems lassen sich Rauigkeiten vollflächig und mehrere hundertmal genauer messen als mit der Kraftmikroskopie. Außerdem wird dadurch die Synchronisierung der Datenerfassung mit der aktuellen Position auf der Plattenoberfläche möglich.

Untersuchung der Spindel

Die Messung an der Spindel bringt neue Herausforderungen mit sich.



- Runout:** Unrundheit, Schlag
- Tilt:** Schrägneigung
- Flutter:** Resonanzflattern
- „Potato Chip“:** Krümmung
- Waviness:** Welligkeit
- Roughness:** Rauigkeit

Bild 3: Spektrum der Lasermessdaten (Bildrechte: THôT Technologies)

Zunächst hat sie eine raue Oberfläche – kein Problem für das Vibrometer, solange nur die Schwingungen in der Ebene der Oberfläche (In-plane) betrachtet werden. Allerdings geht es hier um die Messung einer rauen Oberfläche bei hohen Drehzahlen, und für genaue Messungen wird die Synchronisierung der Datenerfassung mit der Rotation schwierig. Die Messanforderungen an die Plattenoberfläche und die Spindel sind sehr unterschiedlich. Bei den Messungen an der Scheibe bezieht man sich auf die mittlere Ebene der Platte als Bezugsebene. Dies ist bei einer Messung an der Spindel nicht möglich. Die entscheidende Größe bei Spindelmessungen, besonders im Festplattenbereich, sind die nichtwiederholbaren Signale (non-repetitive runout).

Die treibende Kraft in diesem System ist der Spindelmotor. Die Unwucht der gesamten Anordnung einschließlich Motor, Nabe, Scheiben, Spacern und Befestigungselementen versetzt die anderen Komponenten in Schwingung. Die Strukturschwingungen der Einzelteile lassen sich relativ einfach auf einem Prüfstand mit Shaker und Scanning-Vibrometer bestimmen. Es ist jedoch auch möglich, die Messungen an der komplett aufgebauten Gruppe durchzuführen. Die Spindel dient als „Shaker“, und mit einer sorgfältig synchronisierten Datenerfassung wird zunächst eine Messreihe entlang der Grundplatte bis zum Auflagepunkt der Positioniereinheit aufgenommen. Mit dieser Methode kann anschließend der Tragarm, die Aufhängung und auch der Schreib-/Lesekopf selbst untersucht werden.

Mehrfach synchronisierte Messungen

Die Gewinnung von Daten an Einzelkomponenten in einer für die FFT-Analyse ausreichenden Bandbreite ist nur ein Teil der Lösung. Wir müssen auch die räumliche Beziehung der Schwingungen unterschiedlicher Bauteile verstehen. Wenn beispielsweise der Verbindungspunkt zwischen

Kopf und Feder eine starke Schwingung bei einer bestimmten Frequenz aufweist und die Spindel ebenso, sollte man auf jeden Fall die Phasenbeziehung zwischen diesen Punkten kennen. Dies ist deswegen schwierig, weil die Bewegung der Spindel und die Resonanz der Scheiben asynchrone Vorgänge sind. Die Erfassung der Frequenz alleine reicht nicht aus, um die strukturellen Beziehungen aufzuklären. Mit Hilfe zweier unabhängiger Messstrahlen kann man jedoch auch dieses Problem lösen.

Dies wird anschaulich in unserem letzten Beispiel, der Verfolgung des Abstands zwischen dem Schreib-/Lesekopf und der Platte im laufenden Betrieb (Bild 4). Diese Messung ist aus mehreren Gründen sehr empfindlich, zunächst deswegen, weil der Messstrahl auf diejenige Stelle des Kopfes positioniert werden kann, die das Flugverhalten möglichst gut repräsentiert. Außerdem wird der die Scheibe messende Laserstrahl in möglichst geringem Abstand zum Kopf positioniert. Die Abweichungen der beiden Messpositionen voneinander in radialer und angularer Richtung werden durch sorgfältige Korrekturen berücksichtigt.

Die Synchronisierung der Messung erlangt hier eine zusätzliche Bedeutung. Um die veränderliche Form einer dynamischen Struktur richtig zu interpretieren, muss einerseits die Datenerfassung mit der Rotation der Scheibe synchronisiert sein. Außerdem müssen andererseits die Messpunkte auf dem Kopf und der Scheibe in genau demselben Zeitintervall abgefragt werden, denn auch der kleinste Zeitunterschied würde den Messfehler signifikant in die Höhe treiben.

Zusammenfassung

Die hohe Bandbreite und die extrem gute Auflösung der Vibrometersysteme von Polytec ermöglicht in Verbindung mit einer schnellen Datenerfassung und der Synchronisation paralleler Messungen den Aufbau leistungsfähiger Messtechnologien für anspruchsvolle Aufgaben in der Entwicklung von Daten-

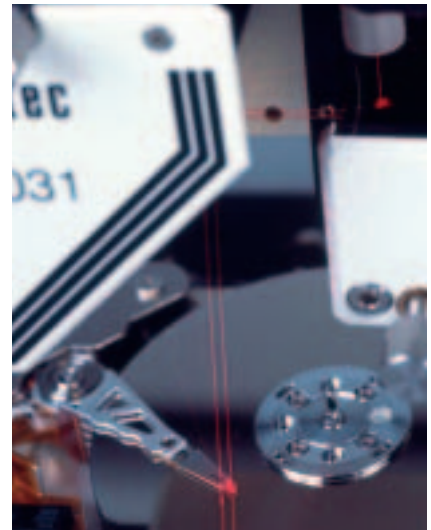


Bild 4: Messung des Abstands zwischen Kopf und Platte mit Doppelfaser-Interferometer

AUTOR · KONTAKT

Jim Eckerman
President

THôT Technologies, Inc.
271 East Hacienda Avenue
Campbell, California 95008-6616
info@thot-tech.com



Über THôT Technologies

THôT Technologies wurde 1991 von Jim Eckerman und Dr. Ian Freeman gegründet. Das Unternehmen entwickelt, produziert und vertreibt physikalische Messgeräte. Seit zwölf Jahren integriert THôT Technologies Polytec-Laservibrometer in komplette Messsysteme für die Festplattenindustrie. Die Anwendungen umfassen zwischenzeitlich auch Werkzeugmaschinen, Halbleiter und photolithographische Masken.

speichern. Kreatives Denken und ein besseres Verständnis der Wechselwirkungen zwischen den Komponenten der Festplatte sollten die Ingenieure in die Lage versetzen, Produkte mit noch höherer Speicherkapazität und besserer Leistung zu niedrigeren Kosten herzustellen.