

Auf ins Blaue

Der Wettlauf um das Erbe der DVD

Bernhard Ernstberger, Frank Lison und Thomas Weber

Fast tagtäglich gibt es Neuigkeiten im Wettlauf der aktuell um die Thronfolge der DVD konkurrierenden Formate Blu-ray und HD-DVD (vormals AOD). Beide setzen auf violette Laserdioden und beide gehen an den Rand dessen, was man mit preisgünstigen Optikkomponenten derzeit in der Massenproduktion bewältigen kann. Dementsprechend anspruchsvoll werden die Qualitätsprüfung bei der Produktion der zugehörigen optischen Disks und folglich auch die Anforderungen, die an die hierbei eingesetzten optischen Laufwerke, so genannte „Referenzlaufwerke“, gestellt werden.

Ende der 90er Jahre, die DVD war soeben dem Entwicklungsstadium entwachsen, machten sich die industriellen Technologieführer Gedanken über die nächste Generation der optischen Speichertechnik. Der angepeilte Informationsinhalt sollte für eine zweistündige Aufzeichnung von hochauflösendem digitalen Fernsehen (HDTV) ausreichen – mit einem Datenvolumen von insgesamt 30 GByte und einer Datenrate von 30 – 40 Mbit/s. Dieser Sprung um einen Faktor 6 – 7 im Vergleich zur DVD ist nur zu schaffen, wenn die Laserwellenlänge und damit die Strukturgrößen auf der Disk deutlich verringert werden. Die Markteinführung der ersten violetten Laserdioden durch den mittelständischen japanischen Chemieresther Nichia unter der wissenschaftlichen Leitung von S. Nakamura war daher eine wesentliche Voraussetzung für den kommerziellen Erfolg der Konzepte. Gemäß $D \approx 0,6 \cdot \lambda / NA$ skaliert der Durchmesser D des Laserfokus mit der Wellenlänge λ und ist umgekehrt proportional zur numerischen Apertur NA des optischen Systems. Violette Laser bei 400 nm können demnach gegenüber der DVD (650 nm) die Fokusgröße um den Faktor 1,6 reduzieren und erreichen damit eine 2,6-fach höhere Speicherdichte. Neben der Laserwellenlänge ist die Vergrößerung der numerischen Apertur eine weitere Möglichkeit, die Speicherkapazität zu erhöhen. Hierbei werden bei den eingangs erwähnten konkurrierenden Verfahren unterschiedliche Wege beschritten und in den letzten Wochen auch in der Presse ausgiebig diskutiert.

Das Blu-ray-Konsortium unter der Führung von Sony, Philips und Matsushita macht bei der NA einen deutlichen Schritt von 0,60 (DVD) auf 0,85. Bedingt hierdurch fällt die Polykarbonat-Deckschicht mit maximal 100 μm bei der einlagigen Disk (CD 1,2 mm, DVD 0,6 mm) sehr dünn aus.¹⁾ Oberflächen-schäden durch Kratzer liegen daher sehr viel näher am Laserfokus und stören somit stärker. Das Objektiv benötigt außerdem eine hohe Brechkraft und muss daher mit zwei

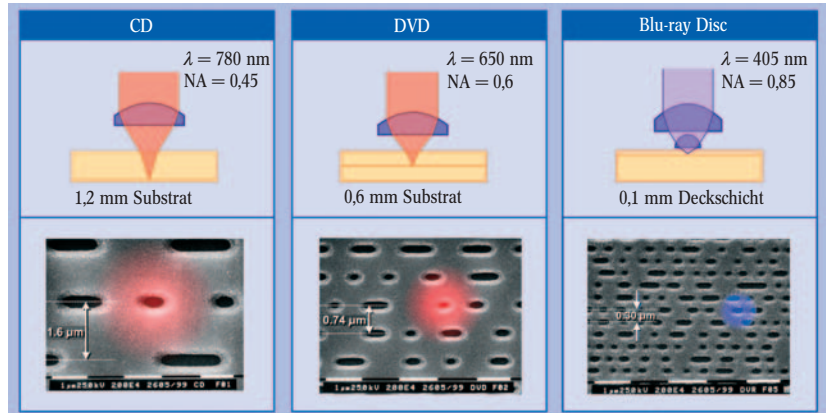


Abb. 1: Vergleich der Optiken und Strukturgrößen bei CD, DVD und Blu-ray-Disk (Quelle: Philips Research).

asphärischen Oberflächen gegebenenfalls sogar als Zweilinser ausgelegt sein (Abb. 1). Sphärische Aberrationen durch Schichtdicken- Ungenauigkeiten sind zudem kritischer. Aufgrund des wesentlich anderen Aufbaus weicht der Herstellungsprozess der Disks stark vom CD- und DVD-Prozess ab, sodass ein neuer Maschinenpark für die Produktion aufgebaut werden muss.

Die HD-DVD-Gruppe unter Führung von Toshiba und NEC versucht mit einem kleinen Schritt zu $NA = 0,65$, den Disk- und den Laufwerksaufbau möglichst kompatibel zur DVD zu halten.²⁾ Nachteile sind hier die gegenüber Blu-ray etwa 40 % geringere Speicherkapazität und die wesentlich höhere Empfindlichkeit gegenüber einem „Disk-Tilt“, d. h. einer Abweichung der Diskoberfläche von der Waagerechten, wie sie nach dem Spritzgussvorgang (lokale Diskdeformation) durchaus vorkommt. Auch hier dürfte zumindest eine umfangreiche Optimierung im Maschinenpark erforderlich werden. Den Nachteil der geringeren Speicherkapazität will man für die Anwendung im Bereich HDTV durch effektivere Datenkompressionsalgorithmen zumindest teilweise ausgleichen und so ebenfalls eine Speicherung von zweistündigen Filmen im HDTV-Format ermöglichen.

Bei der Definition von neuen Disk-Formaten erstellen die jeweiligen Firmenkonsortien umfangreiche Standards – im Fall der CD als „colored books“ bezeichnet –, die die physikalischen Eigenschaften der Disks, die Spezifikationen der Abspielgeräte sowie auch die Datenstruktur detailgenau beschreiben. Nur so ist gewährleistet, dass jede Disk im Prinzip auch auf jedem Laufwerk abgespielt werden kann – falls beide dem Standard entsprechen. Dass dies nicht immer so einfach ist, kann jeder an den aktuellen Problemen bei der Herstellung von Laufwerken und Disks für 16× DVD und dual layer DVD leidvoll miterleben.

Für die Diskhersteller, welche mit

hocheffizienten Spritzguss- und Beschichtungsprozessen Disks replizieren, ist die Qualitätsüberwachung der Diskherstellung eine zentrale Steuerungsaufgabe. Hierbei unterscheidet man zwischen Online- und Offline-Prüfung. Bei der Online-Prüfung wird jede einzelne Disk im laufenden Fertigungsprozess in wenigen Sekunden auf ihre physikalischen Eigenschaften geprüft (z. B. Substratdefekte, Substratdicke, Deformation, Reflektivität), sodass man auch vom „physikalischen Test“ spricht. Ob allerdings die Daten vollständig und korrekt von der Disk gelesen werden können, wird im „elektrischen Test“ geprüft, bei dem Disks tatsächlich vollständig auf einem Laufwerk abgespielt werden müssen. Aufgrund des Zeitbedarfs kann dieser Test ausschließlich offline geschehen und auch nur stichprobenartig durchgeführt werden.

Die Messparameter für den elektrischen Test umfassen im Wesentlichen

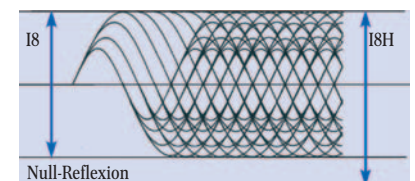


Abb. 2: Typisches „Augendiagramm“ einer Blu-ray-Disk, das zur Messung des Parameters „Modulationstiefe I8/I8H“ herangezogen wird (s. Text).

- physikalische Parameter, d. h. die Exaktheit der Lage der verschiedenen Speicherbereiche der Disk,
- Servo-Parameter, d. h. die Güte der Signale, die den Laser im Fokus und auf der Spur halten sollen,
- HF-Parameter, d. h. die Form des elektrischen Hochfrequenzsignals, das die von der Disk reflektierte Laserstrahlung am Detektor erzeugt,

1) www.blu-ray.com

2) www.hddvd.org

Dr. Bernhard Ernstberger, Dr. Frank Lison und Dr. Thomas Weber, TOPTICA Photonics AG, Lochhamer Schlag 19, 82166 Gräfelfing / München, www.toptica.com

- ▶ Jitter-Analyse, das sind Fluktuationen in der Form der Datenstrukturen und
- ▶ Digitale Fehler, d. h. wie gut die Daten von der Disk extrahiert werden können.

Ein typischer Parameter der dritten Gruppe ist beispielsweise das Intensitätsverhältnis „I8/18H“. Dieses Verhältnis gibt an, wie gut die Datenstrukturen (die Vertiefungen oder „Pits“) zu einer Auslöschung des Reflexionsignals führen. Abbildung 2 zeigt das so genannte Augendiagramm (Eye-Pattern), d. h. das überlagerte Messsignal aus Sinusformen, die von den einzelnen Pits erzeugt werden, wenn man jeweils auf den Pitanfang triggert. Kurze Pits sind hierbei weniger stark durchmoduliert als lange. Die längsten Pits, die acht interne Zeiteinheiten andauern, definieren die maximale Intensitätsmodulation I8/18H, welche gemäß Blu-ray-Standard größer als 0,40 sein soll. Die Vermessung dieses Parameters über die gesamte Diskfläche gibt den Diskherstellern Auskunft darüber, ob die Abformung der Pits im Spritzgussprozess gleichmäßig erfolgt ist, oder ob der Spritzgussprozess für die nachfolgenden Disks zu verändern ist.

Die Frage ist nun, wie und womit eine derartige Messung durchgeführt werden kann. Bereits in den Anfangstagen der CD wurde erkannt, dass aufgrund der großen Toleranzen zwischen den Geräten verschiedener Hersteller und selbst innerhalb von Gerätegenerationen eines Herstellers ein und dieselbe Disk völlig unterschiedliche Messergebnisse auf unterschiedlichen Laufwerken zeigte. Die CD-Gemeinde war aber unbedingt auf eine einheitliche Messmethode angewiesen und definierte in der Folge ein bestimmtes optisches Laufwerk zur Referenz. Im Falle der CD wurde dies das Philips CDM-4; im Falle der DVD wurde es das Pulstec SDP-1000.

Die TOPTICA Photonics AG hat sich zusammen mit ihrem Partner AudioDev AB in Malmö (Schweden) zum Ziel gesetzt, derartige Referenzlaufwerke für die nächste Generation der optischen Disks zu entwickeln. Folgende zentrale Bedingungen mussten hierfür erfüllt werden:

- ▶ Der gesamte optische, mechanische und elektronische Aufbau des Laufwerks entspricht exakt dem festgelegten Standard. Damit wird gewährleistet, dass auftretende Messwertabweichungen den Disks und nicht dem Laufwerk zuzuordnen sind.

- ▶ Möglichst alle Komponenten des Laufwerks stammen aus Eigenfertigung und sind folglich keine Bestandteile kommerzieller Laufwerke. Hierdurch wird sichergestellt, dass das Laufwerk über lange Zeit mit identischen und hochqualitativen Komponenten aufgebaut wer-

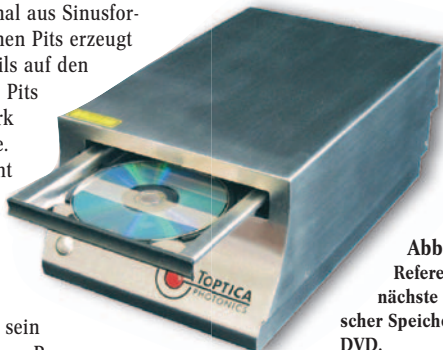


Abb. 3: Referenzdrive für die nächste Generation optischer Speicher: Blu-ray / HD-DVD.

den kann und damit ein weltweit verbreiteter Standardmessplatz definiert wird.


- ▶ Das Laufwerk sollte auf einer modularen Plattform basieren, die schnell und kosteneffizient auf neue Standards angepasst werden kann (Blu-ray, HD-DVD und die jeweils zugehörige ROM-, R- und RW-Variante).

- ▶ Eine gute Kompatibilität mit einem weltweit verbreiteten Messwerterfassungs-, -verarbeitungs- und -visualisierungssystem, wie es das CATS-System von AudioDev im DVD-Bereich darstellt, erleichtert den Zugang für Anwender.

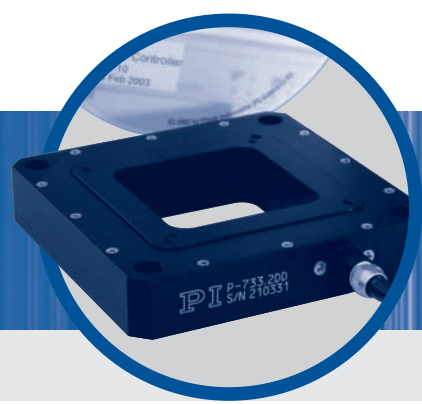
Insbesondere die erste Forderung stellte eine große Herausforderung für das Entwicklungsteam dar. Bei kommerziellen Laufwerken werden aus Preisgründen umfangreiche Abstriche in Optik und Mechanik gemacht und hierdurch verursachte Auslesefehler mittels umfangreicher Korrekturalgorithmen in der Laufwerkssoftware ausgeglichen. Im Laufe der Weiterentwicklung der Konsumerlaufwerke gilt neben der Erhöhung der Geschwindigkeit ein wesentliches Augenmerk dem Austausch der teuren Komponenten. Die Information einer Normdisk kann also auch auf einem nicht vollständig dem Standard entsprechenden

Laufwerk, d. h. einem Konsumerprodukt, durchaus korrekt wiedergegeben werden. Der Optikkopf für die Referenzlaufwerke musste hingegen aus besten Komponenten bestehen und genügend Justagefreiheitsgrade bieten, um mit interferometrischen Messmethoden einen möglichst guten und vor allem reproduzierbaren Abtastkopf herstellen zu können. Umfangreiche Berechnungen mit Optik-Simulationssoftware (Zemax, Diffract) waren hier unerlässlich. Große Ansprüche wurden auch an den Motor gestellt. Da das Laufwerk später dazu dienen soll, Formabweichungen der Disk zu vermessen, war bei 6000 U/min eine maximale Unwucht von 5 µm zugelassen – entsprechend stabil muss dann auch der Rahmen sein, in den sogar eine Tilt-Funktionalität (Verkipfung der Optik entlang des Disk-Radius) integriert werden konnte. Aktuelle EPLD-Bausteine (Eraseable Programmable Logic Devices) ermöglichten es, die bis 50 MHz schnellen Signale mit programmierbarer Logik auszuwerten, wobei die Decodierungs- und Navigationsalgorithmen hohe Ansprüche an die Hardwareentwickler stellten. Abbildung 3 zeigt das aktuelle Laufwerk von TOPTICA, wie es für das Blu-ray-Format entwickelt wurde. Der Partner AudioDev bietet auf dieser Basis ein derzeit eher für den F&E-Einsatz geeignetes Messsystem an, das die Industrie bereits in einem frühen Stadium in die Lage versetzen soll, sich auf die violette Zukunft der optischen Speicher einzustellen.

Während auf der einen Seite der Ausgang des Wettlaufs um den DVD-Nachfolger noch offen ist, wird in den Forschungslaboren der führenden Technologietreiber bereits an den optischen Datenspeichern der nächsten Generation entwickelt. Die Vorstellung der ersten Konsumerprodukte mit einer Speicherkapazität in der avisierten Größenordnung von einem Terabyte pro Disk wird sich aber, begleitet von vielen öffentlichen Diskussionen und diversen Produktankündigungen, wohl noch einige Jahre hinziehen.



Piezo · Nano · Positioning



High Speed, direct-drive Mikroskopiertische

4x schneller am Ziel

- SubNano genau
- 2.2 kHz Resonanz
- 30 µm Stellweg

www.pi.ws/pimpj

Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG · Tel. 0721 4846-0

Wir öffnen Nanowelten | www.pi.ws