

Spotformung für die optische Speicherung

S. Ziolkowski, K.-H. Brenner

Lehrstuhl für Optoelektronik, Universität Mannheim

<mailto:ziola@oe.ti.uni-mannheim.de>

Wegen der Beugungsbegrenzung ist der Spotdurchmesser in den jetzigen optischen Speicher-Systemen bereits größer als der Spurbstand, was eine Erhöhung des Symbol- bzw. Spurbübersprechens zur Folge hat. Dieses Übersprechen, und damit die Auslesequalität kann durch eine geringfügige Umformung des fokalen Intensitätsverlaufs verringert werden. Im Beitrag wird ein entsprechendes Entwurfsverfahren vorgestellt und Ergebnisse hinsichtlich der Verbesserung des Auslesesignals gezeigt.

1 Einführung

Optische Speicher-Systeme verwenden in der Regel einen fokussierten Lichtstrahl, der die Datenspuren des Mediums abtastet. Zukünftige Speichersysteme erfordern eine weitere Vergrößerung der Medienkapazität und damit noch dichtere Datenspuren. Der beugungsbegrenzte Spot ist in jetzigen Normen bereits größer als der Spurbstand, was eine Erhöhung des Symbol- bzw. Spurbübersprechens zur Folge hat. Dieser sogenannte Crosstalk, und damit die Auslesequalität kann durch eine geringfügige Umformung des fokalen Intensitätsverlaufs verringert werden. Der Entwurf muss den vektoriellen Charakter der Lichtausbreitung wegen der hohen numerischen Apertur der Systeme berücksichtigen. Für quantitative Messungen wird das Detektorsignal numerisch simuliert.

2 Modellierung des Einflusses einer Linse auf die Lichtausbreitung

In optischen Systemen mit kleiner numerischer Apertur kann die Lichtfokussierung mit Hilfe der Fourier-Transformation einer Kreisblende bestimmt werden. Der Spotdurchmesser ergibt sich aus der numerischen Apertur und der Wellenlänge:

$$d = 1,22 \frac{\lambda}{NA} \quad (1)$$

Bei hohen numerischen Aperturen muss der vektorielle sowie der nicht-paraxiale Charakter der Lichtausbreitung berücksichtigt werden, was mit Hilfe der Debye-Näherung [1] möglich ist:

$$\vec{E}_3(x, y, 0) = -\frac{ik_2}{2\pi} \iint_{\Omega} \frac{\vec{E}_2}{s_{2z}^2} \cdot \exp[ik_2(s_{2x}x + s_{2y}y)] ds_{2x} ds_{2y} \quad (2)$$

Diese Theorie geht von einer perfekten Kugelwelle aus. Um die Fresnelschen Transmissions- und Reflektionskoeffizienten berücksichtigen zu können, wurde ein analytisches, vektorielles Linsenmodell entwickelt [2].

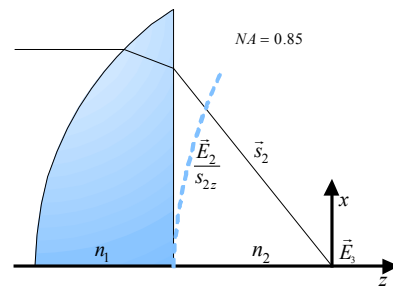


Abb.1 Modell der Lichtfokussierung

Die Ergebnisse mit diesem Linsenmodell zeigen bei linearer Polarisation eine Asymmetrie der Spotform. Bei zirkularer Polarisation ergibt sich ein rotationssymmetrischer Spot.

3 Einfluss des Schichtdickenfehlers auf die Phase

In der optischen Datenspeicherung ist die Schutzschicht (cover layer) von besonderer Bedeutung. Da sie sphärische Aberrationen verursacht, muss dieser Einfluss durch die Fokussierlinse korrigiert werden. Da bekannte Verfahren zur Bestimmung der Aberrationen keine zuverlässige Übereinstimmung mit gängiger Raytrace-Software lieferten, haben wir ein eigenes Modell entwickelt, welches diese Probleme löst:

$$\Phi(s_{1z}, d) = -k_0 d \left(\frac{n_1^2}{n_2} s_{1z} - n_2 s_{2z} \right) \quad (3)$$

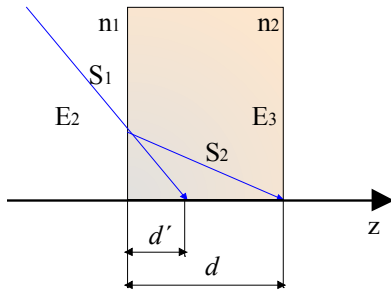


Abb.2 Fokussierte Lichtausbreitung durch eine dünne Schicht

4 Modellierung des Spurübersprechens und Spotformung

Mit Hilfe der Systemmodellierung konnten realistische Detektorsignale reproduziert werden, wie Abb. 3 zeigt. Durch Hinzufügen von Störsignalen in den benachbarten Spuren konnte das Spurübersprechen quantitativ ermittelt werden. Das Spurübersprechen ist definiert als das Verhältnis zwischen reflektierter Leistung ohne und mit Störsignal. Es wurde versucht durch Einbringen einer zusätzlichen Phasenplatte in der Ebene der Fokussierlinse, das Spurübersprechen zu reduzieren. Unter Anwendung des IFTA- Algorithmus [3] wurde eine Phasenplatte optimiert. Mit Hilfe eines Faltings-Algorithmus wurde die Berechnung beschleunigt. In Abb. 4 wird als Ergebnis dieser Optimierung ein Vergleich zwischen dem positionsabhängigen Spurübersprechen ohne und mit Anwendung der Phasenplatte gezeigt.

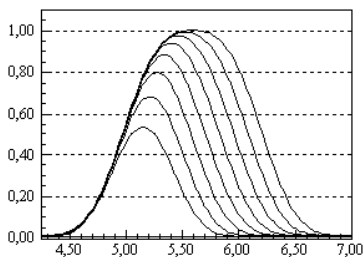


Abb.3 Detektorsignal für 3T..10T Pits

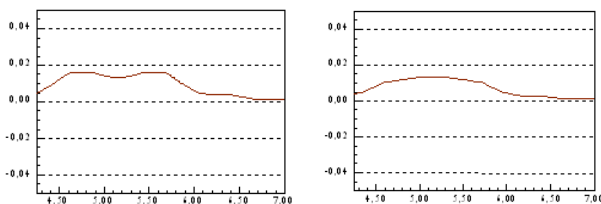


Abb.4 Spurübersprechen ohne und mit Phasenplatte

Die Ergebnisse zeigen, dass sich durch Anwendung der Phasenplatte eine Verringerung des Spurübersprechens ergibt.

5 Interpolationsmethoden

Nach der IFTA-Berechnung der Phasenplatte erhält man keine ausreichend abgetasteten Daten für eine Raytrace-Analyse oder für die Herstellung einer Belichtungsmaske. Um Zwischenwerte zu erzeugen, muss daher eine Interpolationsmethode angewendet werden. Verschiedene Interpolationsmethoden wurden in Hinblick auf die optische Anwendung untersucht. Eine Quellverteilung mit einer Auflösung von 32x32 Pixel wurde auf 512x512 Pixel hochskaliert. Als Modellphase wurde eine sphärische Verteilung gewählt. Abb. 5 zeigt Differenzbilder, die mit verschiedenen Interpolationsmethoden berechnet wurden.

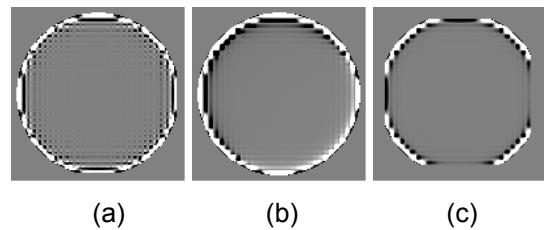


Abb.5 Differenzbilder: a) Bilinear, b) Aitken und c) Bicubic

Die Ergebnisse zeigen, dass die bilineare Interpolation hinsichtlich der Erhaltung der Phasengradienten kein zufriedenstellendes Verfahren darstellt. Die bikubische Interpolation [4] benötigt die meiste Rechnerzeit, liefert jedoch die geringsten Abweichungen hinsichtlich Phase und Phasengradient bei sphärischen Flächen.

6 Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurde die Einbringung einer Phasenplatte in der Linsenebene als eine neue Methode zur Verringerung des Spurübersprechens bei der optischen Speicherung vorgestellt. Zur Optimierung wurde ein realistischeres Linsenmodell sowie eine alternative Form der Aberrationsphase, welche sich bei Ausbreitung durch die Schutzschicht ergibt, entwickelt.

Literatur

- [1] P. Török, "Annular focusing through a dielectric interface scanning and confining the intensity", Pure Appl. Opt. 7, 1237-1248 (1998)
- [2] K.-H. Brenner, "Polarisation analysis of an ideal plano-convex focusing lens", Annual Report, Chair of Optoelectronics, University of Mannheim (2001)
- [3] F. Wyrowski, "Diffractive optical elements: iterative calculation of quantized, blazed phase structures", J. Opt. Soc. Am. A, 7: 961-969, 1990
- [4] R. G. Keys, "Cubic convolution interpolation for digital image processing", IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, vol. ASSP-29, no. 6, pp. 1153-1160, 1981