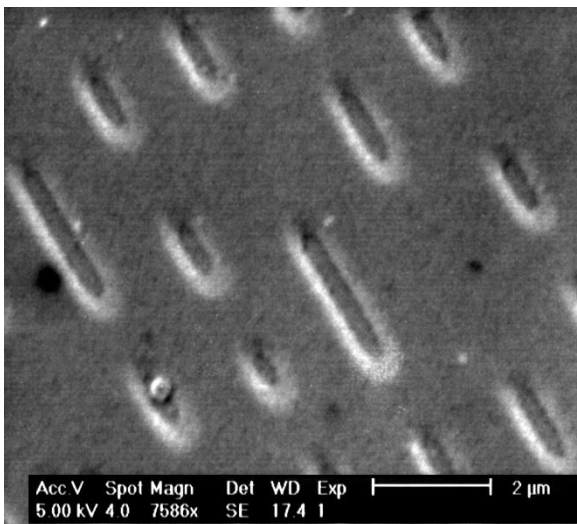
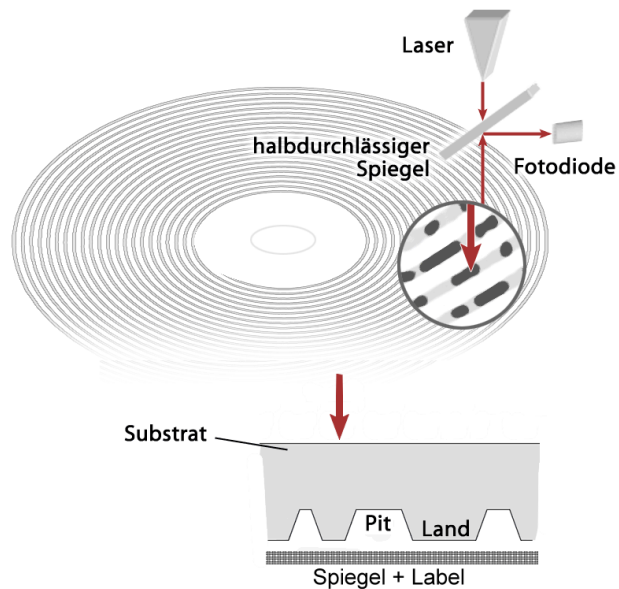


CD-Beugung & Speicherkapazität einer CD

Aufbau und Prinzip einer CD:



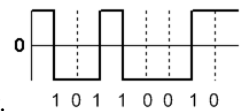
Quelle: Wikipedia



Quelle: Wikipedia

Der Binäre Code aus Nullen und Einsen wird indirekt* durch die Pits (Vertiefungen) und Lands (Erhebungen) codiert, dabei wird der Abtast-Laserstrahl ($\lambda = 780\text{nm}$) bei Reflexion an einem Land einen kürzeren Weg zurücklegen als der im Pit reflektierte. Durch Interferenz mit dem Teilstrahl, welcher an der Oberfläche reflektiert wurde, entstehen abwechselnd Verstärkungs- und Auslöschungszonen, die von der Fotodiode in Spannungsschwankungen verwandelt werden. Dabei ist die Vertiefung des Pits so bemessen, dass der optische Gangunterschied eine halbe Wellenlänge beträgt. Das verwendete Substrat ist Polycarbonat mit einem Brechungsindex von $n = 1,59$.

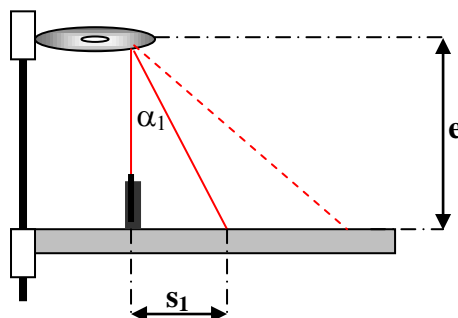
*) es gibt verschiedene indirekte Codierverfahren z.B. Non return to zero, inverted (NRZI) - dabei werden in einem bestimmten Zeittakt Helligkeitswechsel als High-Bits (1) und keine Wechsel (lange Lands oder Pits) als Low-Bits (0) interpretiert. Der Takt entspricht dabei einer Schrittweite von der Größe der halben Spurweite bzw. der Wellenlänge des Tastlasers. Die Spurweite misst man einfach als Gitterkonstante g .



Aufgabe: Bestimmen Sie experimentell die Spurweite einer CD und ermitteln Sie daraus die mögliche Speicherkapazität.

Geräte: 2 Tischklemmen, 1 Stativstab, 1 CD-ROM, 1 Lineal 30cm, 1 Laserpointer rot, Der Tisch wird als Schirm verwendet

Versuchsaufbau:



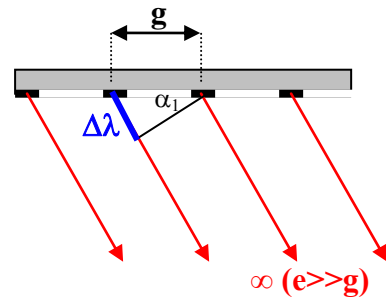
- Vorbetrachtungen:
1. Berechnen Sie die geometrische Tiefe der Pits gegenüber den Lands.
 2. Geben Sie die fraunhoferschen Näherungsgleichung zur Berechnung der Gitterkonstante an. Erläutern Sie die Formelzeichen an Hand einer Skizze.
 3. Berechnen Sie die Größe des relativen Fehlers bei Verwendung der fraunhoferschen Näherung für Beugungswinkels α von 23° .
 4. Wie viele Bit hat ein Mbyte?

Grundlagen: 1. Optischer Gangunterschied: $\Delta\lambda = 2nd$
 Auslöschungsbedingung: $\Delta\lambda = (2k-1) \cdot \lambda/2$ 1. Ordnung $\Delta\lambda_1 = \lambda/2$
 Brechungsindex von Polycarbonat: $n = 1,59$

$$2 \cdot n \cdot d = \lambda/2 \rightarrow d = \frac{\lambda}{4 \cdot n} = \frac{780 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{4 \cdot 1,59} = \underline{123 \text{ nm}}$$

2. Fraunhoferschen Näherung:

$$\frac{\Delta\lambda}{g} \approx \frac{s}{e}$$



$\Delta\lambda$ - Gangunterschied

e - Schirmabstand

g - Gitterkonstante

s_k - Beugungsabstand auf dem Schirm

(Abstand der k-ten Verstärkungsordnung von der 0-ten Ordnung)

3. Relativer Fehler durch Fraunhofersche Näherung:

$$f = \frac{\tan 23^\circ - \sin 23^\circ}{\tan 23^\circ} \approx \underline{0,08 \text{ (8%)}}$$

4. 1 MByte = $1024 \cdot 1024 \cdot 8 \text{ Bit} = 8.388.608 \text{ Bit} \approx 8,39 \text{ MBit}$

Messwerte: Wellenlänge: $\lambda = 650 \text{ nm}$ (siehe Aufschrift Laserpointer)

Schirmabstand: $e = 160 \text{ mm}$

Abstand der ersten Ordnungen: $s_1 = 72 \text{ mm}$ $s_{-1} = 68 \text{ mm} \rightarrow \underline{s = 70 \text{ mm}}$

Innenradius Programmbereich: $r_i = 23 \text{ mm}$

Außenradius Programmbereich: $r_a = 58 \text{ mm}$

Berechnung der Gitterkonstanten:

V1 Fraunhoferschen Näherung der 1. Verstärkungsordnung: $\frac{\lambda}{g} \approx \frac{s}{e}$

$$g \approx \frac{\lambda \cdot e}{s} = \frac{650 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot 0,16 \text{ m}}{0,07 \text{ m}} = 1,49 \mu\text{m} \approx \underline{1,5 \mu\text{m}}$$

V2 genauere Rechnung: $\arcsin \frac{\lambda}{g} = \arctan \frac{s}{e}$
 $\frac{\lambda}{g} = \sin(\arctan \frac{s}{e})$

$$g = \frac{\lambda}{\sin(\arctan \frac{s}{e})} = \frac{650 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{\sin 23,6^\circ} = \underline{1,62 \mu\text{m}} \quad (\text{Herstellerangabe: } 1,6 \mu\text{m})$$

Berechnung der Speicherkapazität:

Programmspeicherfläche: $A = \pi (r_a^2 - r_i^2) = \pi (0,058^2 - 0,023^2) \text{ m}^2 = \underline{0,0089 \text{ m}^2}$

Gesamtpurlänge: $l = \frac{0,0089 \text{ m}^2}{1,62 \mu\text{m}} \approx \underline{5,5 \text{ km}}$

Anzahl der Bits: $N_{\text{Bit}} = \frac{l}{g/2} = \frac{2 \cdot 5500 \text{ m}}{1,62 \cdot 10^{-6} \text{ m}} \approx 6.790.000.000$

Kapazität: $1 \text{ MByte} \approx 8,39 \text{ MBit} \rightarrow K = \frac{6.790.000.000}{8.390.000} \approx \underline{800 \text{ MByte}}$