Pound-Drever Hall (PDH)

PDH-Theorie/Verfahren

- Laser phase and frequency stabilization using an optical resonator , R. W. P. Drever et al., Appl. Phys. B, 31:97-105 (1983)
- Electronic Frequency Stabilization of Microwave Oscillators, R. V. Pound, Rev. Sci. Instrum., 17:490-505 (1946)
- Notes on the Pound-Drever-Hall technique by Eric Black

PDH-Vorteile

- Laserfrequenz eines Laser unabhängig von Schwankungen in seiner Lichtleistung auf einen Resonators zu stabilisieren
- Regelbandbreiten von einigen Megahertz erhalten, die größer als die Resonatorlinienbreite ist
- Die Detektion des Fehlersignals, dass von der Abweichung der Laserfrequenz von der Resonazfrequenz abhängt, liegt im Radiofrequenzbereich. Sodass Störungen und technisches Rauschen im Vergleich zu Stabilisierungsverfahren mit einer Detektion im DC-Bereich besser unterdrückt werden:
  - Laser frequency stabilization by polarization spectroscopy of a reflecting reference cavity , T.W.Hansch and B.Couillaud, Opt. Commun., 35:441-444 (1980)

Mögliche Probleme im Aufbau

Externe Etalon-Effekte, die durch Licht entstehen, das vom Resonatorspiegel zurück in den Strahlengang reflektiert wird und Licht, das widerum durch Reflexion an optischen Bauelementen zum Resonator hin reflektiert wird. Die Etalon-Dicke wird dann durch Temperatur- und Luftschwankungen geändert. Aufgrunddessen detektiert die PDH-Stabilisierung eine zusätzliche veränderliche Phasenlage und so die Phasenlage zwischen Träger und Seitenbänder geändert.

- **Lösung:**
  - Optische Isolatoren im Strahlengang
  - Hohe thermische Stabilität, sodass sich der Abstand nicht ändert (Beispiel zwischen Resonatorspiegel und lambda/4)

Fundamentale Limitierung der PDH-Regelung

- Ursache: Schrotrauschen
  - Schrotrauschbegrenzte Detektion mit spektraler Leistungsdichte der Frequenzfluktuation: S_PDH
  - Finesse des Resonators: F

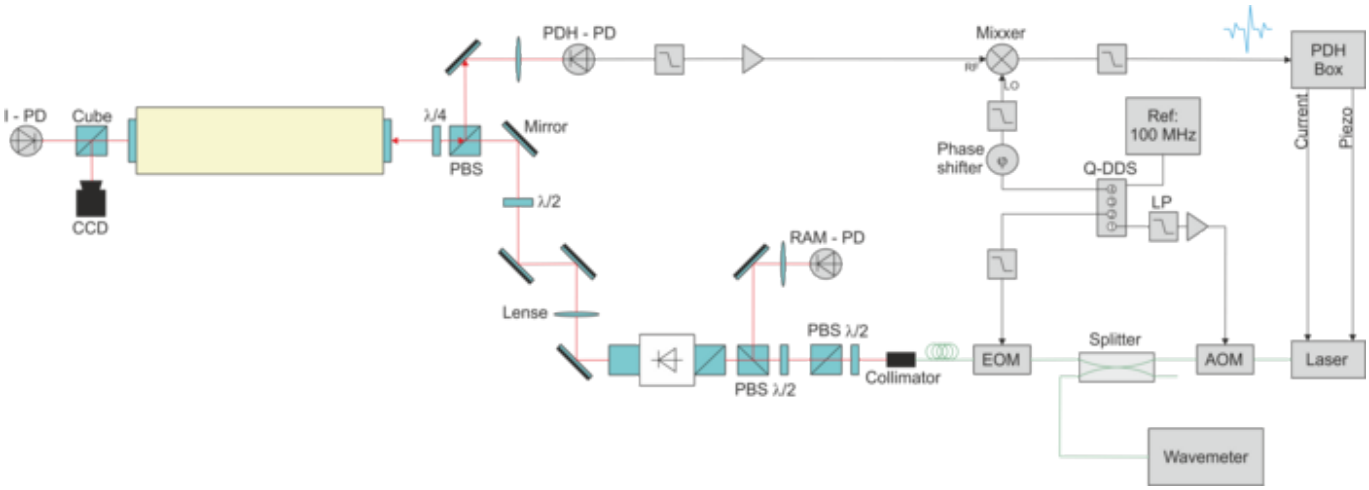
- Länge des Resonators: L
- Wellenlänge des Laserlichts: lambda
- Schwebungssignal zwischen dem reflektierten Trägers mit den Seitenbändern der Freqeunz Omega: P_Ref(t)

$$ S_{PDH} = \left(\frac{\sqrt{hc^{3}}}{8} \cdot \frac{1}{F \cdot L \cdot\sqrt{\lambda \cdot P_{REF}}} \right)^2 $$

☐ Messen des Frequenzrauschpegels
☐ Messen der Schrotrauschlimitierung der PD
☐ Messen des elektronischen Rauschens
☐ Einkoppeleffizienz vom Resonator messen [%]
☐ optische Leistung der beiden Seitenbänder (in der Summe) durch RF-Leistung messen [%]
☐ Abschwächung der Vakuumfenster und Heizschild-Fenster messen [%]
☐ Transmissionsleistung vom Resonator messen [W, %]
☐ Berechnung des Schrotrauschens etc.

- **Vorteil** einer geringen EOM-frequenz gegenüber einer hohen Freqeuenz: <fc #ff0000>TODO</fc>

PDH-Aufbau



1. Das detektierte Fehlersignal f_PDH wird tiefpassgefilter und verstärkt (Mischer benötigt genug Leistung)
2. Mit Hilfe eines Mischer (dieser unbedingt DC ausgeben kann) wird das Fehlersignal mit der Modulationsfrequenz f_PDH zu einer modulierten Gleichspannung umgewandelt
    1. RF-Eingang: PDH-PD Signal
    2. LO-Eingang: DDS-Signal
3. RF-Frequenzen werden durch einen DDS bereitgestellt (im Bild Cannel 2 und 4), dabei besitzen beide Channel die selbe Frequenz
    1. Da die Mischer 7dBm benötigen, wird an dem Channel 4, dieser Wert eingestellt
4. Durch die Benutzung eines DDS´s ist es relativ leicht die Phasenlage zwischen den beiden Frequenzen zu verändern, sodass das Fehlersignal optimiert werden kann

    1. Der eingezeichnete Phasenschieber ist im Q-DDS eingebaut
    2. Hierbei wird das RF-Signal hinter dem Mischer angeschaut. Dabei wird die Phase (von Channel 4) so lange gedreht bis der Träger Null wird.
    3. Anschließend werden 90° auf den eingestellten Wert der Phase gegeben.
5. Vermeidung durch Brummschleifen (50 Hz) sollte der Ausgang des Mischers <fc #ff0000>galvanisch</fc> getrennt werden
6. Hinter dem Mischer sollten weitere Tiefpässe angebracht werden, sodass die Modulationsfrequenz und höhere Moden dieser Frequenz herausgefiltert werden
7. Gefilterte Fehlersignal wird dem PDH-Regler bereitgestellt
8. PDH-BOX detaierte bescheid wissen
    1. zwei getrennte Ausgänge mit unterschiedlichen bandbreiten
        1. Ausgang 1: hohe Regelbandbreite
        2. Ausgang 2: niedrige
        3. Schneller Ausgang steuert direkt den RegalbandbreiteLaserdiodenstrom über die parallel geschaltete transistorstufe
            1. Wirkung: Hohe Freuenzanteile der Stöhrung im laserlicht werden herausgeregelt
        4. Langsame Ausgang steuert den Piezoaktuator im laserdiodensystem
            1. Wirkung: Temperaturfluktuationen an der Diode werden herausgeregelt

- **Optimierung der Stabilisierung** erfolgt durch Veränderung der <fc #ff0000>Eckfrequenz (?)</fc>
- **Regelbandbreite** wird durch die Phasenschiebung in der Laserdiode limitiert. Diese durch die Folgen der Reaktion der optischen Frequenz auf Stromänderung und durch Tiefpasscharakteristik des Resonators für hohre Frequenzen kommen <fc #ff0000>(?)</fc>
    - **Verbesserung der Regelbandbreite**: Einbau eines Differentiators im PDH-Regelverstärker, dieser die Phasenschiebung durch die Laserdiode zu höheren Frequenzen schiebt.

Charakterisierung der PDH-Stabilisierung

1. Empfindlichkeit des Fehler- bzw. Diskriminatorsignals bestimmen
    - Methode: Eine Referenzspannung wird im Regler harmonisch mit f~0.5Hz um einige mV moduliert. Dadurch erzeugte Frequenänderung des Lasersystems kann mit einem anderen Lasersystem untersucht werden.
    - Die Empfindlichkeit des PDH-Diskriminatorsignals kann aus dem Verhältnis der Freuenzänderung und der Modulationshöhe des Fehlersignals berechnet werden
2. Messung des Rauschens im unstabilisierten Zustand ohne Licht auf der PDH-PD
3. Messung des elektronischen Rauschens der PDH-PD
4. Messung mit eingeschalteten Laserlicht, aber neben einer Resonanzfrequenz (Rauschen sollte bei niedrigen frequenzen ansteigen; Grund: RAM durch den EOM)
5. Messung in stabilisierten Zustand
6. Gesamtrauschbeitrag auf den laser berechnen <fc #ff0000>(Formel aus Häfner Doktorarbeit ?)</fc>

7. Brummrauschen bei 50Hz und 100Hz möglichst mindern (USB-Isolatoren, Netzfilter)

☐ Messung der Regelbandbreite (auch für unterschiedliche laserleistungen)
☐ Aufnahme des PDH-fehlersignals
☐ Berechnung der Empfindlichkeit des Fehler- bzw. Diskriminatorsignals

From:
https://iqwiki.iqo.uni-hannover.de/ - **IQwiki**

Permanent link:
https://iqwiki.iqo.uni-hannover.de/doku.php?id=groups:mg:project_ptb-cavity:pound-drever-hall&rev=1521449856

Last update: **2018/03/19 08:57**