
광학 디스크 기록을 위한 Blu-ray Laser Diode의 온도특성 및 기록품질 개선

이도한* · 김영길**

Temperature Characteristic and Writing Quality Improvement of Blu-ray Laser Diode for
Optical Disc Recording

Do-han Lee* · Young-kil Kim**

요 약

본 논문에서는 Blu-ray 디스크의 기록을 위한 Laser Diode의 온도특성을 고려한 기록품질의 개선방법에 대해 연구했다. 주변 온도변화에 따라 Blu-ray Laser Diode는 전류-전압 관계로부터 미분저항이 변화하게 되는데 이러한 미분저항이 저온에서 기록품질에 미치는 영향에 대해 분석하고 개선하는 방법을 제안한다.

ABSTRACT

In this paper, we research the method for write quality improvement by temperature characteristic of Laser diode for optical recording. Differential Resistance of Blu-ray laser diode is changed by temperature. We analyze the effect of the change of the differential resistance in low temperature and propose the method for the write quality improvement.

키워드

블루레이, 레이저 다이오드, 지터, 기록품질, 미분저항, 저온

Key word

blu-ray, laser diode, jitter, write quality, differential resistance, low temperature

* 아주대학교 전자공학과 석사과정

접수일자 : 2010. 03. 03

** 아주대학교 전자공학과 교수 (교신저자, ykkim@ajou.ac.kr)

심사완료일자 : 2010. 04. 05

I. 서 론

오늘날 광학 디스크 저장장치로는 DVD 기록형 드라이브가 시장에서 주류를 이루고 있다. 근래에는 DVD 저장용량의 6배에 달하는 최대 50GB의 데이터 저장용량을 가진 Blu-ray Disc 및 기록 재생 드라이브 제품이 속속 출시되고 있다. 현재 Blu-ray Disc Association(BDA)에서 규정하고 있는 Blu-ray Disc Recordable 규격과 Rewritable 규격은 각각 최대 6배속과 2배속에 머물러 있다[1][2]. 이에 근래에는 Blu-ray 드라이브와 관련하여 기록 시간의 단축을 위해 미디어의 배속을 넘는 기록 배속의 연구가 활발하게 진행되어 왔다[3][4][5]. 또한 미디어 기록 전송률의 증대를 위해 필수 요소인 레이저 다이오드의 출력 광량의 증가를 위한 연구와 Blu-ray 레이저 다이오드의 신뢰성에 관한 연구도 이뤄져 왔다[6][7][8].

이러한 기존의 연구는 대부분 상온 및 고온의 온도 영역에서 이뤄져 왔는데 제품의 대량 생산 및 다양한 환경을 고려한 연구가 절실히 필요한 시점이다. 이에 본 논문에서는 6배속 Blu-ray Recordable media를 이용하여 저온에서 10배속으로 기록할 때의 Blu-ray 레이저 다이오드의 온도특성 및 기록품질에 대해 다루고자 한다.

Blu-ray 레이저 다이오드는 입력 전류-전압 관계가 비선형적인 특성을 갖고 있다[9]. 이러한 전류-전압 관계로부터 레이저 다이오드 고유의 미분저항(differential resistance)을 구할 수 있다.

특히 레이저 다이오드의 주변 온도가 고온에서 저온으로 변화할 때 미분저항은 점차 증가하게 된다. 미분저항의 변화는 레이저 다이오드의 발광 및 소광특성에 영향을 미치게 된다[10]. 결과적으로 미분저항의 증가는 광학 디스크에 mark와 space를 형성하기 위해 레이저가 발광 및 소광될 때의 응답시간을 증가시키게 되고 기록 후 재생시에 Jitter가 높아지게 된다. 이에 저온에서의 레이저 다이오드의 미분저항 특성에 기인한 기록품질의 저하를 개선할 수 있는 방법에 대해 살펴본다.

II. 본 론

2.1 Blu-ray 레이저 다이오드의 미분저항특성

Blu-ray 레이저 다이오드의 전류-전압의 관계를 측정 한 결과 그림 1과 같은 curve특성을 갖고 있다.

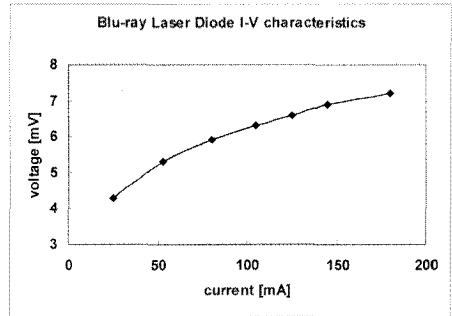


그림 1. Blu-ray 레이저 다이오드의 I-V 특성
Fig.1 I-V characteristic of Blu-ray Laser Diode

위와 같은 전류-전압 특성으로부터 레이저 다이오드의 미분저항(Rd)은 식(1)과 같은 관계식을 갖는다.

$$R_d = \frac{\Delta V}{\Delta I} \tag{1}$$

2.2 미분저항의 온도특성

상온에서 서로 다른 값의 미분저항을 갖는 2개의 Blu-ray 레이저 다이오드에 대해 주변의 온도를 변화시켜가면서 측정 한 미분저항의 변화는 그림 2와 같다.

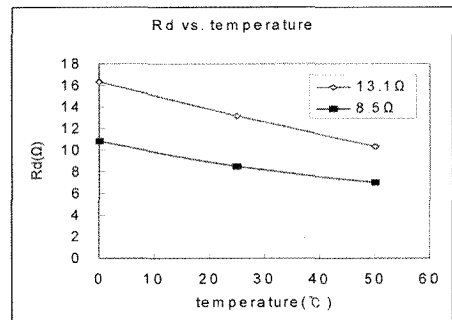


그림 2. 미분저항의 변화
Fig. 2 Differential Resistance and temperature

2개의 Blu-ray 레이저 다이오드 모두 주변온도가 고온에서 상온, 상온에서 저온으로 변화했을 때 미분저항이 점차적으로 증가하는 결과를 얻었다. 또한 주변온도의 변화에 따른 미분저항의 변화량은 상온에서 미분저항이 큰 레이저 다이오드가 상온에서 미분저항이 작은 레이저 다이오드보다 상대적으로 크게 나타났다.

III. 미분저항과 기록품질

현재의 Blu-ray Disc Recordable Format 규격에 의하면 6배속의 데이터 전송률로 기록할 경우 T_r 및 T_f 가 1.2ns를 넘지 않을 것을 규정하고 있다. 이때의 T_r, T_f 는 그림 3과 같이 유효한 파워의 10%로부터 90%에 이르기 까지 걸리는 시간을 말한다.

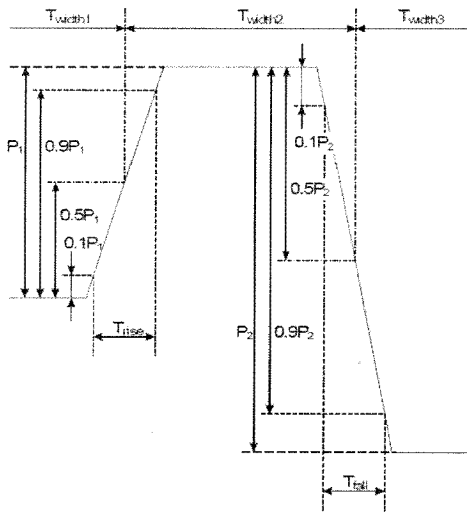


그림 3. T_r (T_{rise}), T_f (T_{fall})
Fig. 3 T_r (T_{rise}), T_f (T_{fall})

2개의 서로 다른 미분저항을 갖는 Blu-ray 레이저 다이오드에 대해 주변온도를 변화시켜가면서 데이터 전송률 10배속을 기준으로 하여 발광 및 소광에 관한 제어를 실시하였다. 측정결과 그림 4, 5와 같은 T_r 과 T_f 를 얻었다. 위 실험으로부터 Blu-ray 레이저 다이오드 주변의

온도가 낮아질수록 T_f 가 증가하며, 미분저항이 큰 레이저 다이오드 일수록 T_f 의 증가량이 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 또한 실험에 사용된 레이저 다이오드의 응답특성은 rising edge 보다 falling edge가 느린 것으로 측정되었다.

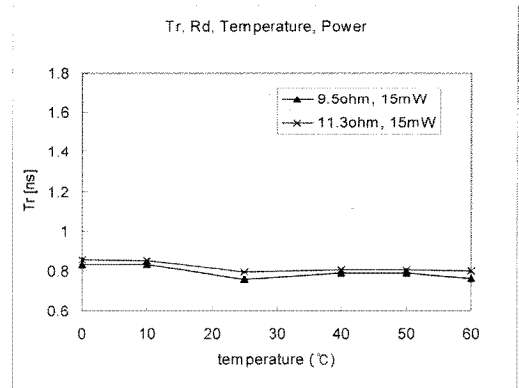


그림 4. Rising Time의 변화
Fig. 4 Rising Time and temperature

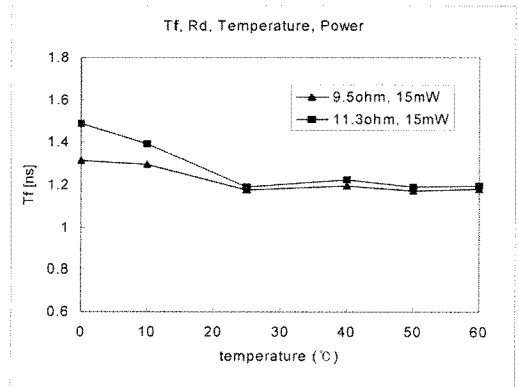


그림 5. Falling Time의 변화
Fig. 5 Falling Time and temperature

실험에 사용된 Laser Diode를 구동하는 Laser Diode Driver IC의 T_r, T_f 응답특성은 $T_r > T_f$ 의 사양을 갖고 있기 때문에 레이저 다이오드 출력의 응답특성이 $T_r < T_f$ 가 되는 것은 Laser Diode 자체의 특성이라고 볼 수 있다. 상온에서 최적화된 write strategy를 적용하여 상온에서 미분저항이 가장 큰 레이저 다이오드를 이용하여 저온

에서 기록한 후 측정된 RF신호를 그림 6에 나타내었다. 육안으로도 eye pattern이 선명하지 않음을 알 수 있고 DC(Data to Clock) Jitter를 측정한 결과 14%를 상회하였다. 이러한 결과는 Blu-ray Disc 기록용 Drive의 규격에서 기준으로 되어있는 DC Jitter 9%를 크게 초과하게 되어 개선이 필요한 수준이다.

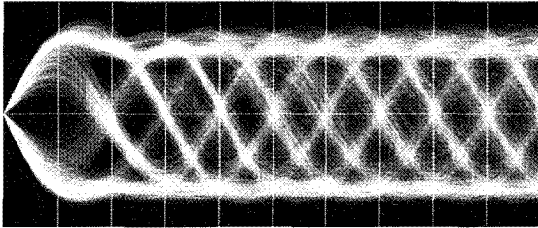


그림 6. eye pattern (상온 write strategy 적용)
Fig. 6 eye pattern (write strategy for room temperature)

IV. 제안하는 방법

일반적으로 광학 미디어 기록에 있어서 Jitter를 감소시키기 위해서는 레이저 다이오드의 기록 파워를 가급적 높게 사용하여 발광시간을 최대한 짧은 형태로 write strategy를 설정한다. 이것은 데이터 기록을 위한 레이저 다이오드의 발광시간을 짧게 할수록 mark와 인접 mark 간의 열간섭(Thermal Interference)을 감소시킬 수 있기 때문이다. 이러한 열간섭의 감소는 기록 후 재생시 부호간 간섭(Inter-Symbol Interference)을 줄이게 되어 Jitter가 감소하게 되고 아울러 BER(Bit Error Rate)도 감소하게 된다. Blu-ray 디스크 기록에는 가장 짧은 mark인 2T의 성분이 가장 많다. 따라서 Blu-ray 디스크의 기록품질을 좌우하는 가장 중요한 요소 중의 하나는 2T mark가 잘 형성 되도록 하는 것이다. 또한 2T가 변화하게 되면 그 이상의 길이를 갖는 3T~9T도 2T의 설정에 따라서 수정이 필요하다.

상온에서 최적화된 write strategy는 2T Mark의 경우 레이저 다이오드를 발광시키기 위한 Pulse 폭을 1.9ns로 설정했다.(그림 7)

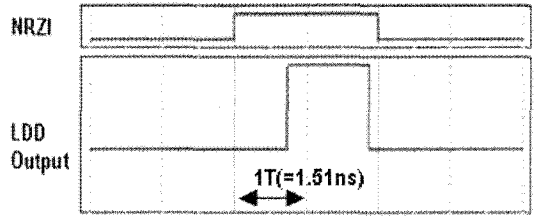


그림 7. Write Strategy (2T mark, 상온)
Fig. 7 Write Strategy (2T mark, room temperature)

상온에서의 결과를 정리하면 2T mark의 형성을 위해서는 레이저 다이오드의 펄스의 폭을 Tf의 1.6배의 길이가 되도록 해야 한다는 것을 알 수 있다. 위와 같은 실험의 결과를 근거로 하여 저온에서는 미분저항이 가장 큰 레이저 다이오드를 기준으로 했을 때 2T mark의 형성을 위해서 요구되는 레이저 다이오드의 펄스폭은 약 2.4ns가 된다는 것이 예상된다.

V. 실험 및 결과분석

그림 8은 본 연구에서 사용된 Hitachi-LG Data Storage의 Blu-ray Disc 기록용 드라이브이다.

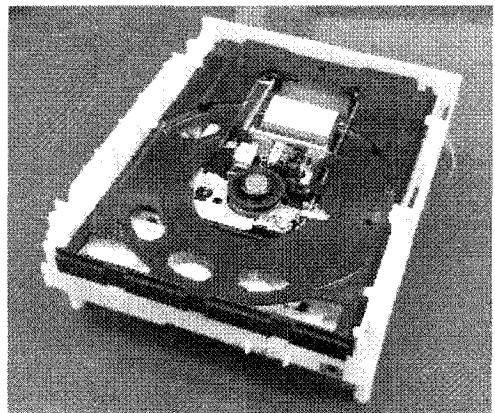


그림 8. Blu-ray 디스크 기록 드라이브
Fig. 8 Blu-ray Disc Recordable Drive

앞에서 예측한 결과를 기반으로 레이저 다이오드의 펄스의 폭을 여러 가지로 변경하여 저온에서 기록실험을 한 결과 펄스의 폭이 약 2.5ns 일때 가장 낮은 Jitter를 얻게 되었다. 이러한 결과는 앞에서 예상한 수치와 비슷한 수준이다. 이에 수정된 write strategy를 그림 9에 나타내었다. 또한 개선된 write strategy를 이용하여 저온에서 기록된 RF신호를 그림 10에 나타내었다. eye pattern이 선명해졌음을 볼 수 있고 이때 측정된 DC Jitter는 9%이하로 감소하였다.

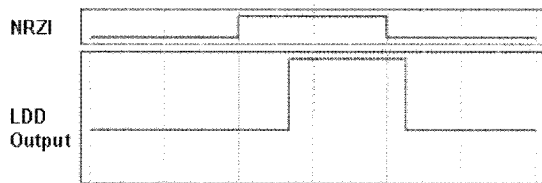


그림 9. write strategy (2T mark, 저온)
Fig. 9 write strategy (2T mark, low temperature)

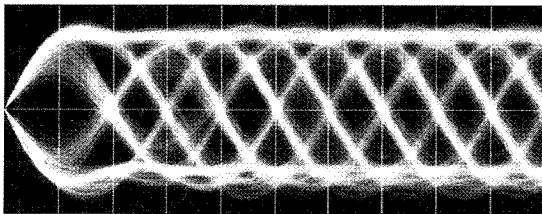


그림 10. eye pattern (수정된 write strategy 적용)
Fig. 10 eye pattern (modified write strategy)

VI. 결 론

Blu-ray 레이저 다이오드는 주변온도가 낮아짐에 따라 레이저 다이오드의 미분저항이 증가하여 Tf의 delay가 발생한다. 이에 상온에서의 레이저 펄스의 최단 펄스폭과 Tf간의 관계 및 저온에서의 Tf를 이용하여 펄스의 폭을 설정하면 저온에서 기록 Jitter가 개선됨을 보였다.

참고문헌

- [1] Blu-ray Disc Association, System Description Blu-ray Disc Recordable Format Part1 Basic Format Specifications Version 1.30 Final Draft, April, 2008
- [2] Blu-ray Disc Association, System Description Blu-ray Disc Rewritable Format Part1 Basic Format Specifications, July, 2005
- [3] Shigeru Furumiya, Katsuyuki Takahashi, Hideki Kitaura, Naoyasu Miyagawa, Noboru Yamada, "Over-500-Mbps Data Recording on Write-Once Media with L-Shaped Write Strategy", Japanese Journal of Applied Physics Vol.45, No.2B, pp.1223-1225, 2006
- [4] Takakyo Yasukawa, Motoyuki Suzuki, Koichi Watanabe, Kikuo Shimizu, "High-speed Recording in Blu-ray Disc Drive", ICCE 2007
- [5] Shigeru Furumiya, Hideki Kitaura, Kenji Narumi, Naoyasu Miyagawa, Noboru Yamada, "Ten-Times-Speed Recording on Dual Layer Blu-ray Disc Recordable Media", Japanese Journal of Applied Physics, Vol.47, No.7, pp. 5878-5880, 2008
- [6] A.Jechow, R.Menzel, "Efficient blue light generation by frequency doubling of a broad-area diode laser in a compact external cavity", Applied Physics B.89, pp. 507-511, 2007
- [7] S. Kameyama, Y. Kunoh, K. Inoshita, D. Inoue, Y. Murayama, Y. Bessho, T. Goto, T. Kunisato, Y. Nomura, "High-Power GaN-based Blue-Violet laser diodes", Optical Society of America, 2009
- [8] H.Y.Ryu, K.H.Ha, S.N.Lee, T.Jang, H.K.Kim, .H.Chae, K.S.Kim, K.K.Choi, J.K.Son, H.S.Paek, Y.J.Sung, T.Sakong, O.H.Nam, Y.J.Park, "Highly stable temperature characteristics of InGaN blue laser diodes", Applied Physics Letters 89, 031122, 2006
- [9] Ogawa Hiroshi, Tanaka Shinichi, Blu-ray Disc Textbook, Ohmsha, 2006
- [10] Takuma Tsukuda, Tetsuya Ishitobi, Koichi Watanabe, Hisataka Sugiyama, "Write System of Blu-ray Disc Drive for Video Camera", ICCE 2008

저자소개



이도한(Do-han Lee)

1999년 전남대학교 전기공학과
공학사

1999 ~ 2000년 LG전자 DS설계실
연구원

2001년~현재 Hitachi-LG Data Storage, Inc.

책임연구원

아주대학교 전자공학과 석사과정

※관심분야: 광학 레이저 제어, 고주파 회로



김영길(Young-kil Kim)

1978년 고려대학교 전자공학과
학사

1980년 한국과학기술원 석사

1984년 ENST(프랑스) 박사

1984년~현재 아주대학교 전자공학과 교수

※관심분야: 마이크로파공학, 의료공학, Embedded
System