

## Rb D<sub>1</sub> 전이선에서 원자결맞음에 의한 비선형 광자기 효과

문한섭<sup>†</sup> · 이원규

한국표준과학연구원 광기술표준부  
Ⓣ 305-340 대전시 유성구 도룡동 1번지

안문희 · 김중복

한국교원대학교 물리교육과  
Ⓣ 363-791 충북 청원군 강내면 다락리

(2004년 11월 2일 받음, 2005년 1월 18일 수정본 받음)

우리는 버퍼 가스가 포함된 Rb 원자 증기셀을 이용하여 <sup>87</sup>Rb 원자 D<sub>1</sub> 전이선에서 원자결맞음에 의한 비선형 광자기 신호를 관측했다. 측정된 가장 좁은 비선형 광자기 신호의 선폭은  $2\pi \times 464$  Hz이고, 이 때 비선형 광자기 효과에 의한 미분형 신호의 peak-to-peak 변화에 해당하는 자기장의 변화는 약 1 mGauss로 측정되었다. 이러한 결과는 고감도 자기장 측정을 위한 광자계 연구에 응용될 수 있다.

주제어 : Rb, atomic coherence, CPT, magnetometer, nonlinear Faraday effect.

### I. 서 론

정밀 자기장 측정은 지질 및 의학분야<sup>[1]</sup>에서 반전성과 시간되짚기 비보존(violations of parity and time-reversal)에 대한 기초 측정<sup>[2-3]</sup>에 이르기까지 다양하게 응용되고 있다. 특히 빛을 이용한 정밀 자기장 측정기술은 상온에서 측정이 가능하고 측정범위가 넓다는 장점 때문에 분광기술의 발달과 함께 활발히 연구되고 있다.<sup>[4]</sup> 빛을 이용한 자기장 측정장치를 광자계(optical magnetometers)라고 부르는데, 광자계 연구 방향은 크게 두 개의 범주로 나눌 수 있다. 첫번째는 외부자기장의 변화에 대한 자기부준위의 이동을 측정하는 방법으로 자기공진(magnetic resonance)에서 빛의 흡수를 이용하는 것이다. 두 번째는 레이저에 의해서 유도된 매질의 굴절률 변화를 이용하는 방법이다. 이러한 범주에서 볼 때, 광펌핑 자계(optical pumping magnetometer)나 원자결맞음 밀도포획 자계(coherent population trapping magnetometer : CPT magnetometer)는 광 흡수를 측정하고 있기 때문에 첫번째 범주에 포함되며, 최근에 많은 연구가 이루어지고 있는 비선형 광자기 효과(nonlinear magneto-optic effect: NMOE) 또는 비선형 패러데이 효과(nonlinear Faraday effect)는 두 번째 범주에 포함된다.<sup>[5-6]</sup> 본 연구는 두 번째 범주에 속하는 비선형 광자기효과에 대해서 집중되어 있다.

비선형 광자기효과를 이용한 자계 개발연구에 있어서 Scully 등은 결맞음 원자매질에서의 비선형 광자기 효과에 의한 미소 자기장 측정 한계를 이론적으로 계산했는데, 이 연구에 의하면 나트륨(Na) 원자를 이용했을 때, 자기장 측정 민감도

의 한계는  $0.1 fT/\sqrt{Hz}$ 로 보고하고 있다. 이러한 결과는 대표적인 미소 자기장 측정기술인 SQUID(superconducting quantum interference detector)의 민감도보다 좋은 것이다.<sup>[7]</sup> 그리고 Budker 등은 루비듐(Rb) 원자를 이용하여 약 1 Hz의 매우 좁은 공진 선폭을 갖는 NMOE 신호를 얻었고, 이러한 결과에서 예상되는 자기장 측정 한계는 원리적으로  $0.3fT/\sqrt{Hz}$ 에 도달할 수 있는 것으로 보고하고 있다.<sup>[8-10]</sup>

NMOE 자계는 원리적으로 두 원편광 성분의 굴절률 변화에 의한 위상변화를 측정하는 것이다. 선편광된 빛은 크기가 같고 반대방향으로 회전하는 두 원편광의 합으로 생각할 수 있기 때문에 선편광된 빛이 자기부준위를 가진 원자매질을 통과하면, 두 원편광 성분에 의해서 자기부준위 사이에 원자결맞음 중첩상태가 만들어진다. 이러한 원자결맞음 중첩을 결맞음 밀도 포획 상태(coherent population trapping state : CPT state) 또는 어둠 상태(dark state)라고 부르고, 이러한 현상으로 전자기 유도 투과(electromagnetically induced transparency ; EIT)가 나타난다.<sup>[11-13]</sup> EIT에 의한 원자결맞음 매질에 자기장이 가해지면, 자기부준위의 에너지가 이동하고, 이로 인해서 두 원편광 성분의 굴절률 변화가 반대방향으로 나타난다. 이러한 두 성분의 위상 차이에 의해서 매질에 입력되기 전의 초기 편광은 돌아가게 된다. EIT로 인해서 만들어진 큰 분산은 두 원편광의 위상차이를 매우 크게 만들 수 있기 때문에 외부자기장에 대해서 민감하게 반응하게 된다. 이러한 현상을 이용하여 미소 자기장을 측정할 수 있다. 그리고 이 방법은 레이저의 세기에 따라서 편광의 회전 정도가 달라지기 때문에 비선형 광자기 효과라고 한다.<sup>[14]</sup>

본 연구에서는 버퍼 가스가 포함된 Rb 원자 증기셀을 이

<sup>†</sup>E-mail: hsmoon@kriss.re.kr

용하여  $^{87}\text{Rb}$  원자  $D_1$  전이선에서 비선형 광자기 효과를 연구했다. 레이저와 원자매질의 상호작용에 의한 원자결맞음 현상을 전자기투과 Hanle 신호<sup>[15]</sup>로 확인하고, 원자결맞음에 의한 NMOE 현상을 관측했다.

## II. 원자결맞음 자계의 원리

비선형 광자기 효과를 이용한 원자결맞음 자계(magnetometer based on atomic coherence)의 원리는 그림 1과 같다.<sup>[5]</sup>  $x$ 축으로 선편광된 레이저가 그림 1(a)와 같은  $\Lambda$ 형 원자계의 매질을 통과한다고 가정하고, 비선형 광자기 효과에 의해서 편광이 회전하는 원리를 간단히 설명하기 위해서 그림 1(a)와 같은 다른 바닥준위로 광펌핑이 없는 간단한 닫힌 원자계를 가정하였다. 일반적으로  $J = 1 \rightarrow J = 0$  전이선의 경우에 바닥준위의  $m_J = 0$ 로 광펌핑이 일어나기 때문에  $m_J = \pm 1$  상태의 밀도가 줄어들 수 있지만, 비선형 광자기 효과의 원리만을 간단히 설명하기 위해서 광펌핑 효과는 고려하지 않았다.

그림 1(b)에서 보는 것과 같이 선편광된 레이저는 반대방향으로 회전하는 두개의 원편광 성분( $\sigma^+$ 와  $\sigma^-$ )으로 생각할 수 있고, 이 두 원편광 성분에 의해서 그림 1(a)의  $\Lambda$ 형 원자계는 두 바닥준위( $m_J = \pm 1$ )의 원자결맞음 중첩상태가 된다. 여기서 레이저 진행방향과 평행한 자기장이 가해지면, 그림 1(a)에서 보는 것처럼  $m_J = \pm 1$  상태의 비대칭 에너지 준위 이동이 일어나게 되고 EIT 공명조건에서 큰 분산이 나

타고, 분산정도에 따라서 편광의 회전이 달라진다. 원자결맞음에 의한 분산정도는 바닥준위의 자기부준위들 사이에 결맞음 소멸시간(coherence decay time)에 의해서 결정되기 때문에 원자결맞음을 이용하는 경우에 자기장의 변화에 따른 굴절률의 변화가 크게 나타난다. 이러한 특성을 이용하여 고감도 자기장 측정을 하는데 응용할 수 있다.

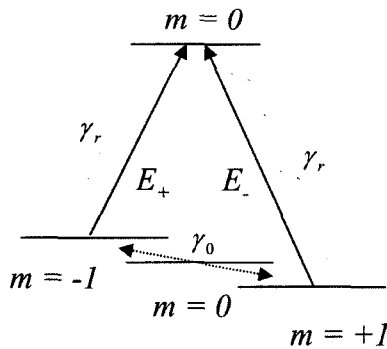
자기장 측정에 있어서 감도를 높이기 위해서는 신호의 SNR(signal-to-noise ratio)을 개선하는 것이 중요하다. 신호의 SNR을 개선하기 위해서 사용하는 레이저 출력을 높이면 된다. 이때 강한 레이저가 원자매질을 통과하면, 실제 원자계에서는 비공진 전이선에 의한 에너지 준위이동이 나타나는데, 이러한 현상을 ac Stark 이동이라고 부른다. 그러나, 광자기 효과에서 두 원편광 성분을 가진 레이저에 의한 두 바닥준위( $m_J = \pm 1$ )의 ac Stark 이동은 정확히 같은 양이 반대방향으로 나타나기 때문에 신호에는 영향을 주지 않는다. 그러므로 EIT를 바탕으로 비선형 광자기 효과를 이용한 광자계(optical magnetometer)는 ac Stark 이동에 의한 오차요인이 없다는 장점을 갖는다.

굴절률의 변화에 의해서 발생된 편광의 회전 각도를 측정하기 위해서 그림 1(b)에서 보는 것과 같이 초기에  $x$ 축으로 선편광된 레이저에 대해서  $45^\circ$  돌아간 두개의 선편광 성분에서 차이를 측정하는 차등방법(difference technique)을 이용한다. 차등방법은 두 편광성분의 차이를 측정하기 때문에 레이저 출력 잡음을 제거할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

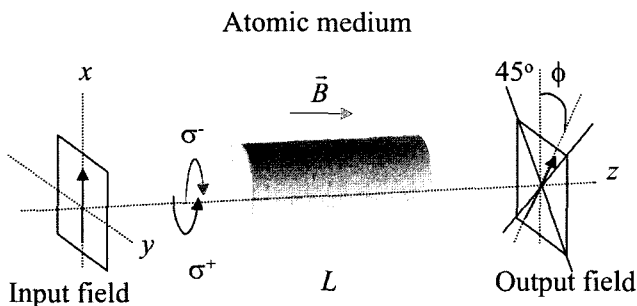
## III. 실험장치

실험장치는 그림 2와 같다. 실험에 사용한 레이저는 외부공진형 반도체 레이저(ECDL)로써 출력은 20 mW이고, 선폭은 약 1.5 MHz로 측정되었다. 레이저 주파수 확인을 위해서 Rb 원자의  $D_1$  전이선에서의 포화흡수 스펙트럼을 관측하였고, 광확소자와 산란에 의한 광되먹임 현상을 차단하기 위해서 60 dB isolator를 설치했다.  $\lambda/2$  위상지연기와 편광빔분리기(PBS1)를 사용하여 레이저의 세기를 조절할 수 있도록 하였다. PBS1을 통과한 레이저는 소광비(extinction ratio)  $10^5$ 인 Gran-Thompson 편광기에 의해서 선편광되었다. 선편광된 빔은 Rb 원자 증기셀을 통과한 후, 초기에 선편광된 레이저에 대해서  $45^\circ$  돌아간 편광빔분리기(PBS2)에 의해 두개의 선편광 성분으로 나누어져서 광다이오드(PD1과 PD2)에 의해 검출된다. 이것은 그림 1(b)에서  $x$ 축을  $45^\circ$  회전시킨 것과 같다. 레이저의 편광과 전체적으로 실험에 사용한 Rb 원자 증기셀은 길이는 50 mm이고 직경이 25.4 mm인 원통형으로 제작되었다. 원자들이 셀의 벽에 충돌현상을 줄이기 위해서 Ne 버퍼 가스 50 Torr가 포함되어 있다. 셀 내부의 원자 밀도를 셀의 온도를 조절하여 제어할 수 있는데, 증기셀의 온도조절을 위해서 그림 2와 같이  $\mu$ -metal 외부에 열선을 설치했고, 셀의 온도는 약  $60^\circ\text{C}$ 로 유지했다.

EIT에 의한 비선형 광자기 효과를 측정하기 위해서는 지



(a)  $\Lambda$ 형 원자계에서 원자결맞음 구조 :  $\gamma_r$ 은 여기준위에서의 자발방출률이고,  $\gamma_0$ 는 자기부준위 사이에서의 결맞음 소멸



(b) 비선형 광자기 효과에 의한 편광 회전 측정을 위한 도식도

그림 1. 비선형 광자기 효과를 이용한 EIT 자계의 원리.

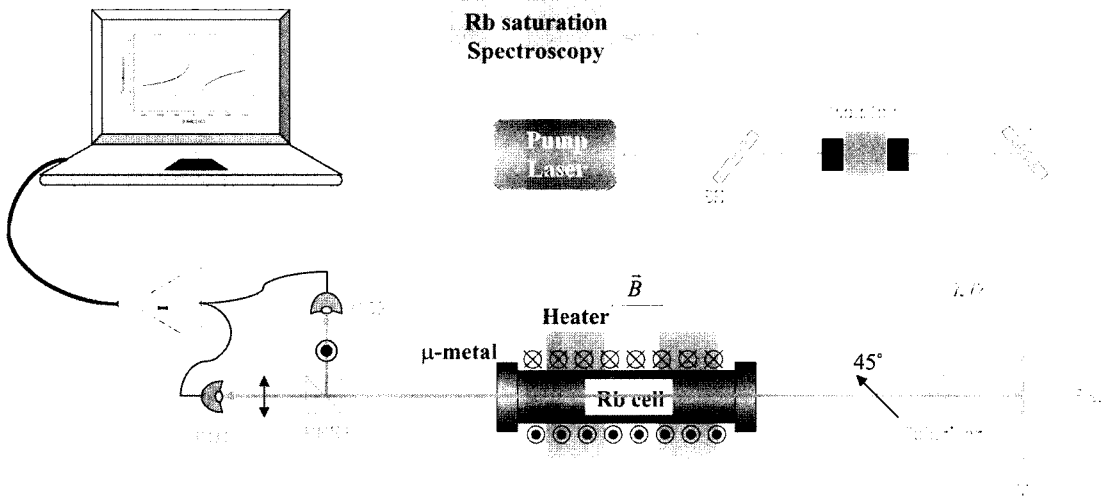


그림 2. 비선형 광자기 효과 측정을 위한 실험장치도(BS: beam splitter, M: mirror, PBS: polarization beam splitter, PD: photo diode).

구자기장을 포함한 외부자기장을 막는 것은 매우 중요하다. 특정한 편광성분에 의한 EIT효과를 측정할 때, 외부 자기장에 의해서 임의의 편광성분 효과가 포함될 수 있기 때문에 편광에 따른 효과를 비교하기 위해서는 외부 자기장을 막아야 한다. 또한 외부 자기장은 초미세준위 속에 축퇴된 자기부준위의 분리를 일으키기 때문에 약한 자기장에 의해서 미세하게 분리된 자기부준위들은 EIT스펙트럼의 선폭을 넓게 만드는 효과를 줄 수 있다. 우리는 외부 자기장의 영향을 줄이기 위해서  $\mu$ -metal을 사용했다.  $\mu$ -metal로 감싸진 증기 셀 근처의 자기장은 약 5 mGauss로 측정되었다. 그리고, 외부 자기장에 따른 비선형 광자기 효과를 측정하기 위해서는 레이저 진행방향으로 미소 자기장을 가할 수 있어야 한다. 이를 위해서 증기 셀 외부에 길이 100 mm에 코일이 92회 감겨있는 솔레노이드 코일을 설치했다.

#### IV. 실험결과 및 토의

##### A. 원자결맞음 효과에 의한 Hanle스펙트럼

원자 결맞음 현상을 측정하는 방법은 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째 방법은 두 레이저를 원자의 전이선에 공명이 일어나도록 조절하여 레이저 주파수 차이에 따른 조사광 레이저의 투과정도를 측정하는 것이다. 두 번째 방법은 축퇴된 원자계에 하나의 레이저를 이용하여 자기부준위들 사이에 원자 결맞음을 유도하고 외부 자기장을 변조함으로써 자기부준위의 에너지 이동이 이광자공명 조건을 바꾸게 되고, 자기장이 0인 곳에서 이광자공진 조건이 되고 전자기 유도 투과(electromagnetically induced transparency ; EIT) 신호를 얻을 수 있다. 전자기 유도 투과가 일어날 때, 편광에 따른 굴절률의 변화에 의해서 입력된 레이저의 편광이 회전하게 된다. 외부자기장에 대해서 입력된 레이저의 편광 회전 정도를 측정할 신호가 Hanle신호이다.

본 실험에서는 <sup>87</sup>Rb의 F=2 -> F'=1 전이선에서 전자기 투과

Hanle신호를 그림 3과 같이 측정했다. 레이저주파수는 포화 흡수분광 신호를 이용하여 고정했고, 증기 셀로 입력된 레이저 출력은 44  $\mu$ W 이었다. Hanle신호를 측정하기 위해서 그림 2의 실험장치에서 광검출기 앞에 놓여있는 편광빔분리기(PBS2)를 제거하고, PD에서 얻어진 신호를 측정하였다. 그림 3에서 얻어진 Hanle신호는 자기부준위들 사이의 원자결맞음 현상에 따라서 전자기 투과 현상을 보여주고 있다. 측정된 전자기 유도 투과의 Hanle신호의 공진선폭은 약 1.17 mGauss로 측정되었는데, 이 결과는 버퍼 가스를 사용하지 않은 경우에 얻어진 공진선폭과 비교해보면, 약 100배 축소되었음을 확인할 수 있었다. 측정된 스펙트럼의 선폭은 레이저의 선폭과 출력, 그리고 자발방출률이나 충돌시간 등과 관계 있는 원자결맞음 감쇠시간에 의해 결정된다.

##### B. 분석자(analyzer)의 각도에 따른 비선형 광자기 효과

분석자의 각도에 따른 비선형 광자기 효과를 측정하기 위해서 그림 2의 실험장치에서 편광빔분리기(PBS2) 위치에 Gran-Thompson편광기를 설치하고, 이 편광기를 분석자로 사용했

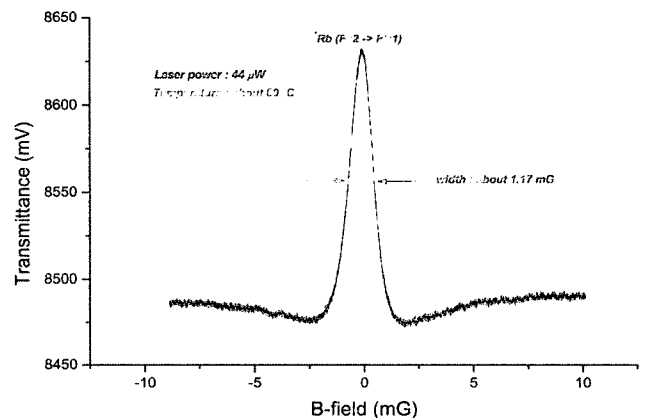


그림 3. <sup>87</sup>Rb의 F=2 -> F'=1 전이선에서 전자기 투과 Hanle신호.

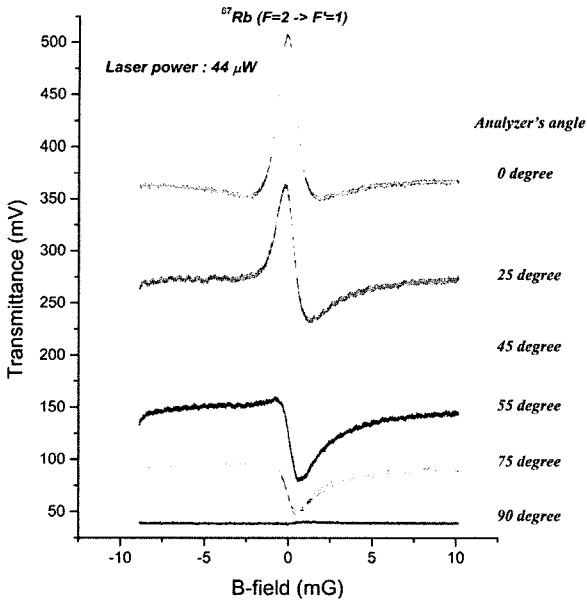


그림 4. 분석자의 각도에 따른 비선형 광자기 효과 측정.

다. 선편광된 레이저가 결맞음 원자매질을 통과할 때, 선편광 레이저를 서로 반대방향으로 회전하는 두 원편광 성분으로 나눌 수 있다. 외부 자기장에 의한 두 성분의 굴절률 변화가 다르기 때문에 편광이 회전한다. 이러한 비선형 광자기 효과를 분석자의 각도에 따라서 분석하고, 이것을 바탕으로 자기장의 변화에 가장 민감한 조건을 찾을 수 있다.

선편광된 레이저가 분석자를 통과한 후 측정된 스펙트럼은 그림 4와 같다. 그림 4에서 알 수 있는 것처럼 분석자의 각도가 선편광의 방향과 일치하면 그림 3과 같은 EIT 신호를 보여준다. 그리고 분석자와 선편광과의 각도 차이가 증가함에 따라 광신호가 줄어들고, 미분형태의 신호가 나타난다. 이러한 미분형태의 신호는 전형적인 비선형 광자기 효과를 보여주고 있다. 광신호의 크기는 신호의 SNR에 영향을 주고 미분형 신호의 기울기는 미소자기장 측정에서 감도에 영향을 준다. 그림 4에서 분석자의 각도가 45° 일 때 광신호의 크기와 미분형 신호의 기울기가 크게 나타났다.

### C. 비선형 광자기 효과에 의한 편광회전

자기장 측정감도는 자기장에 대한 편광 회전각의 기울기에 비례한다. 자기장의 변화에 따른 편광 회전각을 측정하기 위해서 그림 2와 같이 초기 레이저 편광에 대해서 45° 돌아간 편광빔분리기(PBS2)를 이용하여 두개의 선편광 성분에서 나누고, 두개의 광다이오드(PD1과 PD2)로 각각 측정하고, 두 신호의 차이를 얻는다. 이와 같은 방법은 레이저 출력에 의한 잡음을 제거할 수 있다는 장점을 가진다. 두 신호의 차이는 다음과 같이 초기 레이저 편광의 회전각으로 나타낼 수 있다.

$$2\phi = \sin^{-1}\left(\frac{\Delta P}{P_0}\right) \quad (1)$$

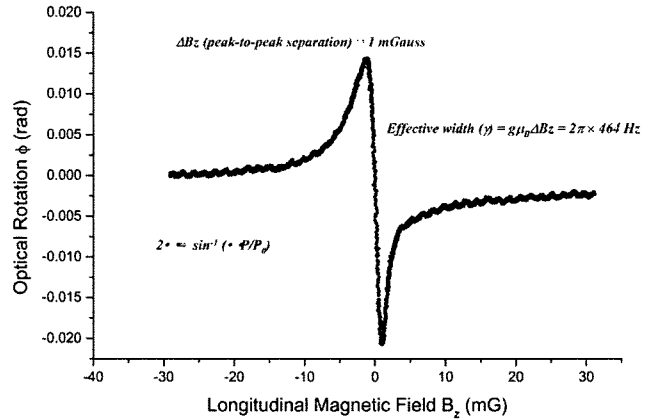


그림 5. 자기장의 변화에 따른 편광 회전각 측정.

여기서  $\phi$ 는 편광의 회전각이고  $P_0$ 는  $\phi = 0$ 일때 두 광검출기에서의 레이저 출력이다. 그리고  $\Delta P$ 는 두 신호의 차이를 나타낸다. 식 (1)을 이용하여 자기장의 변화에 따른 편광 회전각을 측정한 결과는 그림 5와 같다. 그림 5의 스펙트럼에서 자기장(B)이 0인 곳에서 회전각( $\phi$ )가 0에서 벗어나 있는 것을 볼 수 있는데, 이것은 실험에서 사용하고 있는 자기장 측정기의 오프셋에 의한 효과로 설명할 수 있다. 버퍼 가스가 포함된 Rb 원자 증기셀에서 비선형 광자기 효과를 측정한 결과, NMOE에 의한 미분형 신호의 peak-to-peak 변화에 해당하는 자기장 변화는 약 1 mGauss로 측정되었고, 이때 NMOE 선폭은  $2\pi \times 464$  Hz이다. NMOE 선폭은 외부자기장(B)의 변화에 대한 자기부준위의 에너지 이동량( $g\mu_B B$ )으로 표현될 수 있고, 여기서  $g$ 는 Lande g-factor이고  $\mu_B$ 는 Bohr magneton이다. 그리고 NMOE 선폭은 그림 3에서 얻은 EIT 신호의 선폭과 직접 관계된다. 그러므로 NMOE 신호에서 자기장에 대한 감도를 높이기 위해서는 좁은 EIT 선폭을 얻는 것이 필요하다.

## V. 결 론

본 연구에서는  $^{87}\text{Rb}$  원자  $D_1$  전이선에서 원자결맞음 효과에 의한 비선형 광자기 신호를 관측했다. 우리는  $^{87}\text{Rb}$   $D_1$ 의  $F=2 \rightarrow F'=1$  전이선에서 자기부준위에 의한 원자결맞음 현상으로 나타나는 전자기 투과신호를 측정할 수 있었다. 50 Torr의 Ne 버퍼 가스가 포함된 Rb 원자 증기셀을 이용하여 원자셀의 벽과 원자들 사이의 충돌을 완화시킴으로써 바닥준위 사이의 원자결맞음 시간을 증가시킬 수 있었고, 측정된 전자기 투과 Hanle 신호의 선폭은 약 1.17 mGauss로 측정되었다.

비선형 광자기 효과를 분석자의 각도에 따라서 분석하고, 이것을 바탕으로 자기장의 변화에 가장 민감한 조건을 찾을 수 있다. 분석자와 선편광과의 각도 차이가 증가함에 따라 미분형태의 신호가 나타났고, 분석자의 각도가 45° 근처에서 자기장에 대한 신호의 민감도가 가장 크게 측정되었다. 우리는 초기 레이저 편광에 대해서 45° 돌아간 두개의 수직인 선

편광 성분의 차이를 검출하여 비선형 광자기 효과를 측정하였고, 우리가 측정된 가장 좁은 NMOE 선폭은  $2\pi \times 464$  Hz로 측정되었다. 이때 NMOE에 의한 미분형 신호의 peak-to-peak 변화에 해당하는 자기장 변화는 약 1 mGauss로 측정되었다. 이러한 결과는 고감도 자기장 측정 및 고분해 분광에 응용될 수 있을 것이다.

### 참고문헌

- [1] E. B. Alexandrov and V. A. Bonch-Bruевич, "Optically pumped atomic magnetometers after three decades", *Opt. Eng.*, vol. 31, no. 4, pp. 711-717, 1992.
- [2] L. R. Hunter, "Tests of time-reversal invariance in atoms, molecules, and the Neutron", *Science*, vol. 252, pp. 73-79, 1991.
- [3] D. Budker, V. Yashchuk, and M. Zolotarev, "Nonlinear Magneto-optic Effects with Ultranarrow Widths", *Phys. Rev. Lett.*, vol. 81, no. 25, pp. 5788-5791, 1998.
- [4] M. Fleischhauer and M. O. Scully, "Quantum sensitivity limits of an optical magnetometer based on atomic phase coherence", *Phys. Rev. A*, vol. 49, pp. 1973-1986, 1994.
- [5] M. Fleischhauer, A. B. Matsko, and M. O. Scully, "Quantum limit of optical magnetometry in the presence of ac Stark shifts", *Phys. Rev. A*, vol. 62, pp. 013808-1 - 013808-10, 2000.
- [6] Vitalij Roščinski, Janusz Czub, and Wiesław Miklaszewski, "Nonlinear magneto-optical rotation produced by atoms near a  $J=1 \rightarrow J=0$  transition", *Phys. Rev. A*, vol. 70, pp. 033405-1 - 033405-10, 2004.
- [7] M. O. Scully and M. Fleischhauer, "High-Sensitivity Magnetometer Based on Index-Enhanced Media", *Phys. Rev. Lett.*, vol. 69, no. 9, pp. 1360-1363, 1992.
- [8] D. Budker, V. V. Yashchuk, and M. Zolotarev, "Nonlinear Magneto-optic Effects with Ultranarrow Widths", *Phys. Rev. Lett.*, vol. 81, no. 26, pp. 5788-5791, 1998.
- [9] D. Budker, D. F. Kimball, S. M. Rochester, and V. V. Yashchuk, "Nonlinear Magneto-optic Rotation via Alignment-to-Orientation Conversion", *Phys. Rev. Lett.*, vol. 85, no. 10, pp. 2088-2091, 2000.
- [10] D. Budker, D. F. Kimball, S. M. Rochester, V. V. Yashchuk, and M. Zolotarev, "Sensitive magnetometry based on nonlinear magneto-optic rotation", *Phys. Rev. A*, vol. 62, pp. 043403-1 - 043403-7, 2000.
- [11] K. J. Boller, A. Imamoglu, and S. E. Harris, "Observation of electromagnetically induced transparency", *Phys. Rev. Lett.*, vol. 66, no. 1, pp. 2593-2596, 1991.
- [12] M. Xiao, Y. Li, S. Jin, and J. Gea-Banacloche, "Measurement of dispersive properties of electromagnetically induced transparency in rubidium atoms", *Phys. Rev. Lett.*, vol. 74, pp. 666-669, 1995.
- [13] H. S. Moon, H. A. Kim, B. S. Kim, and J. B. Kim, "Electromagnetically Induced Transparency in an ideal three level system in  $^{87}\text{Rb}$  Atoms", *J. Korea Phys. Soc.*, vol. 35, no. 3, pp. 207-211, 1999.
- [14] I. Novikova, A. B. Matsko, V. L. Velichansky, M. O. Scully, and G. R. Welch, "Compensation of ac Stark shift in optical magnetometry", *Phys. Rev. A*, vol. 63, pp. 063802-1 - 063802-4, 2001.
- [15] F. Renzoni, W. Maichen, L. Windholz, and E. Arimondo, "Coherent population trapping with losses observed on the Hanle effect of the D1 sodium line", *Phys. Rev. A*, vol. 55, pp. 3710-3718, 1997.

## **Nonlinear magneto-optic effect based on atomic coherence in Rb D<sub>1</sub>-line**

H. S. Moon<sup>†</sup> and W. K. Lee

*Division of Optical Metrology, Korea Research Institute of Standards and Science, Daejeon 305-340, Korea*

<sup>†</sup>*E-mail: hsmoon@kriss.re.kr*

M. H. An and J. B. Kim

*Department of Physics Education, Korea National University of Education, Chung-buk, 363-791, Korea*

(Received November 2, 2004, Revised manuscript January, 18, 2005)

We have observed the nonlinear magneto-optic effect(NMOE) based on atomic coherence in <sup>87</sup>Rb D<sub>1</sub>-line using the Rb vapor cell containing 50 Torr of Ne. The width of the NMOE signal was measured to be  $2\pi \times 464$  Hz, when the peak-to-peak B-field variation was 1 mGauss. The result of this work may be applied to a high-sensitivity magnetometer.

OCIS Codes : 020.1670, 300.6240, 300.6320.