

2A2) 편광신호 측정을 위한 마이크로펄스 라이다 개발

Development of MicroPulse Lidar for Measuring Polarized Signals

조성주·신은철
(주)이엔쓰리 광기술부

1. 서 론

전 세계적으로 온실가스배출에 의한 기온 증가와 대기 중 에어로졸의 복사평형에 미치는 영향은 지구의 기후변화와 이에 따른 환경의 변화를 수반하고 있기 때문에 이에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 특히, 국내의 에어로졸 연구는 지구의 복사평형에 관한 것 외에도, 중국에서 발생하여 국내의 대기환경 및 국민 건강, 산업활동에 심각한 위협이 되고 있는 황사의 모니터링에 많은 관심이 집중되어 있다. 황사 모니터링을 위해서 국내에서도 지점관측을 위한 관측망을 구축하여 성분 분석과 미세먼지 농도측정이 이루어지고 있으나 황사라는 현상이 장거리 이동에 의한 것이므로 이동경로와 피해정도를 예측하기 위해서는 황사의 연직분포를 이해하는 것이 필수적이다. 이를 위한 효과적인 장비가 에어로졸 관측용 라이다이고, 특히 황사의 판단 여부에 중요한 인자가 되고 있는 비편광도를 측정하는 이중편광라이다(Dual Polarization Lidar)에 대한 필요는 더욱 증대하고 있다.

본 연구의 목적은 이미 국내에 도입되어 사용되고 있는 플래쉬램프 고출력 레이저를 이용한 이중편광라이다와는 다른 방식의 저출력 고반복율 레이저인 DPSS 레이저를 사용하여 시스템을 소형 경량화하고 장기관측에 적합한 이중 편광 마이크로펄스 라이다의 설계변수와 이에 따른 실제 라이다 신호를 획득하여 유효관측도를 확인하는 것에 있다.

2. 연구 방법

라이다 설계에 있어 가장 중요한 요소는 신호의 특성을 이해하여 적절한 송신부와 수신부, 데이터 획득 및 처리를 하는 데이터 처리부를 구성하는 것이다. 라이다는 레이저 펄스가 대기 중에 진행하면서 후방산란된 신호를 획득하는 장비로서 근거리 신호와 원거리 신호의 크기차이가 심하기 때문에 광디텍터의 동적 특성(dynamic range)을 잘 고려하여야 한다.

첫째로, 송신부는 레이저의 펄스에너지와 펄스 반복률(Pulse repetition frequency), 그리고 빔퍼짐도(Beam divergence)가 주된 특성이므로 이에 대한 설계변수를 도출하였다. 시각에 대한 안전도를 고려하여 10uJ 이하에서 편광신호를 획득하는데 장애가 되지 않는 범위에서 최소한의 펄스энер지를 사용하였다. 펄스반복률은 한 번 신호를 획득하는데 걸리는 시간을 최소화하기 위해 수 KHz의 반복률을 사용하였으며, 빔퍼짐도는 낮은 펄스에너지로 인해 주간에 태양에서 오는 배경신호의 영향을 고려하여 100urad 미만으로 설계되었다(Campbell et al., 2002).

둘째로, 수신부에서는 직경이 200mm이고 초점거리가 2,000mm인 상용 망원경을 사용하였으며, 망원경의 시야각(Field of view: FOV)은 100urad으로 제한하였다. 대기의 주요 구성분자인 질소와 산소에서 레이저 펄스의 비편광된 신호인 S편광신호는 레이저의 P편광신호의 약 4% 정도 밖에 되지 않기 때문에 이를 수신하기 위해서 고감도 광자계수용 APD(Photoncounting APD)를 사용하였고, P편광신호는 광자계수용 PMT(PhotoMultiplier Tube)를 사용하였다(Measures, 1984). 셋째로, 신호획득장치는 고출력 레이저의 경우는 ADC를 사용하여 아날로그신호를 디지털화 하지만, 마이크로 펄스라이다에서는 광자의 숫자를 계수할 수 있는 광자계수기를 사용한다. P편광과 S편광신호를 얻기 위해 최소 2채널이 필요하지만, 실험에서는 거리해상도가 3m인 초고속 4채널 광자계수기를 사용하였다.

표 1은 (주)이엔쓰리에서 제작하는 기존 이중편광라이다(DPL)와 이중편광MPL의 비교사양을 보여준다.

Table 1. Comparison of Specifications between DPL and DP-MPL.

		DPL	이중편광MPL
레이저	파장	532nm	532nm
	펄스 에너지	150mJ	20uJ @ 1kHz
	type	Flash pumped Nd:YAG laser	DPSS Nd:YAG laser
	Beam Divergence	0.5mrad 이하	100urad 이하
	펄스반복율	20Hz	1-10kHz
	펄스폭	6ns	10ns
수신망원경	직경	300mm	200mm
	초점거리	1,200mm	2,000mm
	FOV	1.6mrad	100um
센서	아날로그 광증배관(PMT)		광자계수용 PMT, APD
신호처리기	ADC		Photon Counter

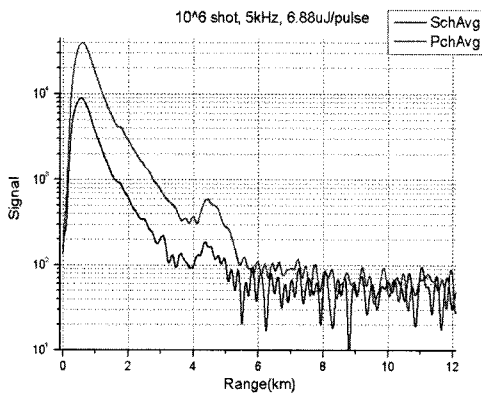


Fig. 1. Dual polarization MPL Signal

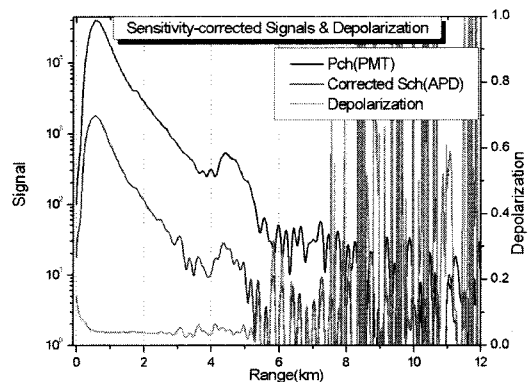


Fig. 2. Sensitivity-corrected signals and Depolarization ratio

3. 결과 및 고찰

비편광신호인 S 채널을 원거리까지 획득하기 위해서 레이저의 펄스에너지를 증가시키면 상대적으로 P 채널 신호가 너무 커져 광디텍터가 포화되기 때문에 본 연구에서는 532nm에서의 양자효율이 다른 PMT와 APD를 각각 P 채널과 S 채널에 사용하였다. APD는 PMT에 비해 5배의 양자효율을 갖고 있어 극도로 미세한 S 채널신호를 원거리까지 획득하게 하고, 상대적으로 근거리에서 아주 강한 P 채널신호는 PMT로 받아서 이중편광MPL의 유효관측거리를 확장하였다.

그림 1은 광디텍터의 감도보정을 하지 않은 편광신호로서 7uJ 미만의 펄스에너지로 6km 이상까지 비편광신호를 획득할 수 있음을 보여준다. 4.5km 거리에 구름층이 있음을 감안하면 6km 이상에서도 충분히 비편광신호를 받을 수 있다는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 라이더관측을 연직방향으로 하지 않고 경사를 두어 관측하였기 때문에 실제 연직고도는 약 1.5km 정도이다. 그림 2는 광디텍터의 양자효율을 보정하여 비편광도 $\delta=S/(P+S)$ 를 계산한 것으로 500m 이상부터 6km까지 매우 안정적인 비편광도를 보여준다. 특히, 구름층의 산란신호 값은 크지만 비편광도 값은 증가하지 않는 것을 보면, 구름이 불규칙한 모양을 띤 빙정입자가 아니라 구형의 물방울임을 유추할 수 있다.

결론적으로 이중편광MPL은 장비의 소형화, 경량화를 이룰 수 있고, 레이저 다이오드의 수명이 플레

쉬랩프보다 길어 장기간의 연속관측에도 용이한 장점을 갖고 있기 때문에 에어로졸과 구름물리연구와 황사모니터링에 효과적인 장비로 사용할 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

Campell, R.J. et al. (2002) Full-time, eye-safe cloud and aerosol lidar observation at atmospheric radiation measurement program sites: Instruments and data processing, J. Atmos. Oceanic Technol., 19, 431-442.

Measures, R.M. (1984) Laser Remote Sensing, John Wiley & Sons, New York.