

10. 光散乱断面積の測定について

Measurements of Light Scattering Cross-Section

上山 弘, 丸山 伸夫

Kamiyama Hiroshi and Nobuo Maruyama

東北大学理学部

Geophysical Institute, Tohoku University

§1. 序言に レーザーレーダによるデータの定量的解釈には、気体の光散乱断面積について正確な値が必要である。レーリー散乱の絶対断面積は散乱気体の光学的屈折率からも計算されているが、最初にルビレーザを用いた散乱断面積を測定した George⁽¹⁾ 達は計算より2倍程大きい値を求めた。その後散乱強度の散乱角依存性⁽²⁾や断面積の絶対値測定⁽³⁾が行われ、理論との一致が報告されている。

一方、ラマン散乱については簡単には理論値が得られず、以前は水銀ランプを光源として得られたデータ⁽⁴⁾⁽⁵⁾が散乱断面積の計算に使われていた。最近になり、短波長で高出力の Ar レーザや N₂ レーザを光源として、ラマン散乱断面積の相対測定⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾、絶対値測定⁽⁹⁾が行われているが、未だデータは不充分である。

我々の He-Ne レーザを光源として、レーリー散乱、ラマン散乱の断面積の測定を試み、Ar, N₂, O₂, CO₂ のレーリー散乱の断面積と散乱角依存性を調べ装置の精査等を検討した。またこの装置に基づいてラマン散乱断面積の測定も計画中である。

§2. レーリー散乱の測定装置は、図のように配置されている。He-Ne レーザ (6328 Å) は測定面に平行に偏光し、出力は 25 mW である。レーザ光は、一気圧の試料気体の封じられている Scattering Chamber を通り抜ける時、5枚のフィルターで減光し、入射光 E = 9 - PM1 に達する。PM2 は散乱角 20° から 100° まで 10° 間隔で散乱光を測定する。

絶対断面積を求めるときは粒子密度、立体角、散乱体積の他に入射光と散乱光の強度比を求めなくてはならない。真光源を動かしながら PM2 の視野

により散乱体積を決定する場合でも、フィルター透過率を求めるときと同様、光強度とカウンタの関係を探る必要がある。オ2図は光源からの光強度が距離の逆二乗に比例するとして、カウンタをプロットしたものである。この実験ではカウンタ数が 10^5 個/秒を超えると直線からはずれていく。フィルターは多重反射による影響を無くするため光軸に対して若干傾けた状態で一枚毎に透過率を測定し、同じ状態で減光にも使用した。

§3. 入射光の偏光面内におけるレーリ-散乱の微分断面積は理論的に次式で表わされる⁽¹⁰⁾

$$\sigma(\theta) = \frac{4\pi^2(\mu-1)^2}{\lambda^4 N^2} \left(\frac{3}{3-4\rho} \right) \left\{ (1-\rho)\cos^2\theta + \rho \right\}$$

ここで、 μ は屈折率、 λ 、 N は光の波長、粒子密度、 θ は散乱角、 ρ は偏光減少度であり、 Ar のような単原子気体の場合はゼロとなる。オ3図、オ4図に Ar および CO_2 の測定例を示す。両者共 $\cos^2\theta$ に依存するカーブに良く合っており、これから ρ を求めたものがオ1表オ1列である。オ2列には後方散乱断面積 $\sigma(180^\circ)$ の実験値、オ3列目に測定値 ρ を用いて、屈折率から計算した $\sigma(180^\circ)$ の値を示す。後方散乱断面積の実験値が誤差内で計算値と一致していることが認められる。

§4. ラマン散乱はオ5図に示すように装置を配置して測定中である。レーリ-散乱に比べて若干程度微弱な散乱光のため、立体角を2桁大きくして分光器を通している。入射光の偏光面に垂直に、且つ、散乱角 90° の方向でとった CO_2 のラマンスペクトルをオ6図に示す。散乱強度がPMの暗電流のカウンタ数と同じ位のため、長時間カウントして、出来ればバラツキを減らす。ただし精度が不完全であるが予想される位置でカウンタの増加が認められ、ラマン散乱と考えられる。現在、絶対散乱断面積を決めるための補完実験を行っており、結果については別の機会に報告したい。

参考文献

- (1) George, T.V., L. Goldstein, L. Slama and M. Yokoyama; Phys. Rev., 137, A.369 (1965)
- (2) Watson, R.D. and M.D. Clark; Phys. Rev. Letters, 14, 1057 (1965)
- (3) Rudder, R.R. and D.R. Bach; J. Opt. Soc. Am., 58, 1260 (1968)
- (4) Stunsbury, E.J., M.F. Crawford and H.L. Welsh; Can. J. Phys., 31, 954 (1953)
- (5) Murphy, W.F., W. Holzer and H.J. Bernstein; Appl. Spectro., 23, 211 (1969)
- (6) Leonarc, D.A.; J. Appl. Phys., 41, 4238 (1970)
- (7) Fouche, D.G. and R.K. Chang; Appl. Phys. Letters, 18, 579 (1971)
- (8) 清水, 小林, 栢場, 応用物理学会講演予稿集, 2ac6 (昭46-10)
- (9) Skinner, J.G. and W.G. Nilsen; J. Opt. Soc. Am., 58, 113 (1968)
- (10) Optik, B.M.; (Julius Springer-Verlag, Berlin, 1933)

Table 1. Measured and Calculated Value of Rayleigh Scattering

Gas		Measured depolarization ratio, $\rho \times 10^2$	Measured cross section $\sigma_o \times 10^{28} \text{ cm}^2$	Calculated cross section $\sigma_o \text{ calc} \times 10^{28} \text{ cm}^2$
Oxygen	O ₂	4.8 ± 0.42	2.53 ± 0.21	2.69
Nitrogen	N ₂	4.2 ± 0.30	2.92 ± 0.26	3.18
Carbon dioxide	CO ₂	7.3 ± 0.34	7.32 ± 0.66	7.65
Argon	Ar	—	2.57 ± 0.23	2.74

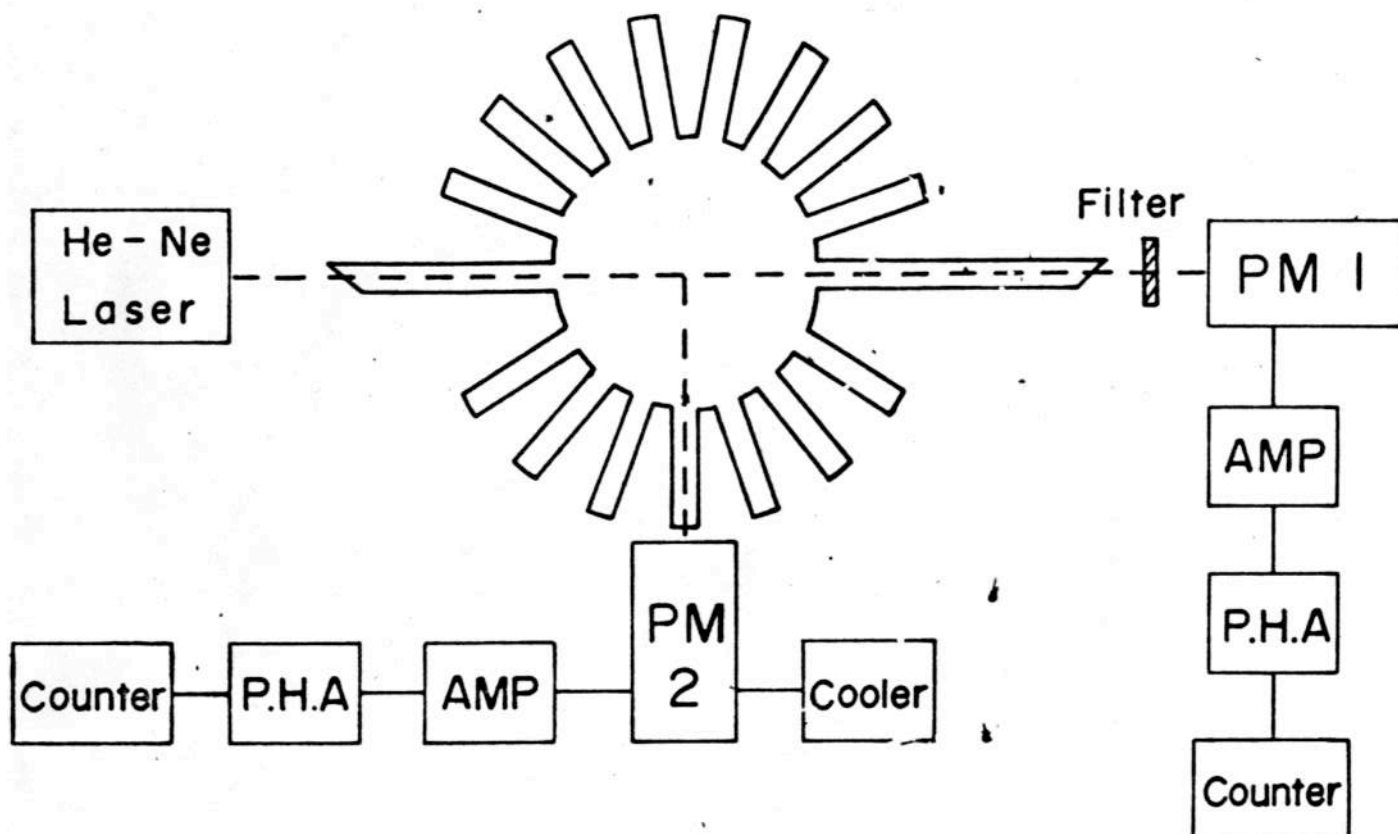
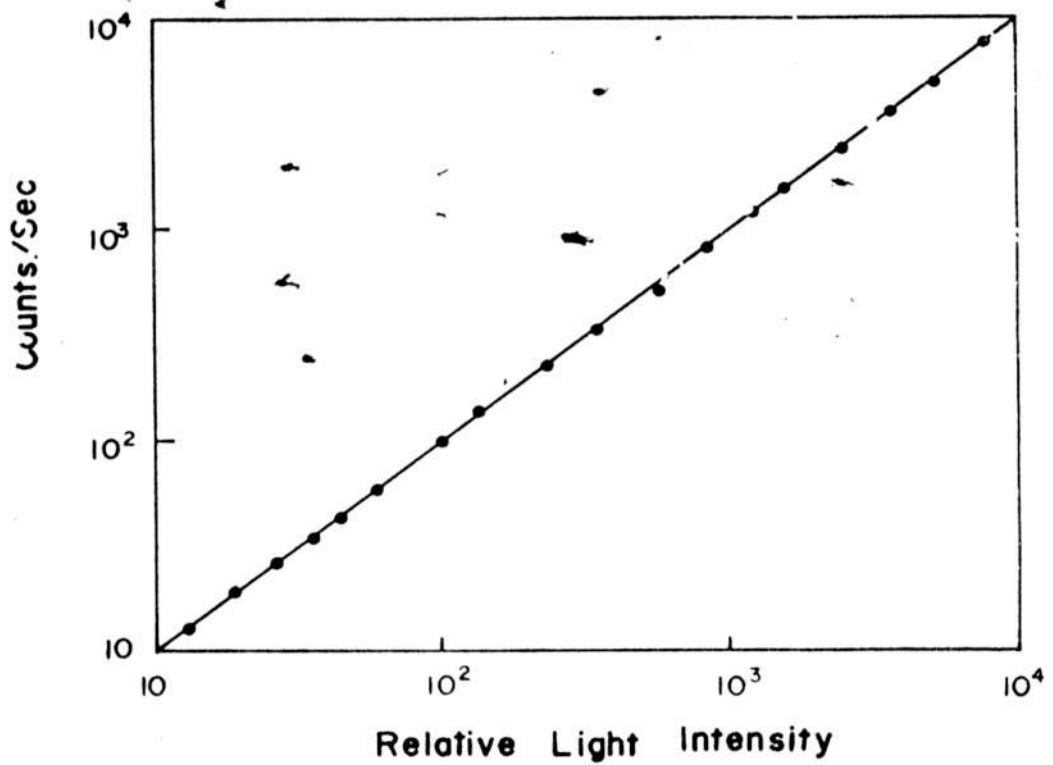
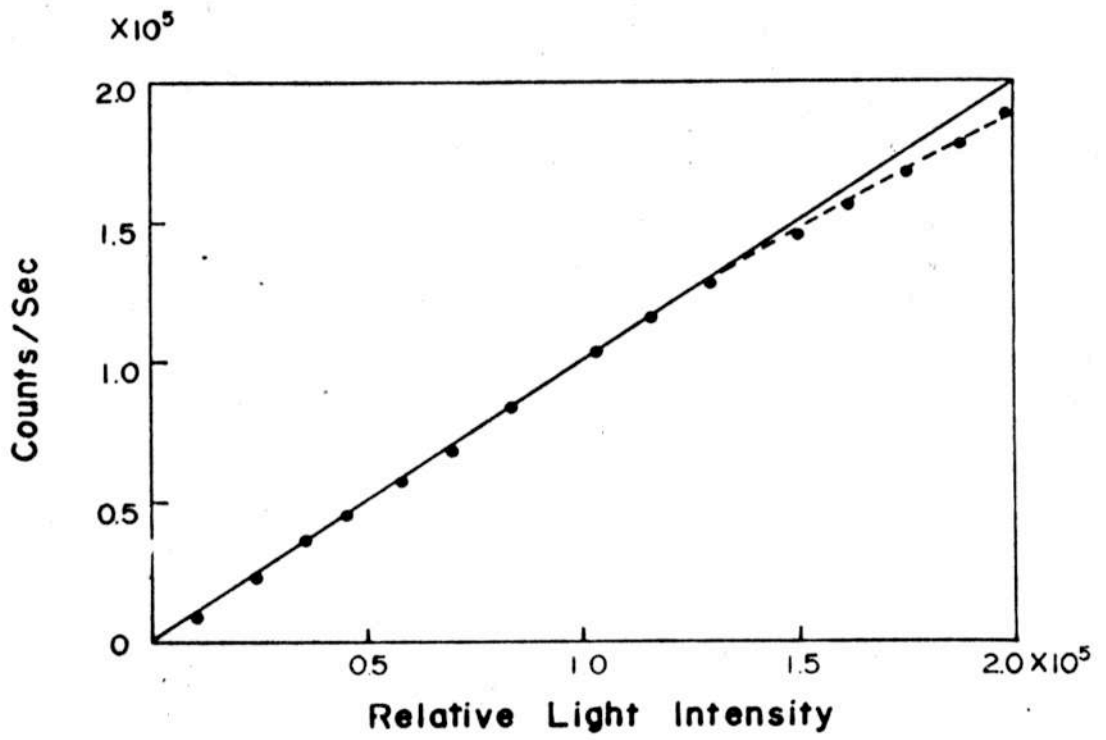


Diagram of Rayleigh Scattering Experiment



Intensity Response of Photon Counting System

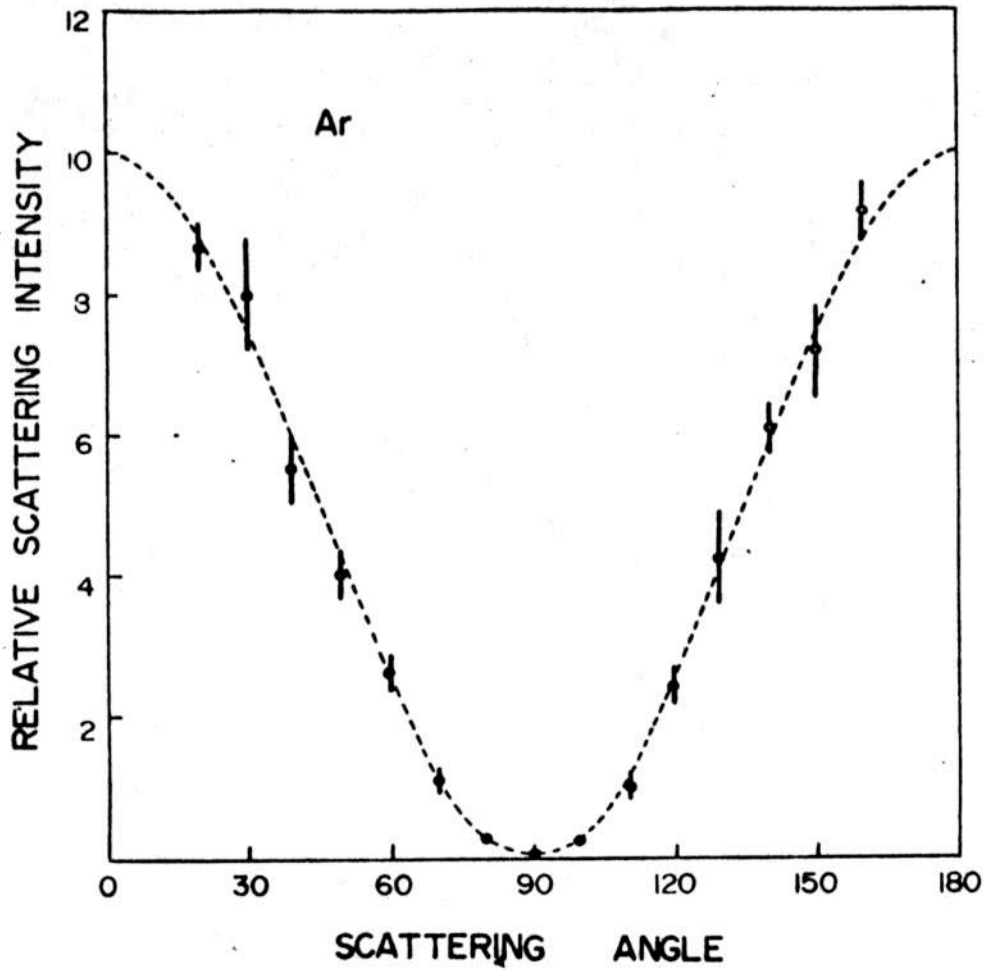


图 3

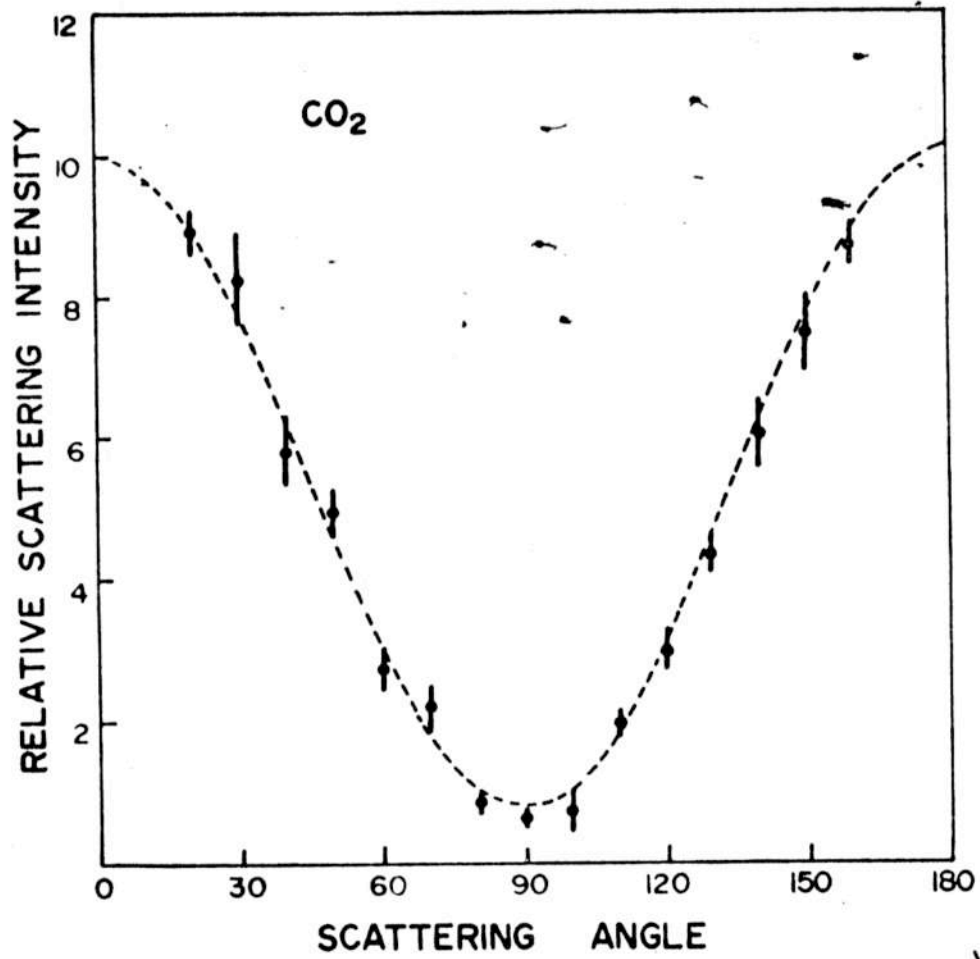


图 4

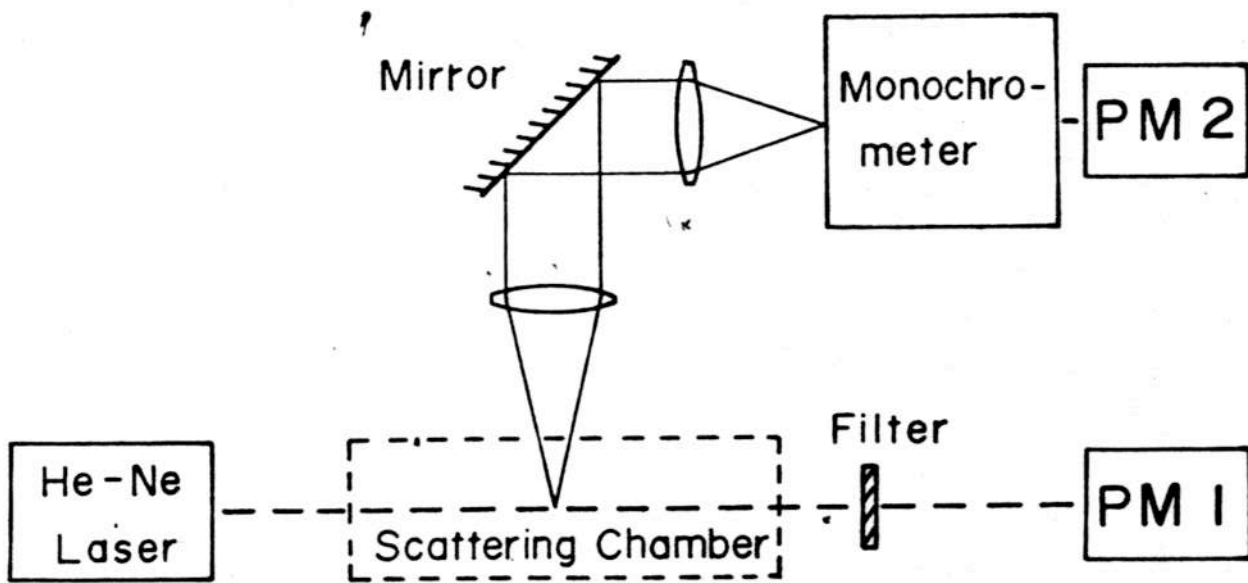


Diagram of Raman Scattering Experiment

