

## 光电子技术(22)

### § 5.7 光学多道分析器 (OMA)

光学多道分析器是传统光谱仪与面阵或线阵探测器相结合的产物。将传统光谱仪的出射狭缝改为出射孔，设置阵列探测器件在出射孔处同时测量不同波长的光强。即同时测量宽的光谱。对于弱信号，也可以通过阵列探测器多次累加信号，获得强的、高信噪比光谱信号。典型的OMA结构如图114所示。

#### 一、阵列探测器要求

##### 1、光谱响应

探测器主要使用固体探测器，如CCD，要求光谱响应与被测量光谱匹配。

##### 2、光谱分辨率

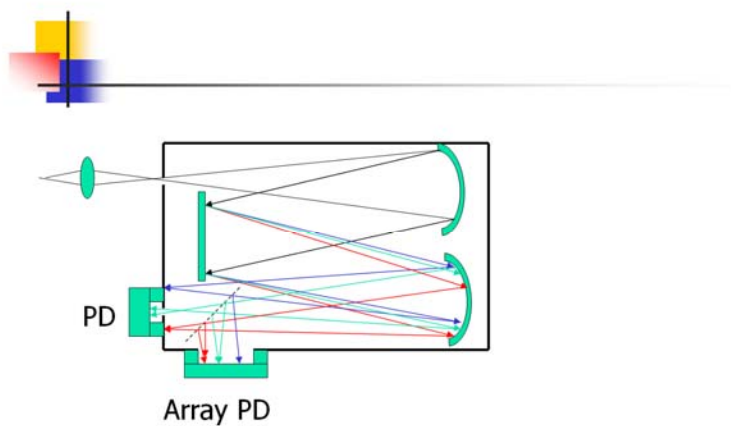


Fig.114 典型的光学多道分析器结构



## 光电子技术(22)

光谱分辨率除了依赖光栅的色散率外，还依赖探测器的象素宽度。象素宽度越窄，分辨率越高。

### 3、动态范围

指探测器所能测量的最强信号与最弱信号之比。

### 4、光谱强度的总体标定

由于光栅对不同波长具有不同的衍射效率，探测器对不同波长有不同的响应灵敏度，所以即使输入光谱是平坦的，探测器输出的光谱也不会是平坦的，这就是光谱强度畸形，需要校正，即标定。

所谓标定就是测量出OMA系统的总的光谱响应曲线。包括光栅色散、反射镜反射谱和探测器响应光谱等的总体影响。



## 光电子技术(22)

标定方法：

用已知光谱分布的光谱灯做光源，读出探测器的输出光谱，用探测器的输出光谱除以灯的光谱分布，即得OMA系统的总体光谱响应曲线。将此光谱响应曲线存在计算机内。以后OMA测量到的任何光谱都要用此光谱响应曲线归一化。

### 5、波长标定

由于光栅的线色散是非线性的，所以探测器上的波长不是均匀分布的，需要标定。

利用多条已知波长的光谱线，确定探测器上多个点的波长，然后，使用内查法确定已知点之间的各象素的波长。



## 光电子技术(22)

### 二、光学多道分析器介绍

#### 1、OMA-II系统

由光谱仪，阵列探测器及电源、控制系统、数据采集系统等组成。由普林斯顿公司研制的第二代产品。

阵列探测器使用硅靶摄像器件或增强型硅靶摄像器件。

#### 2、OSA系统

由德国的B&M公司研制，结构与OMA类似，使用的探测器阵列包括硅靶和增强硅靶，二极管阵列等。

#### 3、OMA-V系统



## 光电子技术(22)

OMA-V系统是目前普林斯顿仪器公司的最新产生品，由三光栅成像光谱仪和阵列探测器组成。

三光栅分别具有不同的色散率和闪耀波长。可根据需要，自动切换不同的光栅。

成像光谱仪需要进行场曲矫正，使得探测器阵列处的象为平面。

探测器阵列可以选择CCD，也可以选用近红外量子效率较高的PDA

#### 4、时间分辨OMA

由三光栅成像光谱仪、ICCD和脉冲信号发生器及其它附件组成。

ICCD为增强型CCD，它是在普通CCD前面加了MCP。结构如图115

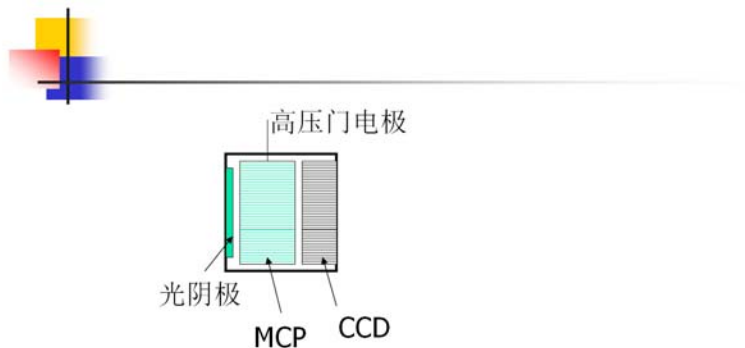


Fig.115 ICCD结构

## 光电子技术(22)

连续工作模式：MCP上加连续高电压

时间分辨工作模式：MCP上加不同延迟时间的高压脉冲电压，脉冲宽度通常约 $3\sim 5\text{ns}$ ，电压幅度几千伏。同步信号通常由激发光给出。此同步信号触发高压脉冲发生器中的延迟器，延迟预设置的延迟时间后，给出触发信号触发高压信号发生器，产生 $3\sim 5\text{ns}$ 的高压脉冲，施加在MCP上，使光谱信号通过MCP增强，并曝光CCD。通过调节延迟器的不同延迟量，就能时间分辨测量整个光谱随时间的演化过程。如图115a所示。

应用：纳秒时间分辨光谱测量。

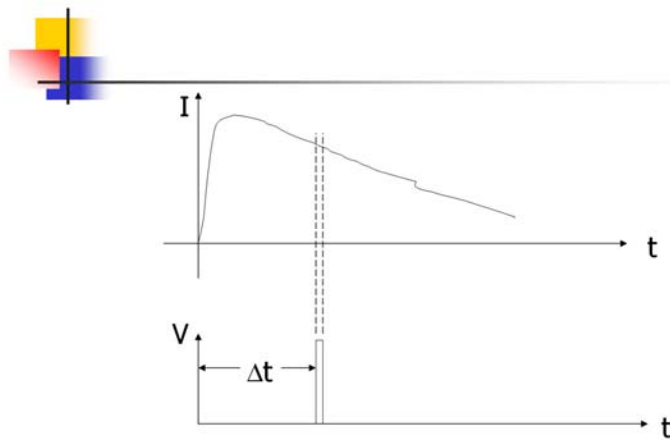


Fig.115a ICCD时间分辨荧光屏测量原理



## 光电子技术(22)

### 第六章 非线性光学频率转换技术

属于非线性光学研究内容，是二阶非线性光学效应。

#### § 6.1 概述

##### 一、线性与非线性光学

线性光学研究线性光学现象，即物质的响应与光的场强成线性关系。表征线性光学效应的参数与光场无关。如线性吸收系数，反射系数。

非线性光学研究高阶非线性光学现象，即物质的响应与光的场强成非线性关系。此时，通常的线性光学参数中包含与光的场强有关的项。非线性现象只能在强场中出现，所以，非线性光学是在激光出现后诞生的。

倍频与参量属于二阶效应，是最低阶非线性光学效应。



## 光电子技术(22)

### 二、介质的极化

极化狭义上指原子的外层电子云受到外电场作用发生畸变,使得负电荷中心偏离原子核。这样就产生了偶极子,存在偶极矩。极化的强弱(大小)用偶极矩度量。

极化广义上指在外电场作用下,正、负电荷中心发生相对位移。引起偶极矩变化。

#### 1、线性极化

物质系统的极化用系统中单位体积内的所有偶极矩的矢量和表示,称为极化强度。通常用符号 $\mathbf{P}$ 表示。

线性极化指极化强度正比于电场的一次方:  $P = \chi E, P_i = \chi_{ij} E_j$



## 光电子技术(22)

如果极化场是交变电场,如光波,偶极子就随外电场做同频率振荡,并辐射同频率的极化波。

#### 2、非线性极化

指极化强度中包含极化场强的高阶项,即:

$$P = \chi_1 E + \chi_2 E^2 + \chi_3 E^3 + \dots$$

或

$$P_i = \chi_{ij}^{(1)} E_j + \chi_{ijk}^{(2)} E_j E_k + \chi_{ijkl}^{(3)} E_j E_k E_l + \dots$$

通常

$$\chi^{(1)} \gg \chi^{(2)}, \chi^{(3)}, \dots$$

所以,高阶非线性效应只能在强场下显示出来。在激光出现之前非线性光学效应很难观察到。

## 光电子技术(22)

### 3、非线性频率转换的物理起因

由于极化强度随场强非线性变化，当场强为频率 $\omega$ 的谐波振荡时，极化强度 $\mathbf{P}$ 也具有 $\omega$ 的振荡频率，但不是谐波振荡。根据付里叶级数理论，频率 $\omega$ 的周期振荡，包含 $n\omega$ 的各次谐波。所以，非线性极化能辐射高次极化谐波。

### § 6.2 二次非线性光学效应

#### 一、二阶极化率

对各向同性介质，二阶极化强度随电场的平方变化，表示为：

$$\mathbf{P} = \chi^{(2)} \mathbf{E}^2$$

$\chi^{(2)}$ 称为二阶极化率。

## 光电子技术(22)

由于 $\mathbf{P}$ 为 $\mathbf{E}$ 的偶函数，所以，当 $\mathbf{E}$ 改变为 $-\mathbf{E}$ 时， $\mathbf{P}$ 不变，所以，若介质为具有中心反演对称结构的物质， $\chi^{(2)}$ 也不随外电场方向变化，结果 $\mathbf{P}$ 不随外电场变化，所以，不具有二阶非线性效应。换句话说，二阶非线性介质必须是非中心反演对称结构的。

#### 二、三阶极化率张量与二阶非线性系数

对于各向异性介质，二阶极化强度表示为：

$$P_i = \chi_{ijk} E_j E_k$$

$[\chi_{ijk}]$ 称为三阶极化率张量

由于晶体的对称性， $\mathbf{j}$ 、 $\mathbf{k}$ 指标可以互换，即 $\chi_{ijk} = \chi_{ikj}$ ，所以三阶极化率张量 $[\chi_{ijk}]$ 中只有18个独立元素。三阶张量简化为18个元素的二阶矩阵 $[d_{ij}]$ 。对应关系为：

$$\chi_{i11} \rightarrow d_{i1}; \chi_{i22} \rightarrow d_{i2}; \chi_{i33} \rightarrow d_{i3}$$



## 光电子技术(22)

$$\chi_{i23}, \chi_{i32} \rightarrow d_{i4}; \chi_{i13}, \chi_{i31} \rightarrow d_{i5}; \chi_{i12}, \chi_{i21} \rightarrow d_{i6}$$

变换后，二阶极化强度表示为：

$$\begin{pmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & d_{14} & d_{15} & d_{16} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & d_{24} & d_{25} & d_{26} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & d_{34} & d_{35} & d_{36} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x^2 \\ E_y^2 \\ E_z^2 \\ 2E_y E_z \\ 2E_z E_x \\ 2E_x E_y \end{pmatrix}$$

上式中 $d_{ij}$ 称为非线性系数

### 三、非线性波耦合方程

一般情况下，作用在非线性介质上的电场可以是多个的迭加，迭加



## 复习要点

- 1、光学多道分析器（OMA）的结构，工作原理？光谱定标和强度定标指什么？
- 2、ICCD系统的时间分辨测量原理？
- 3、非线性光学指什么？具有中心反演对称结构的介质为何不具有二阶非线性效应？





## 作业二十二

---

- 1、OMA的结构，ICCD的时间分辨测量原理？
- 2、具有中心反演对称结构的介质为何不具有二阶非线性效应？