

UN MODELO SIMPLE PARA EXPLICAR CURVAS DE DESEXCITACION
DE NaCl CON IMPUREZAS DE Ag.

Carlos Ruiz Mejía

Instituto de Física, Universidad Nacional de México

(Recibido: marzo 3, 1966)

RESUMEN

Se reportan las curvas de desexcitación de cristales de NaCl activados con Ag e irradiados con rayos X a 40 kV. Para explicar las curvas obtenidas se propone un modelo simple de luminiscencia basado en la suposición de un nivel metaestable en la banda prohibida del NaCl debido a los iones de Ag.

ABSTRACT

NaCl single crystals Ag doped have been irradiated with X rays at 40 kV. The decay curves were determined and qualitatively explained by means of a simple model. The model was based on the assumption that a metastable level is created

in the forbidden band of the NaCl electronic structure due to the presence of the silver ions.

INTRODUCCION

Este trabajo consiste de dos partes: En la primera se reportan las curvas obtenidas durante el proceso de desexcitación de cristales de NaCl activados con plata e irradiados con rayos X y se describe brevemente el equipo experimental usado; en la segunda se propone un modelo para explicar las curvas de desexcitación y se discuten algunos argumentos que apoyan la validez del modelo.

Los cristales fueron crecidos por el método de Kiropoulos y de ellos fueron preparadas muestras de 1 cm^2 de superficie y 3 mm de espesor, con concentraciones de .27%, .29%, .39% y .51% en peso de Ag.

Para excitar las muestras cristalinas se usó un aparato de rayos X Phillips, con tubo de tungsteno que se trabajó a 40kV y 10mA. Para registrar la intensidad de desexcitación del cristal se utilizó un circuito mostrado en la fig. 1. Este circuito se supone que es lineal, de tal manera que la corriente obtenida es aproximadamente proporcional al número de fotones incidentes en el tubo fotomultiplicador. En el tubo fotomultiplicador se adaptó un anillo que lo abrazaba y el cual poseía una ventana de 1 cm^2 de área, colocada de tal manera que la luz que pasara a través de ella, pudiera ser registrada en el tubo fotomultiplicador. El objeto de este aditamento fué el de lograr que todos los cristales estudiados fueran colocados siempre en la misma posición.

Los cristales fueron bombardeados con rayos X durante media hora en cada caso y después se emplearon dos minutos para trasladarlo y colocarlo en la unidad amplificadora. El fotomultiplicador se calentó previamente al montaje del cristal, de tal manera que se apagaba, se montaba el cristal y se ponía a trabajar de nuevo. Una vez estabilizado el sistema se ajustó la aguja de tal manera que marcara el cero en el miliamperímetro. Las lecturas se hicieron visualmente cada 15 segundos.

De las mediciones se graficaron las intensidades obtenidas, (en unidades

arbitrarias), en función del tiempo. Para determinar la función que mejor se ajustaba a los datos obtenidos, se usó la teoría de fórmulas empíricas¹ y por el método de mínimos cuadrados se obtuvieron los valores de los parámetros. Los datos obtenidos de intensidad contra tiempo se muestran en la tabla I.

En las figuras 2, 3, 4 y 5 se muestran algunas de las curvas obtenidas. Se encontró que estas eran de tipo exponencial de la forma:

$$I = ae^{-bt} + c$$

siendo los valores de las constantes:

1) Para NaCl con .27% en peso de Ag.

$$a = 88.8, \quad b = 0.050 \quad c = 8$$

2) Para NaCl con .29% en peso de Ag.

$$a = 85.8, \quad b = 0.044 \quad c = 9$$

3) Para NaCl con .39% en peso de Ag.

$$a = 81.78 \quad b = 0.058 \quad c = 16.7$$

4) Para NaCl con .51% en peso de Ag.

$$a = 71.5 \quad b = 0.068 \quad c = 12$$

Con los datos así obtenidos nos propusimos asignar un modelo de luminiscencia al cristal estudiado. El modelo que se propone es el siguiente:

Supongamos que los átomos de plata introducen un nivel en la banda prohibida, cerca de la banda de conducción. Habrá otros niveles de impureza debido a átomos extraños que siempre es imposible evitar durante el crecimiento del cristal, que por simplicidad no serán considerados².

Ahora suponemos que el nivel introducido por la plata es un estado metaestable de tal forma que los electrones atrapados en ese nivel tendrán una vida media que puede ser del orden de minutos. Considerando una distribución Maxwelliana de energía térmica para los electrones atrapados en el nivel de la plata y por

niendo E para la diferencia de energía entre ese nivel y el fondo de la banda de conducción, tenemos que la probabilidad p de que los electrones escapen del nivel metaestable es:

$$p = S \exp - \frac{E}{kT}$$

en donde T es la temperatura absoluta, k es la constante de Boltzmann y S una constante que está dada como la frecuencia con la cual un electrón choca con los lados de la caja de potencial, (representada por la diferencia de energía E entre el nivel metaestable y el fondo de la banda de conducción) y el coeficiente de reflexión³. Además supondremos que la transición del nivel metaestable a la banda de valencia está prohibida. De tal manera que para obtener emisión luminosa será necesario que los electrones del estado metaestable pasen a la banda de conducción antes de decaer en la banda de valencia.

Ahora bien, para decir cuántos electrones de la banda de conducción van a la banda de valencia, tenemos que considerar la probabilidad de que los electrones sean reatrapados por el nivel metaestable. Sin embargo podemos considerar que tal probabilidad es despreciable⁴. Entonces si en el instante t el número de electrones en el nivel metaestable es $n(t)$ y si denotamos por $I(t)$ la intensidad de luminiscencia, tendremos:

$$I(t) = - \frac{dn}{dt} = np$$

en donde p es la probabilidad de transición del estado metaestable a la banda de conducción antes mencionada. Entonces:

$$I(t) = n_0 p \exp (- pt)$$

El apoyo más fuerte que tiene este modelo está en que se encuentra que da el mis-

mo tipo de decaimiento que el medido experimentalmente. Sin embargo también podemos considerar que este tipo de decaimiento se ha encontrado en otros halogenuros alcalinos activados con iones metálicos^{4, 5, 6}.

Ahora bien podemos notar que la constante c obtenida experimentalmente no puede tener ningún significado físico, pues sencillamente corresponde a un cambio de origen para las curvas obtenidas. Si definimos la eficiencia como el número de electrones emitidos por fotones absorbidos, vemos de los valores obtenidos para a que la eficiencia disminuye con la concentración. En realidad la curva de eficiencia contra concentración aumenta gradualmente con la concentración y luego empieza a disminuir⁷. Entonces podemos pensar que las concentraciones de los cristales estudiados son mayores del valor que da la máxima eficiencia.

Por último la constante b que de acuerdo con el modelo propuesto representa la probabilidad de transición, no depende de la concentración. La única dependencia de esta constante es con respecto a la diferencia de energía entre el estado metaestable y la banda de conducción, la temperatura absoluta y los parámetros de la red a través de la constante S . Entonces no debíamos esperar diferentes valores de b . Ya que difieren poco los distintos valores de b podemos suponer que se deben a dos factores: el error experimental y pequeñas variaciones en la temperatura ambiente.

Dado que se ha trabajado en unidades arbitrarias de energía debido a la falta de un calibrador para el amplificador usado, (es necesario un calibrador sensible a las bajas energías de los fotones emitidos por el cristal), es difícil hacer una estimación numérica de las constantes a y b en forma apropiada para compararlas con las obtenidas por el modelo teórico. De cualquier manera, esos cálculos se harán posteriormente.

REFERENCIAS

1. J. Lipka, Graphical and Mechanical Computation. John Wiley p. 170, 1918
2. J. T. Randall and M. H. F. Wilkins, Proc. Roy. Soc. (London) A 184, 1, p. 367 (1945)
3. N. F. Mott and R. W. Gurney, Electronic Processes in Ionic Crystals, p. 136 (1940)

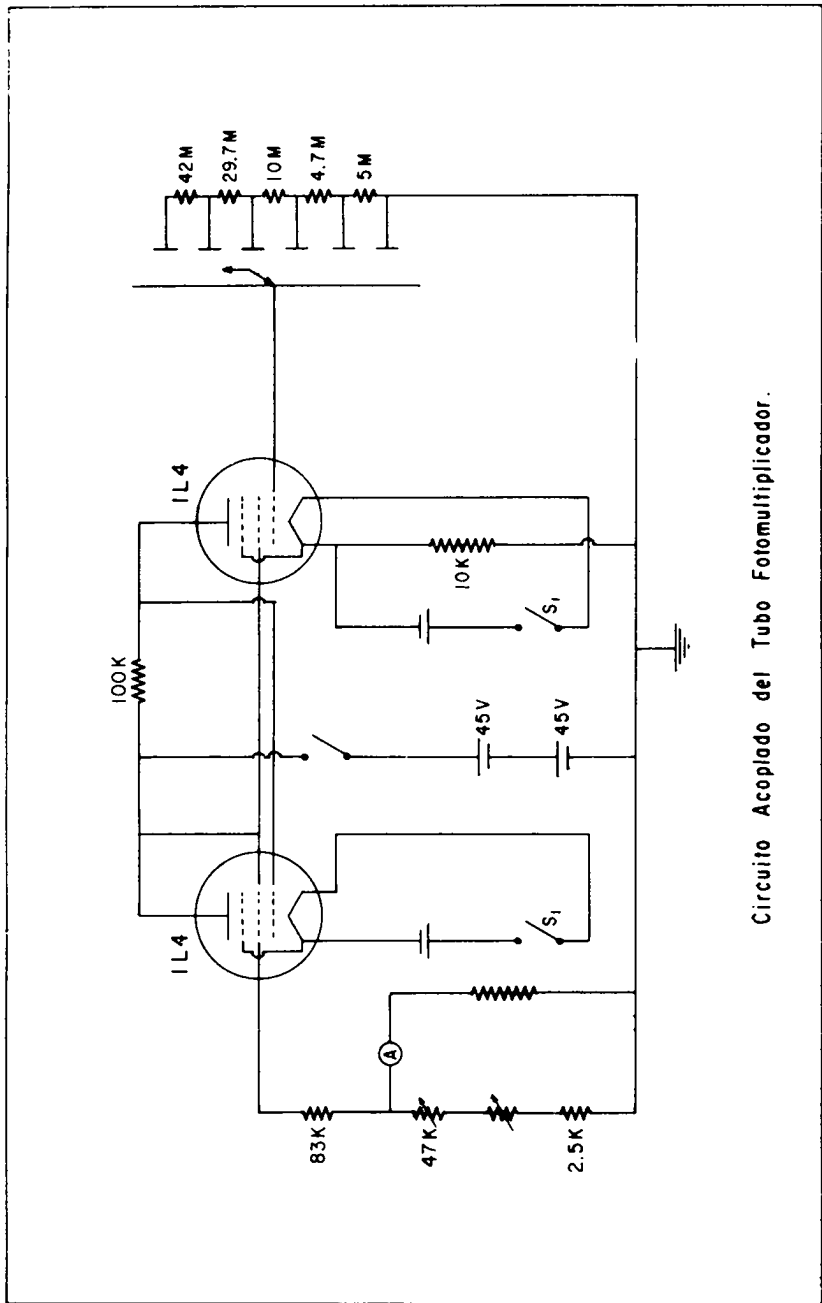
4. J. T. Randall and M. H. F. Wilkins, Proc. Roy. Soc. (London A 184, 11 p. 405 (1945)
5. R. Hofstadter Thallium Halide Crystal Counter, Phys. Rev. Vol. 72, N° 11 p. 1120 (1947)
6. R. Hofstadter Alkali Halide Scintillation Counters, Phys. Rev. Vol. 74, N° 1 p. 100 (1948)
7. P. D. Johnson and F. E. Williams, J. Chem. Phys. 18, p. 1477 (1950).

TABLA DE VALORES OBTENIDOS

LA UNIDAD DE TIEMPO ES 15 SEG.

.27%	Ag	.29%	Ag	.39%	Ag	.51%	Ag
†	I	†	I	†	I	†	I
1	96	1	94	1	96	1	83
2	89	2	89	2	90	2	77
3	85	3	84	3	86	3	71
4	81	4	80	4	82	4	65
5	78	5	77	5	78	5	61
6	74	6	73	6	74	6	58
7	71	7	69	7	71	7	55
8	68	8	66	8	68	8	52
9	65	9	63	9	65	9	49
10	63	10	61	10	62	10	47
11	61	11	59	11	59	11	45
12	59	12	57			12	43
14	55	14	52	13	55	13	41
16	51	16	48	15	51	14	39
18	48	18	44	17	47	15	37
20	45	20	40	19	43	16	35
22	42	22	36	21	40	17	34
26	36	24	34	23	38	18	33
30	32	26	32	25	36	19	32
34	29	30	27	29	31	20	31
38	26	34	24	33	28	21	29
42	24					22	28
46	22					23	27
50	20					24	26
						25	24
						27	23
						29	21
						33	19
						37	17
						41	16
						45	15
						49	14
						53	13
						57	12

Esta página está intencionalmente en blanco



Circuito Acoplado del Tubo Fotomultiplicador.

Fig.1

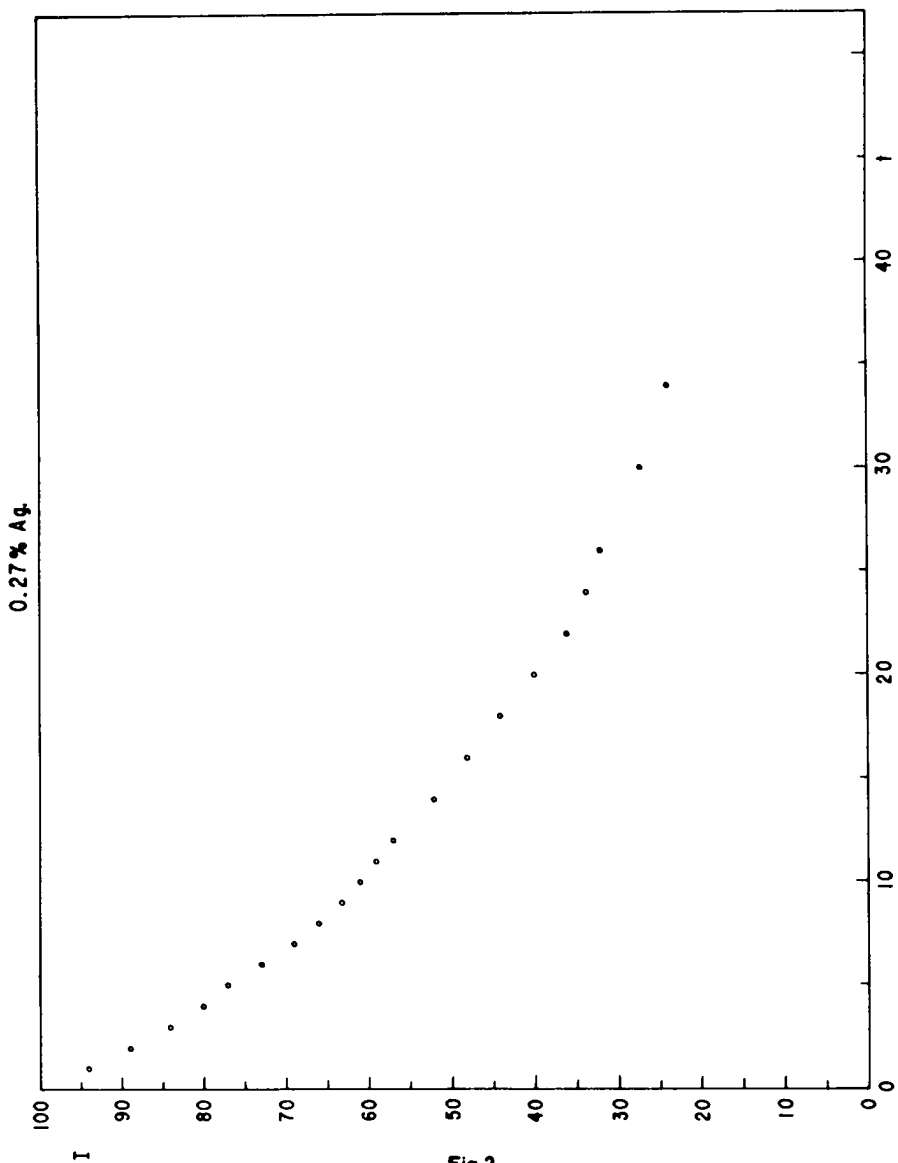


Fig.2

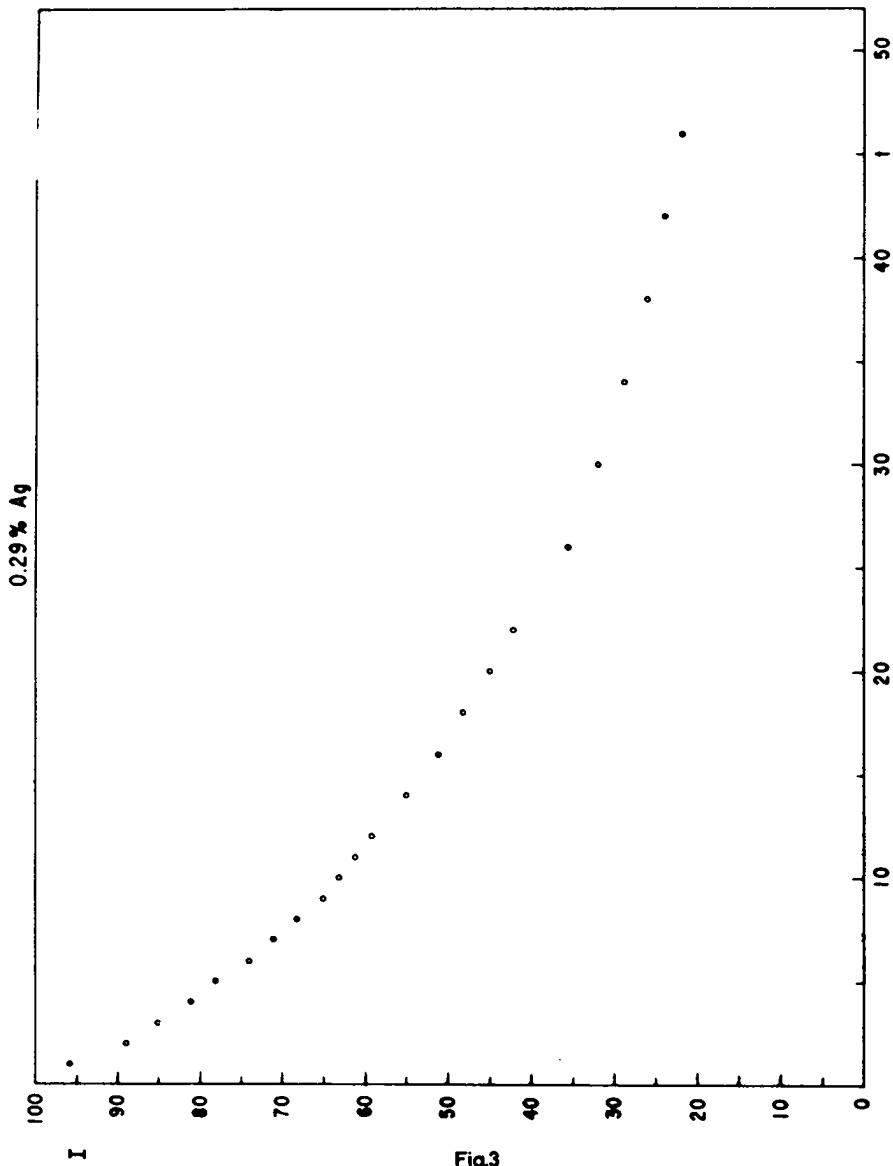


Fig.3

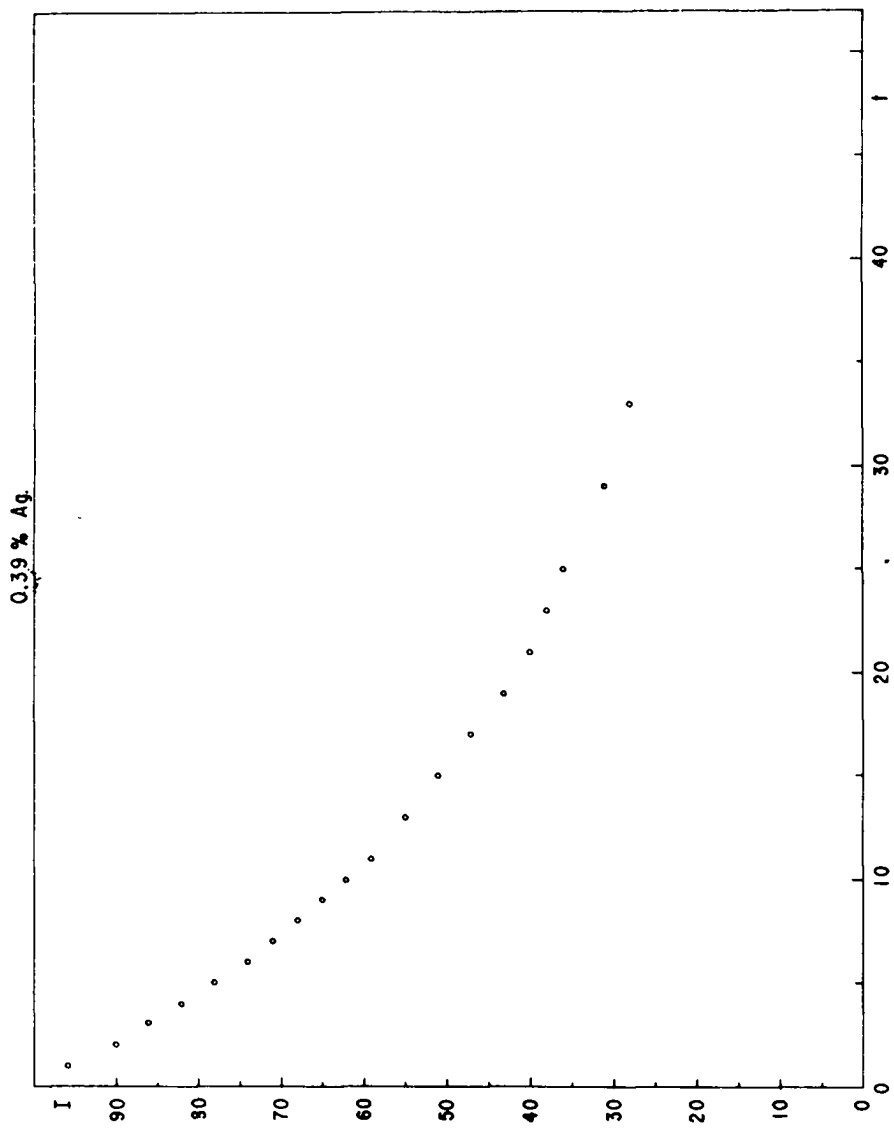


Fig.4

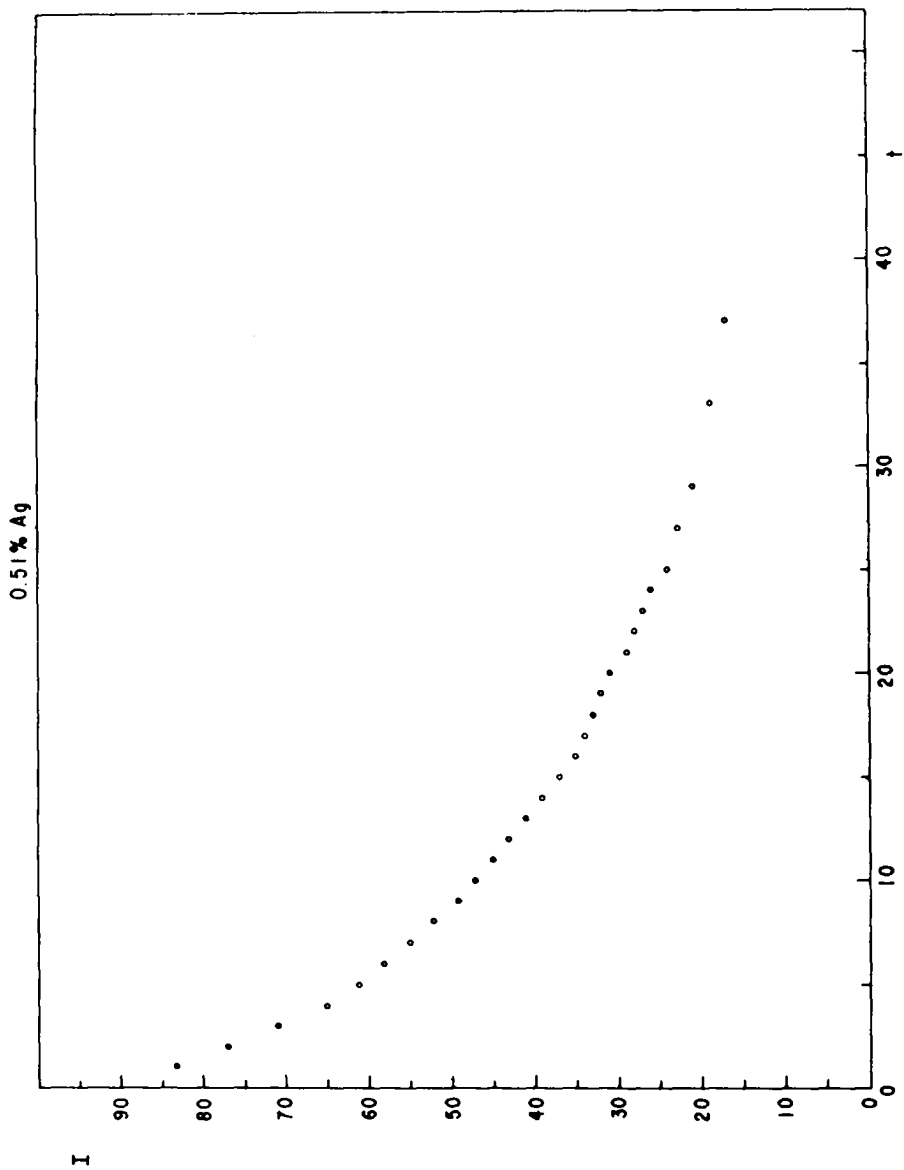


Fig.5