

Obtención y estudio de Laser semi conductores en el sistema GaAs-AlGaAs

Pedro Díaz Aréncibia, Tatiana Prujtski y María Sánchez Colina
UCT. LIEES. Universidad de La Habana

RESUMEN

Se reportan los primeros Laser semiconductores obtenidos en nuestro país sobre la base de dobles heterojunturas de GaAs-Al_xGa_{1-x}As, por el método epitaxial de la fase líquida.

Se desarrollan los métodos de evaluación y caracterización de algunos parámetros de estos dispositivos.

Los resultados obtenidos concuerdan con los reportados en la literatura, destacándose las corrientes de umbral por debajo del KA/cm² en los dispositivos obtenidos con las estructuras (DHCS).

INTRODUCCIÓN

Los laser semiconductores tienen en nuestros días una gran aplicación como fuente de luz para las líneas de comunicación por fibra óptica. Las propiedades exclusivas de las heterojunturas de GaAs-Al_xGa_{1-x}As, han permitido obtener laser con corrientes de umbral mínimas ya que con ellas puede lograrse un confinamiento de la luz y los portadores.

En el presente trabajo se estudian dos tipos de estructuras. Una es una doble heterojuntura (DH) convencional, y la otra es la denominada doble heterojuntura con confinamiento separado (DHCS).

Se presentan los estudios preliminares de los dispositivos obtenidos con

estas estructuras, como son las características I-V, la densidad de corriente de umbral, la potencia luminosa y la eficiencia cuántica diferencial.

OBTENCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS

Como es conocido, en laser hechos sobre la base GaAs-AlGaAs, pueden obtenerse corrientes de umbral menores, empleando la estructura con cavidad óptica ancha. En nuestro laboratorio fueron crecidas estructuras de ambos tipos, utilizando el método epitaxial de la fase líquida con enfriamiento forzado.

El crecimiento fue realizado en un bote de grafito de pistón, en atmósfera de hidrógeno puro. Se emplearon sustratos de GaAs orientados en la dirección (100), dopados con Sn y Te, a una concentración de donores $N_d \sim 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. La temperatura de inicio del crecimiento fue de 740°C y la velocidad de enfriamiento de $0,8^\circ\text{C}/\text{min}$. En todos los casos se creció una capa buffer de GaAs.n.

Sobre la capa buffer se crecieron una o dos capas de $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, según el tipo de estructura. La cantidad de aluminio calculada en los fundidos, correspondió a una composición x de Al de 0,4 y 0,25 en la fase sólida, según el orden de la capa en cada una de las estructuras. A continuación se creció la zona activa de GaAs a 655°C y de espesor submicrónico. Sobre estos se repitieron las capas de $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ similares a las descritas, pero dopadas con Ge y por último se creció una capa de contacto p-GaAs (Ge) con $N_a = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$.

En la figura 1, se dan los datos referentes al tipo de impurezas utilizadas y los espesores de las capas en las estructuras.

En la figura 2 se muestran las fotos de las estructuras obtenidas con microscopio metalográfico Neophot-2.

Posteriormente, se procedió a rebajar el sustrato hasta un espesor de $\sim 100 \mu\text{m}$, y se depositaron los contactos químicamente, de Au en unos casos y Ag en otros. Sobre ellos se depositó, electrolíticamente Ni y se dio tratamiento térmico a 450°C , en atmósfera de hidrógeno, después de lo cual se depositó otra capa de Ni.

Los diodos fueron obtenidos clivando las estructuras.

CARACTERIZACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS

Se estudiaron las dependencias I-V de los dispositivos, las corrientes de umbral, se elevó la potencia luminosa en el punto de explotación y la eficiencia cuántica diferencial.

Las dependencias I-V fueron obtenidas mediante un caracteriógrafo y un osciloscopio.

medición de la corriente de umbral:

La densidad de corriente de umbral (J_{th}) es una de las características fundamentales de un laser de inyección. Los dispositivos fueron alimentados con pulsos de corriente de una duración de 0,2 ps y a una frecuencia de repetición de 500 Hz. Como detector fue utilizado un fotodiodo del tipo Φ D-24K polarizado en inversa y cuyo diámetro era de 1 cm. Mediante una resistencia de 100 Ω conectada en serie al fotodiodo, se medía el voltaje en un osciloscopio. Variando la corriente de alimentación (I_1) de los dispositivos, se obtuvieron distintos valores de corriente en el fotodiodo (I_{fot}).

Se construyeron las dependencias I_{fot} (mA) vs J (A/cm²). La densidad de corriente de umbral J_{th} se obtiene extrapolando a cero la recta que aparece al aumentar bruscamente la emisión con la corriente de inyección. A partir de estos resultados y conociendo la respuesta del fotodiodo, a la longitud de onda de emisión de los laser, fue posible obtener la potencia de los dispositivos.

RESULTADOS

Se estudiaron crecimientos con y sin cavidad óptica ancha.

En el caso de las estructuras sin cavidad óptica ancha, los mejores resultados fueron obtenidos de la estructura PR-16. En la tabla (1) se reportan las densidades de corriente de umbral para varios dispositivos de este crecimiento. Como se observa en esta tabla, los valores de J_{th} concuerdan con buenos valores típicos reportados en la literatura para este tipo de estructura.

En las estructuras con confinamiento separado, los mejores resultados se obtuvieron en el crecimiento PR-18. De esta estructura fueron caracterizados 30 dispositivos. En la medición de las características I-V se obtuvo para la rama inversa, que los mejores dispositivos tenían un voltaje correspondiente a 1 mA era de 1 V, lo que indica que hay poca corriente de fuga en la junta.

En la figura (3) se muestran las curvas I_{fot} -vs J , para algunos laser de este crecimiento. En la tabla 2, se muestran las densidades de corriente de umbral obtenidas para estos dispositivos.

También fue medida la potencia de los laser a la corriente de explotación que es 1,2 veces mayor que la corriente de umbral. En los resultados obtenidos se destacan algunas muestras con valores de varias decenas de MX (tabla 3).

Para un conjunto de dispositivos de este crecimiento fue medida la eficiencia cuántica diferencial destacándose dispositivos con $N_p = 30\%$ lo cual corresponde a los resultados reportados en la literatura para estas estructuras (tabla 4).

Tabla 1. Valores de J_{th} obtenidos en los dispositivos del crecimiento PR-16 (DH).

DIODOS	J_{th} (A/cm ²)	l (m)
A 1	1	750
A 2	1,6	450
A 6	0,7	375
A 7	1	475
A 8	0,9	500
A 10	0,7	800
B 3	2	575
B 4	1,8	800
B 5	1,1	800
B 6	0,8	800
B 7	1,3	575
B 8	1,1	650
B 9	0,75	800
B 10	1,5	600
B 1 ^a	0,5	875

Tabla 2. Valores obtenidos con el crecimiento PR-18 (DHCS)

DIODOS	L (m)	J_{ht} (KA/cm ²)
L 1	425	0,9
L 4	500	0,68
L 5	500	0,95
L 6	525	0,7
L 7	650	0,67
L 8	475	0,74
L 9	600	1,23
M 1	725	0,56
M 5	450	0,81
M 6	300	1
M 7	370	1,07
M 8	900	0,65
M 9	625	1,8
M 10	875	0,5

DIODO	POTENCIA (mw)
L 5	17
M 5	26
M 7	23
M 9	34
L 14	28
L 15	21,73
L 20	16
L 21	65,21

Tabla 3.

Dispositivos con los mejores resultados de la potencia luminosa. Los láseres se alimentaron con pulsos de corriente con un valor de $1,2 I_{th}$ cuya duración fue de $0,5 \mu s$ a una frecuencia de 500 Hz .

Tabla 4.

Mejores resultados obtenidos para la eficiencia cuántica diferencial. Crecimiento PR-18.

DIODO	Nd (%)
L 15	37,9
L 20	26,6
L 21	50

CONCLUSIONES

Fueron obtenidos por primera vez en nuestro país laser semiconductores de doble heterojuntura de GaAs-AlGaAs.

Se puso a punto la tecnología de crecimiento de capas múltiples de GaAs-Al_xGa_{1-x}As por el método epitaxial de la fase líquida. Esto permitió abordar la elaboración de dos tipos de estructuras: la heterojuntura doble convencional (DH) y la heterojuntura doble con confinamiento separado (DHCS)

Se desarrollaron los métodos de evaluación y caracterización de algunos parámetros de estos dispositivos, características I-V, densidad de corriente de umbral, potencia luminosa y eficiencia cuántica diferencial.

Los resultados obtenidos concuerdan con los reportados normalmente en la literatura, destacándose las corrientes de umbral por debajo del KA/cm^2 en las muestras obtenidas de las estructuras (DHCS).

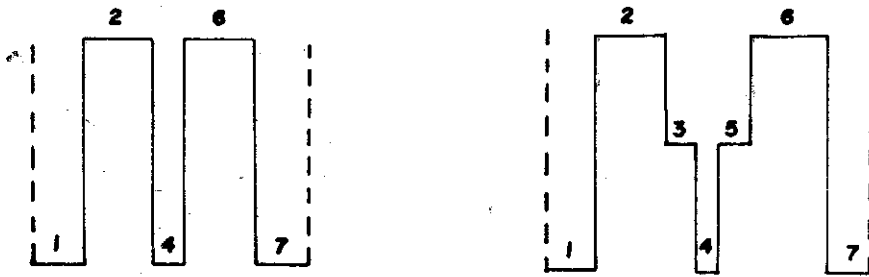


FIG. 1

1- n - Ga As (Te)	ESPEJOR	100 μ m
2- n - Al _x Ga _{1-x} As (Te) x = 40 %	ESPEJOR	2 μ m
3- n - Al _x Ga _{1-x} As (Te) x = 25 %		0,5
4- p - Ga As		0,3
5- p - Al _x Ga _{1-x} As (Ge) x = 25 %		0,3
6- p - Al _x Ga _{1-x} As (Ge) x = 40 %		1,5
7- p - Ga As (Ge)		3

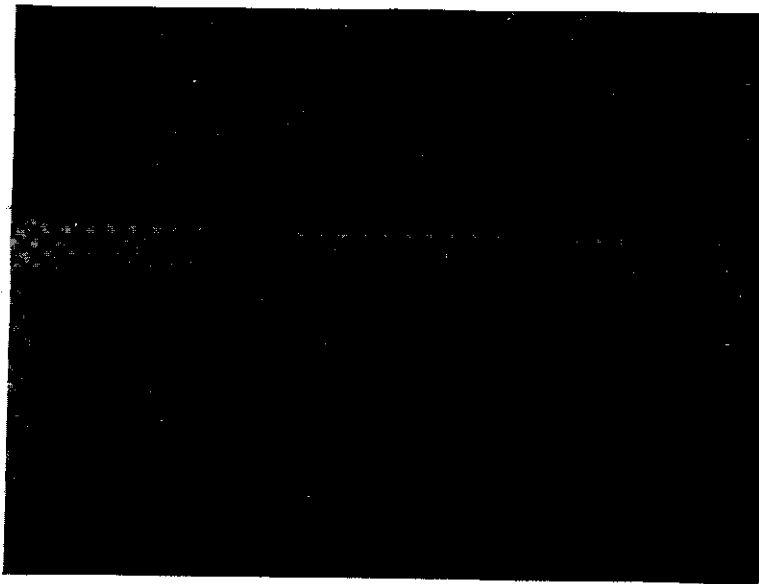


FIG. 2

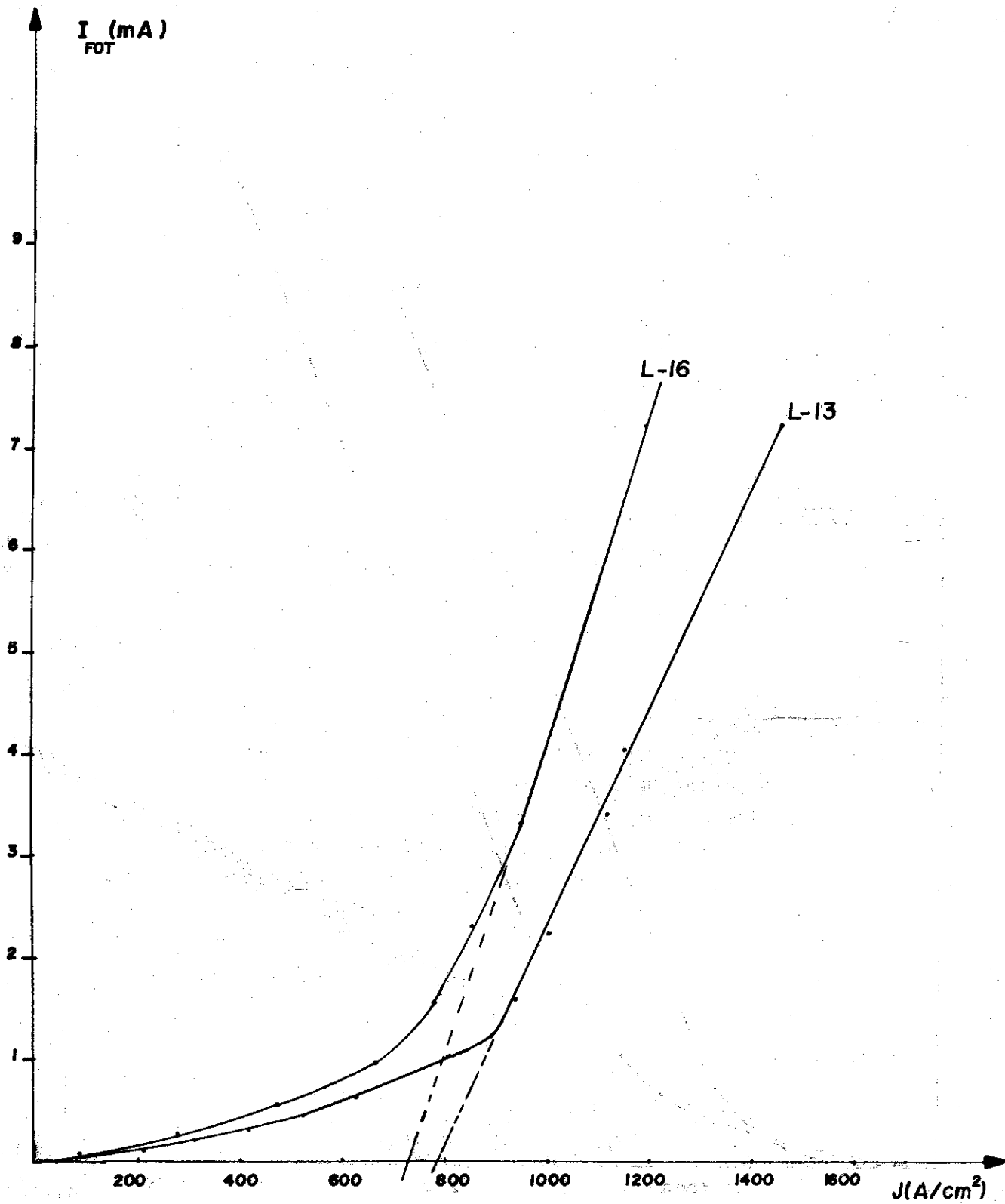


FIG. 3 a

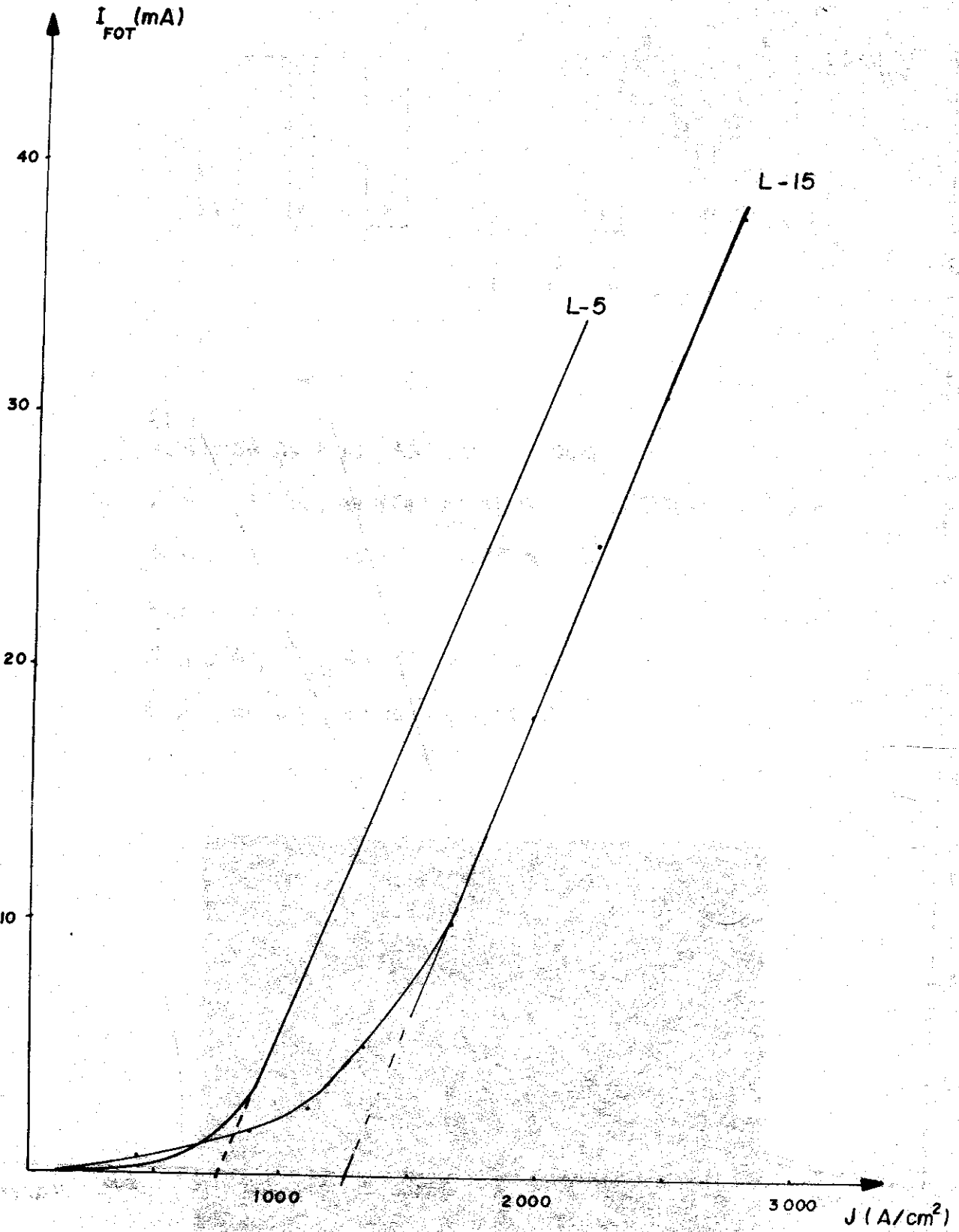


FIG. 3b

46