



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.661

(10/98)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Características de los medios de transmisión –
Características de los componentes y los subsistemas
ópticos

**Definición y métodos de prueba de los
parámetros genéricos pertinentes de los
dispositivos y subsistemas de amplificadores
ópticos**

Recomendación UIT-T G.661

(Anteriormente Recomendaciones del CCITT)

RECOMENDACIONES DE LA SERIE G DEL UIT-T

SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
SISTEMAS INTERNACIONALES ANALÓGICOS DE PORTADORAS	
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
EQUIPOS DE PRUEBAS	
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	
Generalidades	G.600–G.609
Cables de pares simétricos	G.610–G.619
Cables terrestres de pares coaxiales	G.620–G.629
Cables submarinos	G.630–G.649
Cables de fibra óptica	G.650–G.659
Características de los componentes y los subsistemas ópticos	G.660–G.699
SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DIGITAL	
EQUIPOS TERMINALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

**DEFINICIÓN Y MÉTODOS DE PRUEBA DE LOS PARÁMETROS
GENÉRICOS PERTINENTES DE LOS DISPOSITIVOS
Y SUBSISTEMAS DE AMPLIFICADORES ÓPTICOS**

Resumen

Esta Recomendación tiene por objeto definir los parámetros pertinentes, comunes a los distintos tipos de amplificadores ópticos y los métodos de prueba de dichos parámetros que deben seguirse, siempre que sea posible, en los dispositivos y subsistemas amplificadores ópticos considerados por las Recomendaciones UIT-T.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.661, ha sido revisada por la Comisión de Estudio 15 (1997-2000) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 13 de octubre de 1998.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución N.º 1 de la CMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión *empresa de explotación reconocida (EER)* designa a toda persona, compañía, empresa u organización gubernamental que explote un servicio de correspondencia pública. Los términos *Administración*, *EER* y *correspondencia pública* están definidos en la *Constitución de la UIT (Ginebra, 1992)*.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 1999

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

	Página
1 Alcance.....	1
2 Referencias	1
3 Abreviaturas	1
4 Definiciones.....	2
5 Métodos de prueba	7
Apéndice I – Principales diferencias entre los amplificadores de fibra óptica y los amplificadores ópticos de semiconductores	8
I.1 Observaciones generales	8
I.2 Comparación de las características ópticas de calidad de funcionamiento de los SOA y de los OFA.....	9
I.3 Aplicaciones	10

Recomendación G.661

DEFINICIÓN Y MÉTODOS DE PRUEBA DE LOS PARÁMETROS GENÉRICOS PERTINENTES DE LOS DISPOSITIVOS Y SUBSISTEMAS DE AMPLIFICADORES ÓPTICOS

(revisada en 1998)

1 Alcance

Esta Recomendación se aplica a los dispositivos y subsistemas amplificadores ópticos (OA, *optical amplifier*) que han de utilizarse en las redes de transmisión. Trata los amplificadores de fibra óptica (OFA, *optical fibre amplifier*) y los amplificadores ópticos de semiconductores (SOA, *semiconductor optical amplifier*).

Esta Recomendación tiene por objeto definir los parámetros pertinentes, comunes a los distintos tipos de OA, enumerados en la cláusula 4, y los métodos de prueba de dichos parámetros descritos en la cláusula 5, que hay que seguir, en la medida de lo aplicable, para los dispositivos y subsistemas OA tratados por las Recomendaciones UIT-T.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- Recomendación UIT-T G.662 (1998), *Características genéricas de los dispositivos y subsistemas amplificadores ópticos*.
- Recomendación UIT-T G.663 (1996), *Aspectos relacionados con la aplicación de los dispositivos y subsistemas amplificadores de fibra óptica*.
- Publicación CEI 61290 (Todas las partes – algunas todavía no han sido publicadas) – *Basic specification for optical amplifier test methods*.

3 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

ASE	Emisión espontánea amplificada (<i>amplified spontaneous emission</i>)
Bsp-sp	Anchura de banda óptica espontánea-espontánea (<i>spontaneous-spontaneous optical bandwidth</i>)
EDFA	Amplificador de fibra de silicio dopada con erbio (<i>erbium-doped fibre amplifier</i>)
F	Índice de ruido (<i>noise factor</i>)
NF	Factor de ruido (<i>noise figure</i>)

OA	Amplificador óptico (<i>optical amplifier</i>)
OFA	Amplificador de fibra óptica (<i>optical fibre amplifier</i>)
PDG	Ganancia dependiente de la polarización (<i>polarization-dependent gain</i>)
PHB	Quemadura de hueco por polarización (<i>polarization hole burning</i>)
PMD	Dispersión por modo de polarización (<i>polarization mode dispersion</i>)
SOA	Amplificador óptico de semiconductores (<i>semiconductor optical amplifier</i>)
TM	Método de prueba (<i>test method</i>)

4 Definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

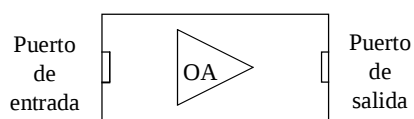
Los **amplificadores ópticos (OA, *optical amplifier*)** son dispositivos o subsistemas en los que las señales ópticas pueden ser amplificadas por medio de la emisión estimulada que tiene lugar en un medio activo adecuado. En este medio activo, se consigue y mantiene por un sistema de bombeo adecuado una inversión de la población, necesaria para favorecer la emisión estimulada con relación a la absorción.

Los OA tratados en la presente Recomendación incluyen los OFA y SOA.

Los **amplificadores de fibra óptica (OFA, *optical fibre amplifiers*)** son amplificadores ópticos en los que el medio activo está constituido con una fibra activa, dopada con iones de tierras raras, y el sistema de bombeo es óptico. Actualmente los OFA más adelantados son los amplificadores de fibra (de sílice) dopada con erbio (EDFA), en los que la fibra activa es de sílice y está dopada (o codopada) con iones de erbio.

Los **amplificadores ópticos de semiconductores (SOA, *semiconductor optical amplifier*)** son amplificadores ópticos en los que el medio activo está constituido por material semiconductor y el sistema de bombeo es eléctrico.

El OA ha de considerarse como una caja negra, tal como se muestra en la figura 1 para un dispositivo OA, con dos puertos ópticos por lo menos y condiciones eléctricas para la alimentación. Los puertos ópticos se indican normalmente como puerto de entrada y puerto de salida y pueden constar de fibras no terminadas o conectores ópticos.



Dispositivo amplificador óptico

T1520590-96

Figura 1/G.661 – Dispositivo amplificador óptico

De ahora en adelante se hará referencia a dos tipos de condiciones de funcionamiento diferentes: condiciones nominales de funcionamiento, en las que se hace un uso normal del OA, y condiciones de funcionamiento límite, en las que todos los parámetros ajustables (por ejemplo, la temperatura, la ganancia, la corriente de inyección del láser de bombeo para los OFA o la corriente de bombeo para los SOA, etc.) tienen su valor máximo, según los índices máximos absolutos establecidos.

NOTA 1 – Si uno de estos parámetros está especificado para un OA en particular, será necesario por lo general prever determinadas condiciones de funcionamiento adecuadas, tales como la temperatura, la corriente de polarización, la potencia de bomba, etc.

NOTA 2 – El OA amplifica las señales en una región de longitud de onda de funcionamiento nominal. Además, otras señales fuera de la banda de la longitud de onda de funcionamiento podrían, en algunas aplicaciones, pasar también por el dispositivo. La finalidad de estas señales fuera de banda y de su longitud de onda o región de longitud de onda puede especificarse de manera explícita caso por caso. La longitud de onda de funcionamiento, de los OFA descritos en la presente Recomendación, estará en la región de 1550 nm.

NOTA 3 – Todas las ganancias se miden por la relación, en dB, entre la señal de salida y la señal de entrada en un rabillo de fibra. Si se utilizan conectores, las señales se miden en rabillos de fibra unidos a conectores que están conectados a los puertos del OA. Los niveles medidos de potencia óptica de entrada y salida se refieren a la señal solamente y discriminan contra la radiación de bomba o de emisión espontánea.

NOTA 4 – Existe una correspondencia entre la numeración de los parámetros que se dan en esta cláusula y los métodos de prueba correspondientes que se dan en la cláusula 5.

NOTA 5 – Salvo donde se indique, las potencias ópticas mencionadas en lo que sigue se consideran como potencias medias.

NOTA 6 – En la Recomendación G.662 se dan algunas definiciones adicionales relativas a tipos específicos de OA (dispositivos OA, tales como amplificadores de potencia, preamplificadores y amplificadores de línea, y subsistemas OA, tales como transmisores y receptores con amplificación óptica).

NOTA 7 – Por lo que respecta a los OFA, la presente Recomendación se ha elaborado a partir de las experiencias con amplificadores EDFA funcionando en la región de longitudes de onda de 1550 nm. Los futuros OFA basados en distintas fibras activas y funcionando, posiblemente, en diferentes regiones de longitud de onda no quedan excluidos de esta Recomendación y pueden dar lugar a definiciones y métodos de prueba adicionales así como a modificaciones de los actualmente existentes.

4.1 ganancia de pequeña señal (aplicable solamente a los dispositivos OA): Ganancia del amplificador, funcionando en régimen lineal, en el que es totalmente independiente de la potencia óptica de la señal de entrada, para una longitud de onda de la señal y un nivel de potencia óptica de bombeo determinados, para los OFA, o corriente de bombeo, para los SOA.

NOTA – Esta propiedad puede describirse para una longitud de onda discreta o como una función de la longitud de onda.

4.2 ganancia inversa de pequeña señal (aplicable solamente a los dispositivos OA): Ganancia de pequeña señal medida utilizando el puerto de entrada como puerto de salida y viceversa.

4.3 ganancia máxima de pequeña señal (aplicable solamente a los dispositivos OA): La mayor de las ganancias de pequeña señal que puede conseguirse en condiciones nominales de funcionamiento.

4.4 longitud de onda de ganancia máxima de pequeña señal (aplicable solamente a los dispositivos OA): Longitud de onda con la que se produce la ganancia máxima de pequeña señal.

4.5 variación de la ganancia máxima de pequeña señal con la temperatura (aplicable solamente a los dispositivos OA): Cambio de la ganancia de pequeña señal al variar la temperatura dentro de una gama especificada.

4.6 anchura de banda de la longitud de onda de la ganancia de pequeña señal (aplicable solamente a los dispositivos OA): Intervalo de la longitud de onda dentro del cual la ganancia de pequeña señal es menos que N dB por debajo de la ganancia máxima de pequeña señal.

NOTA – Se ha propuesto un valor de $N = 3$.

4.7 variación de la longitud de onda de ganancia de pequeña señal (aplicable solamente a los dispositivos OA): Variación cresta a cresta de la ganancia de pequeña señal en una gama dada de longitudes de onda.

4.8 estabilidad de la ganancia de pequeña señal (aplicable solamente a los dispositivos OA): Grado de fluctuación de la ganancia de pequeña señal expresado mediante la relación (en dB) entre las ganancias máxima y mínima de pequeña señal, durante un periodo de prueba especificado, en condiciones nominales de funcionamiento.

4.9 estabilidad de salida de gran señal (aplicable solamente a los dispositivos OA): Grado de fluctuación de la potencia óptica de salida expresado mediante la relación (en dB) entre las potencias ópticas máxima y mínima de la señal de salida, durante un periodo de prueba especificado, en condiciones nominales de funcionamiento y con una potencia óptica especificada de gran señal de entrada.

4.10 ganancia dependiente de la polarización (PDG, *polarization-dependent gain*) (aplicable solamente a los dispositivos OA): Máxima variación de la ganancia debida a la variación del estado de polarización de la señal de entrada en condiciones nominales de funcionamiento.

4.11 potencia de salida de saturación (potencia de compresión de la ganancia) (no aplicable a los receptores con amplificación óptica): Potencia óptica de la señal de salida óptica por encima de la cual la ganancia se reduce en 3 dB, para los OFA, o en 1 dB, para los SOA, con respecto a la ganancia de pequeña señal a la longitud de onda de la señal.

NOTA 1 – Debe indicarse la longitud de onda para la que se especifica el parámetro.

NOTA 2 – Se indicará la potencia óptica de bombeo, para los OFA, o la corriente de bombeo, para los SOA, cuando sea aplicable.

4.12 potencia nominal de señal de salida (no aplicable a los receptores con amplificación óptica): Potencia óptica mínima de señal de salida para una potencia óptica de señal de entrada especificada en condiciones nominales de funcionamiento.

4.13 factor de ruido (NF, *noise figure*) (aplicable solamente a los dispositivos OA): Disminución de la relación señal/ruido (SNR) a la salida de un detector óptico con eficacia cuántica unitaria, debida a la propagación de una señal limitada por ruido de granalla a través del OA, expresada en dB.

NOTA 1 – Deben indicarse las condiciones de funcionamiento para las que se especifica el factor de ruido.

NOTA 2 – Esta propiedad puede describirse para una longitud de onda discreta o en función de la longitud de onda.

NOTA 3 – La degradación de ruido debido al OA puede atribuirse a distintas contribuciones, por ejemplo, ruido de batido señal-espontáneo, ruido de batido espontáneo-espontáneo, ruido de reflexiones internas, ruido de granalla de la señal o ruido de granalla espontáneo. Cada una de estas contribuciones depende de diversas condiciones que deben especificarse para evaluar correctamente el factor de ruido.

NOTA 4 – Por convenio el factor de ruido es un número positivo.

4.14 nivel de potencia de emisión espontánea amplificada hacia adelante (ASE, *amplified spontaneous emission*) (no aplicable a los receptores con amplificación óptica): Potencia óptica en una anchura de banda especificada asociada con la ASE que sale del puerto de salida, en condiciones nominales de funcionamiento.

NOTA 1 – Este parámetro tiene una importancia especial en el caso de los OA utilizados como preamplificadores o amplificadores de línea y depende sobre todo del filtro utilizado.

NOTA 2 – Deben indicarse las condiciones de funcionamiento (por ejemplo, la ganancia y la potencia óptica de la señal de entrada) para las que se especifica el nivel de emisión espontánea amplificada.

4.15 nivel de potencia de emisión espontánea amplificada inversa (no aplicable a los receptores con amplificación óptica): Potencia óptica en una anchura de banda especificada asociada a la emisión espontánea amplificada que sale del puerto de entrada, en condiciones nominales de funcionamiento.

4.16 reflectancia de entrada (no aplicable a los receptores con amplificación óptica): Fracción de la potencia óptica incidente, a la longitud de onda de funcionamiento, reflejada por el puerto de entrada del OA, en condiciones nominales de funcionamiento, expresada en dB.

4.17 reflectancia de salida (no aplicable a los receptores con amplificación óptica): Fracción de la potencia óptica incidente, a la longitud de onda de funcionamiento, reflejada por el puerto de salida del OA, en condiciones nominales de funcionamiento, expresada en dB.

4.18 reflectancia máxima tolerable a la entrada (no aplicable a los receptores con amplificación óptica): Máxima reflexión vista desde el puerto de entrada, con la que el dispositivo todavía cumple sus especificaciones.

NOTA – La medición se efectúa con una potencia óptica de señal de entrada determinada.

4.19 reflectancia máxima tolerable a la salida (no aplicable a los receptores con amplificación óptica): Máxima reflexión vista desde el puerto de salida, con la que el dispositivo todavía satisface sus especificaciones.

NOTA – La medición se efectúa con una potencia óptica de señal de entrada determinada.

4.20 fuga de bombeo hacia la salida (aplicable solamente a los OFA y no aplicable a los receptores con amplificación óptica): Potencia óptica de bombeo que se emite desde el puerto de salida del OFA.

NOTA – La medición se efectúa con una potencia óptica de señal de entrada determinada.

4.21 fuga de bombeo hacia la entrada (aplicable solamente a los OFA y no aplicable a los transmisores con amplificación óptica): Potencia óptica de bombeo que se emite desde el puerto de entrada del OFA.

NOTA – La medición se efectúa con una potencia óptica de señal de entrada determinada.

4.22 pérdida de inserción fuera de banda (aplicable solamente a los dispositivos OA): Pérdida de inserción del OA para una señal a la(s) longitud(es) de onda fuera de banda especificada(s).

NOTA – Este parámetro tiene una fuerte dependencia de la longitud de onda en los SOA.

4.23 pérdida de inserción inversa fuera de banda (aplicable solamente a los dispositivos OA): Pérdida de inserción de OA para una señal a la(s) longitud(es) de onda fuera de banda especificada(s), medida utilizando el puerto de entrada del OA como puerto de salida y viceversa.

NOTA – Este parámetro tiene una fuerte dependencia de la longitud de onda en los SOA.

4.24 consumo máximo de potencia: Potencia eléctrica que necesita y absorbe un OA que funciona dentro los índices máximos absolutos.

4.25 potencia de salida total máxima (no aplicable a los receptores con amplificación óptica): Nivel de potencia óptica más elevado en el puerto de salida de un amplificador de fibra óptica que funciona dentro de los índices máximos absolutos.

4.26 temperatura de funcionamiento: Gama de temperaturas dentro de la cual puede trabajar el OA satisfaciendo todavía todos sus valores de parámetros especificados.

4.27 conexiones ópticas: Conector y/o tipo de fibra utilizados como puertos de entrada y/o salida del OA.

NOTA – Las conexiones ópticas no tienen que ser necesariamente especificadas.

4.28 gama de potencias de entrada (aplicable solamente a los dispositivos OA): Gama de niveles de potencia óptica en los que para cualquier potencia de señal de entrada del OA dentro de esa gama, la correspondiente potencia óptica de la señal de salida se encontrará en la gama de potencia de salida especificada, donde está asegurado el comportamiento correcto del OA.

4.29 gama de potencias de salida (aplicable solamente a los dispositivos OA): Gama de niveles de potencia óptica en la que se encontrará la potencia óptica de la señal de salida del OA cuando la correspondiente potencia de la señal de entrada se halle dentro de la gama de potencias de entrada donde está asegurado el comportamiento correcto del OA.

4.30 combustión de huecos de polarización (PHB, *polarization hole burning*) (aplicable solamente a los dispositivos OA): En estudio.

4.31 dispersión del modo de polarización (PMD, *polarization mode dispersion*) (aplicable solamente a los dispositivos OA): Máxima diferencia de retardo de grupo entre cualquiera de los estados de polarización en la propagación a través del OA.

4.32 ganancia (aplicable solamente a los dispositivos OA): En un OA conectado externamente a una fibra de conexión de entrada, es el incremento que experimenta la potencia óptica de la señal entre el extremo de salida de la fibra de conexión y el puerto de salida del OA, expresado en dB.

NOTA 1 – La ganancia incluye las pérdidas por conexión entre la fibra de conexión de entrada y el puerto de entrada del OA.

NOTA 2 – Se supone que las fibras de conexión son del mismo tipo que las fibras utilizadas como puertos de entrada y salida del OA.

NOTA 3 – Debe tomarse la precaución de excluir la potencia de emisión espontánea amplificada de las potencias ópticas de la señal.

4.33 factor de ruido (F) (aplicable solamente a los dispositivos OA): Factor de ruido expresado en forma lineal.

4.34 factor de ruido señal-espontáneo (aplicable solamente a los dispositivos OA): Contribución del ruido de batido señal-espontáneo al factor de ruido.

4.35 anchura de banda óptica espontánea-espontánea (equivalente)(B_{sp-sp}) (no aplicable a los receptores con amplificación óptica): Anchura de banda óptica equivalente por la que debe multiplicarse el cuadrado de la densidad espectral de potencia de la ASE, ρ_{ase} , a la frecuencia óptica de la señal, ν_{sig} , para obtener la integral del cuadrado de la densidad espectral de potencia ASE a lo largo de toda la anchura de banda ASE, B_{ase} . Es decir:

$$B_{sp-sp} = \rho_{ase}^{-2}(\nu_{sig}) \cdot \int_{B_{ase}} \rho_{ase}^2(\nu) d\nu$$

NOTA 1 – La anchura de banda óptica espontánea-espontánea equivalente puede minimizarse utilizando un filtro óptico a la salida del OA.

NOTA 2 – Este parámetro está relacionado con la generación de ruido de batido espontáneo-espontáneo y, por consiguiente, requiere la utilización de la densidad espectral de potencia de la ASE al cuadrado.

4.36 anchura de banda de una emisión espontánea amplificada (no aplicable a los receptores con amplificación óptica): Tramo entre dos longitudes de onda en el cual se observa una disminución concreta de la amplitud espontánea amplificada (ASE) de salida con respecto al valor de cresta del espectro ASE de salida.

NOTA 1 – Una disminución de 30 a 40 dB se considera adecuada.

NOTA 2 – Debido a una posible distorsión del espectro medido (causada, por ejemplo, por fugas en el bombeo) puede que sea necesario aplicar la correspondiente extrapolación.

4.37 pérdida de inserción en banda (aplicable solamente a los dispositivos OA): En ausencia de alimentación en energía, se trata de la pérdida de inserción de la señal en el OA para una determinada longitud de onda de la señal de entrada y con un nivel de potencia de la señal reducido.

NOTA 1 – Esta propiedad puede describirse en una longitud de onda discreta o en función de la longitud de onda.

NOTA 2 – Debe tenerse la precaución de excluir la contribución ASE de la salida en las mediciones de este parámetro.

4.38 máxima reflectancia tolerable a la entrada y a la salida (aplicable solamente a los dispositivos OA): Máxima reflectancia de dos reflectores idénticos situados simultáneamente en los puertos de entrada y salida de un OA, para los cuales dicho OA sigue cumpliendo sus especificaciones.

NOTA 1 – La medición se realiza para una potencia óptica de la señal de entrada determinada.

NOTA 2 – El factor de ruido es el parámetro más sensible a la reflectancia.

4.39 rizado de ganancia (aplicable solamente a dispositivos SOA): La variación cresta a cresta de la ganancia de pequeña señal en una gama de longitudes de onda dada, con una resolución de longitud de onda de subnanómetros.

4.40 dinámica de ganancia (aplicable solamente a dispositivos SOA): La característica de tiempo e intensidades de las no linealidades del medio de ganancia.

NOTA – Esta definición queda en estudio.

5 Métodos de prueba

Según lo convenido con CEI-SC86C-WG 3, las directrices que deben seguirse para la medición de la mayoría de los parámetros definidos en la cláusula 4 figuran en general en (todas las partes) 61290 "Basic specification for OFA test methods". El cuadro 1 muestra los métodos de prueba recomendados, agrupando los parámetros de prueba en grupos homogéneos y señalando para cada grupo el número o números de la especificación básica de la CEI correspondiente.

NOTA 1 – Actualmente se está realizando una evaluación comparativa de los métodos de prueba que figuran en las especificaciones básicas de la CEI. Cuando esté disponible, se indicarán los métodos de prueba de referencia elegidos y los posibles métodos de prueba alternativos para cada uno de los parámetros correspondientes definidos en la presente Recomendación.

NOTA 2 – Los métodos de prueba indicados en las especificaciones básicas de la CEI se han preparado únicamente para los OFA. Está en estudio la extrapolación de estos métodos a los SOA.

**Cuadro 1/G.661 – Métodos de prueba recomendados
para los parámetros definidos en la cláusula 4**

Grupo de parámetros de prueba	Parámetros de la cláusula 4 correspondientes	Método de prueba (TM, test method) – Número de la especificación básica de la CEI
Parámetros de ganancia	4.1 a 4.8, 4.10, 4.32, 4.39, 4.40	61290-1-1: Optical spectrum analyser TM 61290-1-2: Electrical spectrum analyser TM 61290-1-3: Optical power meter TM
Parámetros de potencia óptica	4.9, 4.11, 4.12, 4.25, 4.28, 4.29	61290-2-1: Optical spectrum analyser TM 61290-2-2: Electrical spectrum analyser TM 61290-2-3: Optical power meter TM
Parámetros de ruido	4.13 a 4.15, 4.33 a 4.36	61290-3-1: Optical spectrum analyser TM 61290-3-2: Electrical spectrum analyser TM 61290-3-3: Pulse optical TM (en estudio)
Parámetros de reflectancia	4.16 a 4.19, 4.38	61290-5-1: Optical spectrum analyser TM 61290-5-2: Electrical spectrum analyser TM 61290-5-3: Electrical spectrum analyser TM (para la tolerancia de reflectancia)
Parámetros de fuga del bombeo	4.20, 4.21	61290-6-1: Optical demultiplexer TM
Parámetros de pérdida de inserción	4.22, 4.23, 4.37	61290-7-1: Filtered power meter TM

APÉNDICE I

Principales diferencias entre los amplificadores de fibra óptica y los amplificadores ópticos de semiconductores

I.1 Observaciones generales

El mecanismo físico que proporciona ganancia en los amplificadores ópticos de semiconductores (SOA) difiere en diversos aspectos del de los amplificadores de fibra óptica. Básicamente, los SOA son láseres de semiconductores sin la realimentación por cavidad óptica (las facetas del chip tienen un recubrimiento antirreflexión), y por tanto la inversión de la población se genera en la región activa mediante una corriente eléctrica. La emisión estimulada de fotones se produce mediante procesos de recombinación de electrones-huecos inducidos por los fotones de señal (a las longitudes de onda incluidas en la banda de amplificación del material semiconductor). La ganancia de los materiales semiconductores por unidad de longitud es mucho mayor que las fibras activas dopadas con tierras raras (REDF, *rare-earth doped active fibres*), lo cual explica las pequeñísimas longitudes de estos dispositivos: 0,5 mm frente a las decenas de metros de las REDF. Este hecho, junto con el bombeo directo mediante la corriente de polarización, hace de los SOA dispositivos muy simples y compactos en comparación con los OFA que requieren largas fibras activas, fuentes láser para bombeo óptico y diversos componentes de fibra óptica.

Además, los SOA son flexibles en cuanto a la longitud de onda de trabajo y, dependiendo de la composición del material semiconductor, pueden utilizarse en la región de la segunda (1310 nm) o tercera (1550 nm) longitud de onda, mientras que actualmente los OFA de mejor calidad suelen operar en torno a los 1550 nm.

Otra diferencia importante es que la dinámica de ganancia de los SOA es mucho más rápida que la de los OFA. El tiempo característico necesario para que la ganancia se recupere completamente suele ser de 200 ps en un SOA frente a los 0,5-10 ms en un OFA. Por consiguiente, los SOA no son inmunes a la interferencia de saturación cruzada ni a la distorsión de forma de onda provocada por la saturación, como los OFA.

La dinámica de ganancia rápida también implica que los SOA sean fuertemente no lineales cuando operan en el régimen de saturación, contrariamente a los OFA que se comportan linealmente en casi todas las condiciones de funcionamiento de interés en las telecomunicaciones ópticas. Esta característica, que puede ser perjudicial para aplicaciones de los SOA como son los amplificadores de línea en los sistemas de multiplexación por división de longitud de onda (WDM), puede resultar ventajosa en la implementación de algunas funcionalidades de sistemas importantes, tales como la conversión de longitud de onda, la conmutación óptica y la demultiplexación.

Finalmente, la geometría de las guías activas de los SOA no concuerda con la de las fibras ópticas, produciendo pérdidas de acoplamiento bastante elevadas con las fibras de la línea, y, debido a la simetría rectangular, pueden causar una ganancia marcadamente dependiente de la polarización.

Estas diferencias estructurales entre los SOA y los OFA se reflejan en la calidad de funcionamiento de los dispositivos. El objetivo de este apéndice es comparar las características de los dos tipos de amplificadores ópticos. La lista de los principales parámetros ópticos que deben considerarse para caracterizar y comparar la calidad de funcionamiento óptica de los SOA y el EDFA se recoge en I.2. En lo que sigue se dan algunas indicaciones sobre los valores que pueden asociarse con los parámetros de los SOA mencionados y una comparación con los correspondientes valores de los OFA. Los valores indicados para los OFA son los típicos para los EDFA.

De hecho los EDFA constituyen la tecnología OFA más desarrollada; la tecnología EDFA está muy implantada y los EDFA se hallan ampliamente distribuidos en el mercado desde hace varios años y son producidos por diferentes fabricantes en el mundo entero. Por otro lado, los SOA se hallan aún en la fase de R&D. Hoy día, muy pocos fabricantes los producen y la producción es muy baja. Aun cuando la tecnología de los SOA se basa en la muy acreditada tecnología de los láseres de semiconductores, varios problemas importantes relativos al embalaje, conexión de rabillos de fibra, recubrimiento antirreflexión y sensibilidad de polarización aún no han encontrado soluciones satisfactorias de producción a gran escala.

Además, las pruebas en funcionamiento real con los SOA se han iniciado recientemente y hoy día sólo hay una limitada experiencia en la utilización de los SOA en explotación real [1].

En este apéndice, sólo se tienen en consideración las características de amplificación de los SOA ya que su posible utilización para la implementación de otras funcionalidades cae fuera de su alcance.

I.2 Comparación de las características ópticas de calidad de funcionamiento de los SOA y de los OFA

Los valores de los parámetros de SOA de los que se informa en la comparación siguiente sólo son indicativos y reflejan el estado actual de la tecnología de los SOA; pueden ser objeto de cambios a medida que evolucione la tecnología de los SOA.

– Ganancia de pequeña señal

La ganancia de pequeña señal de los SOA es afectada por la pérdida de acoplamiento del amplificador de fibra (despreciable en el caso de los EDFA). Los valores típicos giran en torno a 30 dB para prototipos de laboratorio, sin incluir la pérdida de acoplamiento, y de 10-15 dB fibra a fibra para unidades comerciales unidas por rabillos de fibra. Para las unidades EDFA la ganancia de pequeña señal suele ser mayor que 30 dB.

– *Anchura de banda de longitud de onda*

La anchura de banda de longitud de onda de los SOA suele ser de 40 nm o más, comparada con los 35 nm de los EDFA. Los SOA pueden utilizarse en la segunda (1310 nm) o tercera (1550 nm) región de longitudes de onda, dependiendo de la composición del material semiconductor. Experimentos recientes con los SOA Multi Quantum Well demostraron la posibilidad de obtener una anchura de banda de longitud de onda de hasta 120 nm.

– *Variación de la ganancia de pequeña señal con la longitud de onda*

El uso de recubrimientos antirreflexión muy buenos en la faceta del chip ha permitido reducir, en SOA comerciales, la variación de ganancia de pequeña señal cresta a cresta con la longitud de onda a menos de 1 dB en la anchura de banda de longitud de onda.

– *Potencia de salida de saturación*

La potencia de salida de saturación puede ser de hasta +15 dBm para los SOA prototipo de laboratorio (fibra-fibra). Los valores obtenidos de este parámetro comienzan a ser comparables con los de las unidades EDFA comerciales (+17/+20 dBm o más).

– *Factor de ruido*

El NF de los SOA no es afectado por la pérdida de acoplamiento bastante elevada de las fibras. En módulos de laboratorio de SOA se han obtenido valores de unos 5-6 dB, mientras que en unidades comerciales conectadas por rabillos de fibra, son típicos valores de 7 a 9 dB. Valores típicos de EDFA comerciales son 5-6 dB para EDFA bombeados de 980 nm y de 6-7 dB para EDFA bombeados de 1480 nm.

– *Ganancia dependiente de la polarización (PDG)*

En los prototipos de SOA de laboratorio, la PDG se ha reducido hasta valores despreciables (0,2 dB). En los SOA comerciales, valores típicos son 2-5 dB. La PDG es despreciable en los EDFA (0,2 dB).

– *Diafonía dinámica de ganancia*

Queda en estudio.

I.3 Aplicaciones

En la fase actual de la tecnología de los SOA, las aplicaciones más adecuadas de los SOA como bloques de ganancia en los sistemas ópticos punto a punto parece ser como amplificadores de refuerzo, integrados con el láser emisor, aun cuando haya algunas limitaciones en cuanto a la potencia de salida.

Los problemas relacionados con las aplicaciones del amplificador de línea y del preamplificador (tales como sensibilidad de polarización y factor de ruido relativamente elevado) van a ser resueltos (por ejemplo, utilizando SOA fijados en ganancia [2]). Recientemente, los SOA se han utilizado con éxito como amplificadores de línea en pruebas reales a 10 Gbit/s [3]. En este experimento de transmisión, el sistema óptico se hizo funcionar a 1310 nm: no se han desarrollado hasta la fecha OFA de calidad superior.

Además, los SOA tienen un gran potencial como dispositivos funcionales en los conmutadores ópticos, para proporcionar simultáneamente ganancia y funciones de compuerta rápidas, y en otros dispositivos de procesamiento de señal (convertidores de longitud de onda, multiplexores y demultiplexores ópticos), debido a la respuesta fuertemente no lineal que presentan en régimen de saturación. Pueden también integrarse en matrices de conmutación óptica para compensar las pérdidas internas a la propia matriz.

Bibliografía

- [1] REID (J.J.) y otros: Proceedings of the 11th International Conference on Integrated Optics and Optical Fibre Communications (IOOC) and of the 23rd European Conference on Optical Communications (ECOC), vol. 1, pág. 83, Edinburgh (Reino Unido), 22-25 de septiembre de 1997.
- [2] VAN DEN HOVEN (G.N.), TIEMEIJER (L.F.): Technical Digest of Optical Amplifiers and their Applications (OAA), Invited Paper TuC1, Victoria (BC, Canadá), 21-23 de julio de 1997.
- [3] KUINDERSMA, (P.I.) y otros: Proceedings of the 11th International Conference on Integrated Optics and Optical Fibre Communications (IOOC) and of the 23rd European Conference on Optical Communications (ECOC), vol. 1, pág. 79, Edinburgh (Reino Unido), 22-25 de septiembre de 1997.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información
Serie Z	Lenguajes de programación