T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	半導体光増幅器を用いた光アクセスシステム広域・多分岐化技術に関する研究
Title(English)	A study on semiconductor optical amplifier control technologies for long-reach and high-splitting optical access network
著者(和文)	田口勝久
Author(English)	Katsuhisa Taguchi
出典(和文)	学位:博士（工学）, 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10220号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:植之原 裕行,淺田 雅洋,小山 二三夫,渡辺 正裕,宮本 智之
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10220号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	物理電子システム創造　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士　（工学） Doctor of
学生氏名： Student's Name	田口　勝久	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	植之原　裕行
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

本論文は「半導体光増幅器を用いた光アクセスシステム広域・多分岐化技術に関する研究」と題して、7 章で構成される。

第 1 章「序論」では、光アクセスシステムの更なる経済化、および適用領域の拡大に向けた、システムの広域・多分岐化技術が盛んに研究されている背景を述べ、光アクセスシステムに使われている PON システムに対応可能な光増幅器による広域・多分岐化技術を確立することの必要性を述べている。本論文では、半導体光増幅器（SOA）の小型性、経済性、および低消費電力動作特性に着目し、SOA を用いた光アクセスシステムの広域・多分岐化技術を研究対象として、検討を行うことを述べている。

第 2 章「PON システムへの SOA 適用に向けた技術課題」では、SOA を適用した光増幅 PON システムにおける、システム動作領域の制限要因を数値解析により明らかにし、上り信号増幅用 SOA においてはシステムダイナミックレンジが大きく制限されること、および下り信号増幅用 SOA においてはパターン効果に起因する Surge 限界の制限が支配的であることを示している。さらに、TWDM-PON システムの抜本的な多分岐化の実現に向け、ONU 用波長可変バースト送信器に要求されるバーストオフレベル特性を数値計算により示している。

第 3 章「波長変換型 ALC による動作領域拡大技術」では、上り信号増幅用 SOA のシステム動作領域拡大に向けて、相互利得変調（XGM)を活用した波長変換型自動レベル制御（ALC)技術を提案し、中継光増幅 GE-PON システムにおいては、伝送路中に設置される光増幅器に波長変換型 ALC 機能を具備することにより、システムロスバジェットを最大 55.0 dB まで拡大しつつ、17.0 dB のシステムダイナミックレンジを確保できることを実証している。また、局置構成光増幅 GE-PON システムへの提案技術適用では、25 nm の信号波長範囲に対して、最小受信感度を-35.0 dBm まで拡大しつつ、25.0 dB の入力信号パワーダイナミックレンジを達成している。

第 4 章「SGC 光を用いたパターン効果抑圧技術」では、Surge 限界によって制限される下り方向のシステム動作領域の拡大に向けて、O/E/O 変換器か生成される同期ゲインクランプ（SGC)光を用いた、SOA のパターン効果抑圧技術を提案し、中光増幅 GE-PON システム下り信号増幅においては、アクセス区間のロスバジェットを 40 dB 確保しつつ、トランク区間の伝送距離を 51.8 km まで拡大可能であることを実証している。さらに Cyclic AWG を用いた TWDM-PON 用 ONU の高出力化向けたブースタ SOA への適用においては、CWDM 周波数グリッドに準拠した 60 nm にわたる 4 波長分の上り信号波長範囲 に対して、良好なパターン効果抑圧特性が得られることを明らかにし、上りロスバジェットを中継光増幅器なしで 40 dB 以上に拡大できることを示している。

第 5 章「ONU 高性能化に向けた SOA バースト制御技術」では、TWDM-PON の抜本的な多分岐化に対応するため、ONU に搭載する波長可変バースト光送信器の高出力、および低バーストオフレベル化に対応すべく、ブースタ SOA の利得ピーク離調によるパターン効果緩和、およびブースタ SOA のバースト制御によるバーストオフレベル低減技術について提案している。パターン効果緩和技術においては、信号光波長に対して短波長側に利得ピーク波長を有するブースタ SOA を適用することにより、パターン効果による波形歪みを効率よく緩和できることを明らかにしている。また、バーストオフレベル低減技術は、波長可変バースト光送信器に搭載したブースタ SOA を逆バイアス電圧制御することで、バーストオフレベル特性を-56.0 dBm まで低減できることを明らかにし、さらに多分岐化 TWDM-PON におけるクロストークペナルティ特性を実験により評価し、クロストークによるパワーペナルティを 0.1 dB 以下に抑えつつ、分岐数を 256 分岐まで拡大できることを示している。

第 6 章「今後の展望」では、標準化が始まろうとしている 100G-EPON や、将来の PON システムとして要素技術の研究開発が進められているデジタルコヒーレント技術を適用した PON システムなどに対する、本論文の提案技術の有効性、および SOA に対する期待について述べている。

第 7 章「結論」では、本研究で得られた成果を述べている。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	物理電子システム創造　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of　（工学）
学生氏名： Student's Name	田口　勝久	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	植之原　裕行
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

This thesis consists of 7 chapters titled "A study on semiconductor optical amplifier control technologies for long-reach and high-splitting optical access network".

Chapter 1 provides the historical and technical background to the development of optical fiber communication systems and optical access networks.

Chapter 2 analytically investigates limiting factors of applicable area as regards semiconductor optical amplifier (SOA) based optically-amplified 10 Gibt/s class TDM-PON systems and discusses technical issues for limiting factors mitigation techniques. Moreover, requirement performance of burst-off-level power in wavelength tunable burst-mode ONU transmitter for high splitting TWDM-PON is also analytically investigated and technical issues are discussed.

Chapter 3 proposes the cross gain modulation (XGM) based automatic level control (ALC) technology for upstream burst signal amplification in optically-amplified TDM-PON systems. Experimental results shows that our proposed XGM-ALC based upstream amplification configuration have the ability to achieve the maximum loss budget of over 55.0 dB with very wide loss budget ranges for both access and trunk spans.

Chapter 4 proposes a simple pattern effect suppression technique for downstream SOA repeater and booster SOA in ONU transmitter. The synchronized gain clamping (SGC) light injection technique is applied to an SOA mainly consisting of an O/E/O converter. The feasibility of the technique is confirmed experimentally by applying it to a downstream amplification repeater in a GE-PON and upstream booster amplifier in ONU transmitter for 10G-EPON and TWDM-PON. For the GE-PON repeater a large access span loss budget of over 40 dB was achieved with a trunk span distance of 51.8 km. Moreover, the loss budget of TWDM-PON is increased to over 40 dB by using high output power ONU transmitter without PON repeater.

Chapter 5 proposes a high output power and low burst-off-level power wavelength tunable ONU burst-mode transmitter for the high splitting TWDM-PON. Proposed wavelength tunable ONU bust-mode transmitter utilizes a bust-mode booster SOA with reverse bias voltage control technique that creates the optical power absorption effect by reverse bias voltage operation in burst-off-level state. High output power of +9.0 dBm and low burst-off-level power of -64.2 dBm are successfully achieved. Its measured performance meets the crosstalk penalty requirement, under 0.1 dB, for a 256-split TWDM-PON.

Chapter 6 shows the prospect for SOA application in future optical access networks.

Chapter 7 shows a summary of this thesis.

備考 ： 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).