

注 意 事 項

- 1 試験開始時刻 14時20分
- 2 試験種別終了時刻

試験科目	科目数	終了時刻
「電気通信システム」のみ	1科目	15時40分
「専門的能力」のみ	1科目	16時00分
「専門的能力」及び「電気通信システム」	2科目	17時20分

- 3 試験種別と試験科目別の問題(解答)数及び試験問題ページ

試験種別	試験科目	申請した専門分野	問題(解答)数					試験問題ページ
			第1問	第2問	第3問	第4問	第5問	
線路主任技術者	専門的能力	通信線路	8	8	8	8	8	線1～線16
		通信土木	8	8	8	8	8	線17～線29
		水底線路	8	8	8	8	8	線30～線44
	電気通信システム	専門分野にかかわらず共通	問1から問20まで					20 線45～線48

- 4 受験番号等の記入とマークの仕方

- (1) マークシート(解答用紙)にあなたの受験番号、生年月日及び氏名をそれぞれ該当枠に記入してください。
- (2) 受験番号及び生年月日に該当する箇所を、それぞれマークしてください。
- (3) 生年月日の欄は、年号をマークし、生年月日に1けたの数字がある場合、十の位のけたの「0」もマークしてください。

[記入例] 受験番号 01CF941234

生年月日 昭和50年3月1日

受 験 番 号									
0	1	C	F	9	4	1	2	3	4
0	A	A	0	0	0	0	0	0	0
1	B	B	1	1	1	1	1	1	1
2	C	C	2	2	2	2	2	2	2
3	D	D	3	3	3	3	3	3	3
4	E	E	4	4	4	4	4	4	4
5	F	F	5	5	5	5	5	5	5
6	G	G	6	6	6	6	6	6	6
7	H	H	7	7	7	7	7	7	7
8			8	8	8	8	8	8	8
9			9	9	9	9	9	9	9

生 年 月 日									
年 号	5	0	0	3	0	1			
平成	0	1	1	0	1	0	0	0	0
昭和	1	1	1	1	1	1	1	1	1
大正	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	9	9	9	9	9	9	9	9	9

- 5 答案作成上の注意

- (1) マークシート(解答用紙)は1枚です。2科目の解答ができます。
「専門的能力」は薄紫色(左欄)、「電気通信システム」は青色(右欄)です。
- (2) 解答は受験する試験科目の解答欄の正解として選んだ番号マーク枠を、黒の鉛筆(HB又はB)で濃く塗りつぶしてください。
ボールペン、万年筆などでマークした場合、採点されませんので、使用しないでください。
一つの問いに対する解答は一つだけです。二つ以上マークした場合、その問いについては採点されません。
マークを訂正する場合は、プラスチック消しゴムで完全に消してください。
- (3) 免除科目がある場合は、その科目欄は記入しないでください。
- (4) 受験種別欄は、あなたが受験申請した線路主任技術者(『線 路』と略記)を○で囲んでください。
- (5) 専門的能力欄は、『通信線路・通信土木・水底線路』のうち、あなたが受験申請した専門的能力を○で囲んでください。

- 6 合格点及び問題に対する配点

- (1) 各科目の満点は100点で、合格点は60点以上です。
- (2) 各問題の配点は、設問文の末尾に記載してあります。

- 7 登録商標などに関する事項

- (1) 試験問題に記載されている会社名又は製品名などは、それぞれ、各社の商標または登録商標です。
- (2) 試験問題では、® 及び ™ を明記していません。
- (3) 試験問題の文中及び図中などで使用しているデータは、すべて架空のものです。

マークシート(解答用紙)は、絶対に折り曲げたり、汚したりしないでください。

次ページ以降は試験問題です。試験開始の合図があるまで、開かないでください。

受 験 番 号									
(控 え)									

(今後の問い合わせなどに必要になります。)

試 験 種 別	試 験 科 目	専 門 分 野
線路主任技術者	専門的能力	通信線路

問 1 次の問いに答えよ。

(小計 20 点)

- (1) 次の文章は、メタル伝送系における雑音の種類と特徴について述べたものである。 内の(ア)～(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、 内の同じ記号は、同じ解答を示す。 (2点×4＝8点)

メタル伝送系では、信号伝送を妨害する種々の不要な信号が混入してくるが、これらは総称して回線雑音といわれる。回線雑音は、伝送系内部で発生する雑音と、伝送系外部から侵入する雑音とに分けられる。

さらに、伝送系内部で発生する雑音は、伝送系において信号を伝送していないときにも既に存在する (ア) と、信号の伝送を行ったときに発生する (イ) とに分けることができる。

(ア) は、入力信号の有無にかかわらず混入する雑音であり、主に増幅器や変調器などの能動回路で発生し、熱雑音などが支配的である。

(イ) は、増幅器や変調器で用いられるダイオード、トランジスタなどの素子の (ウ) によって生ずる高調波ひずみによる雑音である。

また、 (ア) は、入力電力のレベルが高くなるほど改善されるが、 (イ) は、この逆であるため、増幅器、変調器の入力レベルには、S/N比が最大となる入力レベル値が存在する。

一方、伝送系外部から侵入するものとしては、他の通信線路からの (エ) 、あるいは、電気鉄道などの強電流施設から静電的、電磁的に通信路に入る誘導雑音などがある。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

反 響	漏話雑音	ビート雑音
直線性	等価増幅機能	時々断
A S E 雑音	非直線性	識別再生機能
光 / 電気変換	基本雑音	準漏話雑音

- (2) 次の文章は、メタル伝送系の雑音と漏話などについて述べたものである。 内の(オ)～(ク)に適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。

(3点×4＝12点)

- () メタル伝送系における雑音の発生原因などについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、 (オ) である。

＜(オ)の解答群＞

導体中の自由電子が、熱運動し、ランダムな電荷の移動に伴いランダムな電圧が誘導され、その熱的じょう乱運動により発生する雑音は、熱雑音といわれる。

外部からの誘導により発生する雑音の一つとして、非定常的に発生する雑音は、ショット雑音といわれる。

アクセス回線の架空平衡対ケーブルが、放送送信アンテナからの放送波の受信アンテナとなり、電圧が誘起される雑音は、放送波誘導雑音といわれる。

伝送系の入力側に加えられた信号波形と出力側に現れる信号波形が異なる現象は、ひずみといわれ、減衰ひずみ、位相ひずみなどがある。

() 漏話の定義と種類について述べた次の A ～ C の文章は、(力)。

A 伝送路で発生する漏話は、平衡対ケーブルなどにおいて誘導対から被誘導対への電気的な結合により発生するもの、同軸ケーブルなどの不平衡性に基づく導電結合により発生するものなどがある。これらのうち、電気的な結合により発生する漏話には、図の受信側に現れる近端漏話と図の送信側に現れる遠端漏話がある。

B 図に示すように、それぞれ整合終端された誘導回線、被誘導回線の 2 回線において、誘導回線の送端及び受端の電圧、電流を V_{10} 、 I_{10} 及び V_{11} 、 I_{11} 、被誘導回線の両端に現れる電圧、電流を V_{20} 、 I_{20} 及び V_{21} 、 I_{21} とすると、漏話減衰量(単位は、[dB])とする。)は、次式で定義される。なお、図中の Z_1 、 Z_2 は、特性インピーダンスとする。

$$\text{近端漏話減衰量} = 10 \log_{10} \left| \frac{V_{10} I_{10}}{V_{21} I_{21}} \right| \quad \text{遠端漏話減衰量} = 10 \log_{10} \left| \frac{V_{10} I_{10}}{V_{20} I_{20}} \right|$$

C デジタル伝送方式における 2 線時分割伝送回線では、通信事業者の設備センタから送出するバースト信号の位相をすべて同期させているため、同一設備センタを送端とする 2 線時分割伝送方式の回線相互では、遠端漏話雑音と比較して近端漏話雑音の方が雑音の影響が大きい。

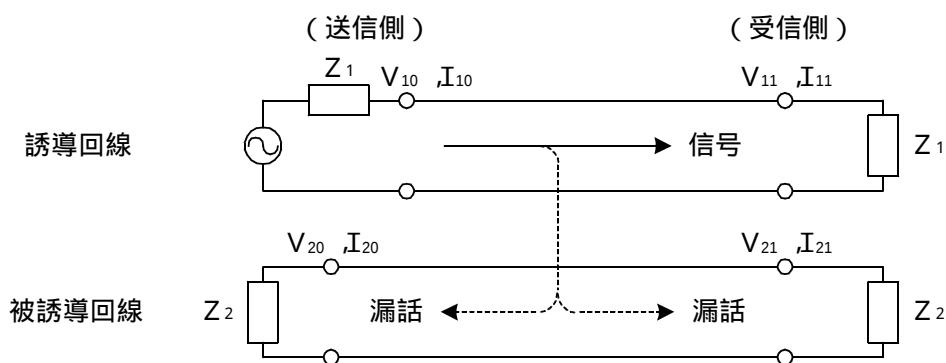


図 漏話の概念図

〈(力)の解答群〉

A のみ正しい

B のみ正しい

C のみ正しい

A、B が正しい

A、C が正しい

B、C が正しい

A、B、C いずれも正しい

A、B、C いずれも正しくない

() 漏話の発生原因と特性などについて述べた次の A ～ C の文章は、(キ)。

- A 平衡対ケーブルの漏話は、主として 2 回線間の静電結合及び電磁結合によって生ずる。これらのうち、静電結合による漏話の大きさは、静電結合の大きさに比例し、ペア違いなど誤接続した場合やカッドくずれが起きた場合は、静電結合が大きくなるため、漏話も大きくなる。
- B 同軸ケーブルでは、導電的結合漏話が発生するが、静電結合及び電磁結合による漏話は発生しない。また、同軸ケーブルでは、周波数が高くなるに従って、表皮効果により、漏話が減少する。
- C 平衡対ケーブルにおける漏話減衰量は、高周波になるに従い、遠端漏話ではオクターブ当たり 6 [dB]、近端漏話では 4.5 [dB] の減少傾向を示す。また、遠端漏話減衰量は、線路長には無関係であるが、近端漏話減衰量は、線路長が長くなるに従い増大する。

＜(キ)の解答群＞

A のみ正しい	B のみ正しい	C のみ正しい
A、B が正しい	A、C が正しい	B、C が正しい
A、B、C いずれも正しい	A、B、C いずれも正しくない	

() 誘導妨害に対する軽減対策などについて述べた次の文章のうち、正しいものは、(ク)である。

＜(ク)の解答群＞

強電流施設による誘導には、静電誘導と電磁誘導の二つがあり、その特徴は異なる。静電誘導は、電流成分を誘導源とする現象であるが、電磁誘導は、電圧成分を誘導源とする現象である。

電磁誘導を減少させる有効な方法は、妨害源となる送電線などと通信線との離隔距離を十分にとることである。また、やむを得ずに交差する場合は、交差部をできる限り直角にすることが有効な方法である。

電磁誘導軽減対策として、架空線路を地下化し、ケーブルを金属管路へ収容する方法、アルミ被誘導ケーブルなどを使用することにより、遮へい係数を増加させる方法がある。

誘導雷サージは、線路近傍に落雷した雷放電電流の電磁界によって通信線路に発生するものである。誘導雷サージによる故障防止対策としては、金属シース付きケーブルを使用するとともに、金属シースは大地と絶縁させる必要がある。

- (1) 次の文章は、光ファイバ通信に用いられる光源の概要について述べたものである。 内の(ア)～(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、 内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4＝8点)

光ファイバ通信に用いられる光源には、発光ダイオード(LED)とレーザダイオード(LD)の2種類がある。これらの光源はいずれも物質内における電子のエネルギー状態の変化を利用して光を発生させるが、その発光メカニズムはそれぞれ異なっている。

一般に、物質内の電子は、固有のエネルギー準位をとることが知られているが、高いエネルギー準位 E_1 と低いエネルギー準位 E_2 を考えたとき、準位 E_1 から準位 E_2 へ、あるいはその逆へ電子が遷移すると、それぞれの遷移に応じて光の放出や吸収が生ずる。LEDは、準位 E_1 から準位 E_2 への遷移による (ア) を利用して光を発生させるものであり、このとき発生する光の周波数 f は式1で与えられる。

$$f = \frac{E_1 - E_2}{h} \quad [\text{Hz}] \quad \cdots \cdots (\text{式1})$$

ここで、 h はプランク定数である。

LDでは、光を発光する条件である (イ) 状態にある多数の電子が、式1の条件を満たす周波数の入射光をきっかけとして、一斉に、入射光と一定の関係を持った周波数の光を出す、いわゆる (ウ) を利用して光を発生させるものである。持続的に光を放出させるためには、常に放出が吸収を上回るようにする必要がある、この (イ) 状態を実現させるため、低い準位の電子にエネルギーを与えて高い準位に励起している。

LDは、LEDと比較して高出力な発光が可能であり、発光スペクトル幅も小さく、応答速度が速いため高速、広帯域伝送に適している特徴を持つ。LDには、特に強い波長選択性で縦モードの発生数を抑制した (エ) などの種類がある。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

ファブリペロー形レーザダイオード	基 底	光電効果
Nd-YAGレーザ	誘導放出	光カー効果
アバランシホトダイオード	反転分布	励起吸収
分布帰還形レーザダイオード	熱平衡	光電管
自然放出		

(2) 次の文章は、発光素子の構造、特性などについて述べたものである。 内の(オ)～(ク)に適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。(3点×4=12点)

() 発光素子の構造について述べた次の文章のうち、誤っているものは、 (オ) である。

〈(オ)の解答群〉

レーザダイオードは、一般に、ダブルヘテロ接合構造を用いており、発光部の活性層の光導波作用により光を閉じ込め、ファブリペロー共振器といわれる2枚の反射鏡の間を共振させることにより増幅し、光を出力する構造を持つ。

発光ダイオードは、一般に、レーザダイオードと同様にダブルヘテロ接合構造を用いているが共振回路がなく、接合面に垂直に光を取り出す面発光型などがある。

共振回路の軸方向に垂直な面内の電界分布により形成される発光パターンは、一般に、横モードといわれる。この横モードの制御は、レーザダイオードから光ファイバへ効率よく光を導くために重要な技術の一つであり、電極を狭^あ隘な帯状であるストライプ形といわれる構造にすることで、発光スポットを1か所に絞り、単一モード化を実現している。

発光素子から光ファイバのコア内に光を導くための結合方法として、幾つかの方法があり、基本的には、光ファイバの先端を直接近づける直接結合方式をベースに、独立したレンズを用いる個別レンズ方式及び光ファイバの先端をレンズ状にした先端レンズ方式などがある。一般に、光ファイバのNAの値が大きいほど発光素子との結合効率は低くなる。

() 発光素子の特性について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

A レーザダイオードは、非直線的な電流 - 光出力特性を持ち、注入電流が一定のしきい値を超えところでレーザ発振が発生し、光出力が急激に増大する。

B レーザダイオードの発振波長は、化合物半導体の組成比によって決まる。一般に、化合物半導体は、ガリウム、インジウム、ヒ素、リンを組み合わせている。また、製造した半導体光源の発振波長の精密な制御は、半導体光源にペルチェ素子を取り付け、ペルチェ素子に流れる電流量を制御することにより、半導体光源の温度を調整して実現している。

C 発光ダイオードやレーザダイオードは、注入電流のON/OFFにより発光及び消光を制御している。一般に、発光ダイオードの応答速度は、発光素子中の注入キャリアのライフタイムに依存しており、注入電流を切ったときに注入キャリアが消滅するまでの時間が長いほど、電流波形に対し発光波形が迅速に応答する。

〈(カ)の解答群〉

Aのみ正しい

Bのみ正しい

Cのみ正しい

A、Bが正しい

A、Cが正しい

B、Cが正しい

A、B、Cいずれも正しい

A、B、Cいずれも正しくない

() 受光素子の特性について述べた次の A ~ C の文章は、(キ)。

- A 半導体受光素子には、P I N ホトダイオードやアバランシホトダイオードなどがある。アバランシホトダイオードは、P I N ホトダイオードと比較して必要とする印加電圧が大きい。
- B P I N ホトダイオードは、半導体の p 側にマイナス電圧、n 側にプラス電圧を印加した逆バイアス状態の p n 接合部に光を照射すると、電子 - 正孔対が生成されて、電子は p 側領域、正孔は n 側領域へドリフトするため、これを外部に取り出すことにより入射光電力に比例した電流が得られる。
- C アバランシホトダイオードは、半導体中の電子 - 正孔対のなだれ増倍作用により、P I N ホトダイオードと比較して小さな入射パワーの光を検出することができ、受光感度を高くすることができるが、構造が複雑である。

〈(キ)の解答群〉

A のみ正しい	B のみ正しい	C のみ正しい
A、B が正しい	A、C が正しい	B、C が正しい
A、B、C いずれも正しい	A、B、C いずれも正しくない	

() 受光素子における雑音の種類と特徴について述べた次の文章のうち、正しいものは、(ク) である。

〈(ク)の解答群〉

受光素子により検出された微弱な光電流は、検出器に接続された負荷抵抗の両端の電圧として取り出されるが、このとき抵抗体内部の自由電子などのキャリアが熱エネルギーによってランダムな運動を行うため、抵抗体内部において不規則な電圧変動によりショット雑音が発生する。

受光素子においては、電子が時間的又は空間的に不規則に励起されるために生ずる光電流のゆらぎによっても雑音が発生する。この雑音は量子雑音といわれ、一般に、アバランシホトダイオードと比較して P I N ホトダイオードの方が顕著に発生する。

アバランシホトダイオードでは、同じ受光レベルにおいて印加する逆電圧を大きくし電流増倍率を増大させると、出力信号が大きくなるが、全雑音電力も大きくなる。また、増倍率自体のゆらぎによっても新たな雑音が発生し、この雑音は、過剰雑音といわれる。

ホトダイオードにおいて S N 比を上げるには、暗電流をできるだけ小さくする必要がある。また、非常に微弱な光を検出する場合には、熱雑音電力がショット雑音電力と比較してはるかに小さいため、ショット雑音の影響が大きくなる。

- (1) 次の文章は、光ファイバの接続損失について述べたものである。 内の(ア)～(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、 内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4＝8点)

光ファイバ同士を接続したとき、さまざまな要因によりミスマッチングが生じて、光パワーは、 (ア) 又は反射されて損失となる。これは接続損失といわれ、その要因は次のとおりである。

異なった種類の光ファイバを接続した場合、それぞれの光ファイバが伝搬できるモードの数が異なることから、光パワーの伝達に異方性が生ずる。例えば、マルチモード光ファイバ同士を接続した場合でも、伝搬が可能なモード数が異なり、伝搬可能なモード数が多い光ファイバから伝搬可能なモード数が少ない光ファイバに向けて、光パワーが伝搬されるとき、 (イ) のモードは伝搬できないことから、接続部で (ア) 又は反射されて損失となる。したがって、光ファイバの接続は、同種類の光ファイバ同士を接続することが原則である。

また、同種類の光ファイバを接続した場合でも、両方の光ファイバの (ウ) の軸ずれがあることにより接続損失が発生する。さらに両方の光ファイバが、一直線ではなく折れ曲がって接続されると接続損失が発生する。この場合、シングルモード光ファイバの (エ) は、マルチモード光ファイバと比較して小さいことから、同じ折れ曲がり角で接続された場合、シングルモード光ファイバの方が損失は大きくなる。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

N A	M T	S N	照 射
コア	屈折率	高 次	低 次
クラッド	放 電	分 散	放 射

(2) 次の文章は、光ファイバ通信の構成要素について述べたものである。 内の(オ)～(ク)に適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。(3点×4＝12点)

() 光ファイバの接続方法の種類と特徴について述べた次の文章のうち、誤っているものは、(オ) である。

〈(オ)の解答群〉

現在の主要な光ファイバ接続技術には、融着接続、メカニカルスプライス接続及びコネクタ接続があり、場合に応じて使い分けられている。これらのうち、融着接続は、対向させた光ファイバの端面を加熱溶融させ、一体化させることから、一般に、接続点における接続損失が小さい利点がある。

融着接続は、熱源として放電の利用が一般的であり、放電部分の熱分布を平坦化し、かつ、放電範囲を広げるための高周波放電技術が用いられている。さらに、接続する直前に光ファイバの端面をわずかに溶かし、端面を整形することにより接続の成功率を高める予加熱融着技術が用いられている。

メカニカルスプライス接続は、光ファイバの端面を突き合わせた状態で固定・把持して接続する方法である。表面に凹凸のない直線状の溝と押さえ板の間にできる空間に、光ファイバを沿わせて固定し、光ファイバの端面同士の間には屈折率整合剤を注入して接続する。光ファイバの軸合わせは、光ファイバの外径を基準とするため、光ファイバのコアに偏心があると接続損失が大きくなる。

光ファイバの再接続が予想される接続箇所では、着脱可能なコネクタ接続が用いられる。コネクタ接続では、接続損失の要因となる反射を抑制するために、接続端面を凹球面状に研磨している。凹球面研磨されたコネクタは、一般に、P C (physical contact)といわれ、反射と接続損失を低減するうえで効果的なコネクタである。

() 光ファイバ接続時の留意事項について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 融着接続における光ファイバの溶融方法には、アーク放電、レーザ光などによる方法があるが、接続の作業性、信頼性などの点からアーク放電を用いた方法が一般に行われている。
- B 融着接続の手順は、①光ファイバの被覆除去、②光ファイバの切断、③光ファイバの軸合わせ、④光ファイバの融着、⑤光ファイバ接続部の補強の順で実施される。これらのうち、光ファイバの切断は、融着機にて光ファイバ端面を溶かして接続することから、一般に、ニッパを使用して切断している。
- C 融着接続時における光ファイバの軸合わせ方法には、固定V溝を使用して光ファイバの外径を合わせる方法と、可動V溝を使用してコア軸を合わせる方法とがある。光ファイバの接続後において、コア同士が完全に均一に接続されていない場合は、一方のコアから出た光の一部が他方のコアに入射できず光損失となる。この要因には、光ファイバの端面の分離、コアの軸ずれ、端面の不均一性などがある。

〈(カ)の解答群〉

Aのみ正しい	Bのみ正しい	Cのみ正しい
A、Bが正しい	A、Cが正しい	B、Cが正しい
A、B、Cいずれも正しい	A、B、Cいずれも正しくない	

() 光合分波方法の種類と特徴について述べた次の A ～ C の文章は、(キ)。

- A 誘電体多層膜を用いた方法は、ガラス基盤に波長透過(又は反射)特性のある金属酸化膜を蒸着したもの(誘電体多層膜フィルタといわれる。)を棒状のレンズと組み合わせて合分波させるものである。この方法は、誘電体多層膜フィルタの透過率が、波長により変化することを利用している。なお、合分波する波長数が少ないほど構造が簡単であり、その挿入損失も少ないという特徴がある。
- B 光ファイバを用いた方法は、光ファイバを融着しない状態で、2本平行に並べることで、コア間での光のやり取りが発生することを利用して合分波させるものである。この方法は、一方の光ファイバよりコア内の光がクラッドに漏れ出した後、再び他方の光ファイバのコア内に入る現象を利用している。
- C 光導波路を用いた方法の一つとして、基板上に光ファイバのコアとクラッドに相当する薄膜を形成し、光を導波させる導波路により合分波させる方法がある。この方法は、同じ形状の2本の光導波路を一定の長さで平行に配置したとき、一方の導波路に流れる光が他方の導波路に移ることを利用している。

〈(キ)の解答群〉

Aのみ正しい	Bのみ正しい	Cのみ正しい
A、Bが正しい	A、Cが正しい	B、Cが正しい
A、B、Cいずれも正しい	A、B、Cいずれも正しくない	

() 光分岐・結合器と光スイッチの種類と特徴について述べた次の文章のうち、正しいものは、(ク)である。

〈(ク)の解答群〉

光分岐・結合器は、一つの信号を複数に分岐したり、逆に複数の信号を一つに結合したりする機能を持つ光部品である。光分岐・結合の方法としては、ハーフミラー、レンズ、光ファイバ、光導波路などを用いたものがある。ハーフミラーとレンズとで構成される光分岐・結合器は、サイズが大きくなる欠点はあるが、分岐数が増えても光損失が増加しないという利点がある。

光導波路を用いた方法としては、Y分岐が基本となる。Y分岐は非常に単純な構造であり、ほとんど波長依存性が無いなどの利点がある。しかし、低損失で均一に分岐させるためには、分岐部の精密加工技術が必要となる。また、分岐数を増やす方法としては、Y分岐を多段に接続する方法がある。

光スイッチは、光伝送路中に挿入することにより光路を切り替えるものであり、高信頼性を要求されるシステムの故障回避などに用いられる。光スイッチのうち、非機械的光スイッチは、可動部を全く持たず電界や電波あるいは温度により入力から出力間の光導波路の光導波路長を変化させて、光路の切り替えを行うものである。

機械的光スイッチは、非機械的光スイッチと比較して切り替え速度が早く、低損失であるため、1入力2出力間(又は2入力1出力間)を切り替える1×2光スイッチをはじめとして、1×4光スイッチ、2×2光スイッチ、8×8光スイッチなど各種のタイプがある。

- (1) 次の文章は、屋外線路設備に発生する金属腐食について述べたものである。 内の (ア)～(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。 (2 点 × 4 = 8 点)

屋外線路設備は、様々な厳しい環境下におかれており、特に金属材料を使用している設備では、腐食対策が設備の長期信頼性の確保において重要な課題となる。

一般に、地下鉛被ケーブルや埋設金属体が、土壌又は地下水に接した状態におかれると腐食を受けるのが通常である。この場合、主な腐食の原因として、直流電気鉄道などからの (ア) により生ずる電食と、それ以外で、埋設金属体の表面に形成される (イ) 作用による腐食など人為的電気設備以外の要因で生ずる自然腐食とに分類できる。一般に、これらは総称して電気化学腐食といわれる。この電気化学腐食の基本的な対策としては、腐食発生原因の除去、埋設金属体への電流打ち消し、電流の遮断などがある。

架空構造物では、大気中の酸素が水と反応して腐食を発生させ、特に海塩粒子や腐食性ガスなどが存在する場合、その反応は著しく促進される。

海塩粒子による影響は、海塩粒子の付着により、金属表面の吸湿性が増すとともに、水膜の (ウ) が高くなり腐食反応が促進される。

腐食性ガスの代表的なものである亜硫酸ガス、二酸化窒素、塩素などの (エ) ガス類は、金属表面上の水膜に溶け込んで腐食を促進する。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

局部電池	誘電率	突入電流	二次電池
導電率	迷走電流	電磁誘導	静電誘導
可溶性	熱電流	光触媒	不溶性
抗酸化	プラズマ電流		

(2) 次の文章は、通信用の地下埋設物及び架空構造物の腐食、設備劣化について述べたものである。

内の(オ)～(ク)に適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。

(3点×4＝12点)

() 地下埋設物の腐食について述べた次の文章のうち、誤っているものは、 (オ) である。

〈(オ)の解答群〉

マンホール内の金物において、ケーブル受金物、筋金物及びプーリングボルトの溜水に浸かっている部分だけが腐食することがある。この原因の一つとして、異なる種類の金属材料が溜水を介して電氣的に接触し、腐食を発生することが挙げられる。このような現象は、異種金属接触腐食といわれる。

とう道やマンホールの鉄筋コンクリートの壁において、比較的短期間に内部の鉄筋が錆びて膨張し、コンクリートを押し上げて局部的に壁のはく離が生ずる場合がある。補修方法としては、鉄筋の錆を取り除いた後、プライマの塗布、埋戻し、化粧仕上げなどを行う。

P E C ケーブルにおいて、マンホール内や管路内の溜水によりケーブル外被に腐食が発生する場合がある。これは、溜水中に含まれる腐食性の強い硝酸イオン、塩素イオンなどが、P E C ケーブルとマンホールや管路とのすきまにおいて濃縮することにより発生する現象である。

防食鋼管は、配管用炭素鋼管の内外面に合成樹脂塗料を焼付け塗装したものであり、金属管の中でも腐食に強く、主として電柱などへの引上げ管や橋梁添架区間に適用されている。しかし、現在は、腐食しない軽量で取扱いが容易な硬質ビニル管が、新設管路に広く使われている。

() 架空構造物の腐食について述べた次のA～Cの文章は、 (力) 。

A 鋼管柱では、張り紙防止シートや番号札の裏側にすきま腐食が発生することがあり、この場合の補修方法としては、腐食成分を含まないポリウレタン系塗料及びニトリルゴム系接着剤などを使用する方法がある。

B 下部支線の腐食は、一般に、埋設深度が浅いほど腐食が激しい傾向がある。これは地中の浅い所の方が、深い所と比較して通気性が良いためである。この対策としては、被覆強度が強く、耐衝撃性の高い有機塗覆を施した防食タイプの支線アンカ及び支線ロッドを使用することにより、腐食による被害を少なくする対策が講じられている。

C 吊り線とアースクランプの間に腐食生成物や異物が蓄積すると、電氣的接続が不完全になる場合がある。この状態において、表面に付着した水分を介して電流パスが形成され、陰極となった金属が電解腐食により溶出し腐食が進行する場合がある。この腐食は、アースクランプ部での破断原因の一つであるといわれている。

〈(力)の解答群〉

Aのみ正しい

Bのみ正しい

Cのみ正しい

A、Bが正しい

A、Cが正しい

B、Cが正しい

A、B、Cいずれも正しい

A、B、Cいずれも正しくない

() 腐食防止対策について述べた次の A ～ C の文章は、(キ)。

- A 塗装は、金属を塗膜で覆って腐食の原因となる水や酸素を遮断することにより腐食を防止する方法であり、膜厚が 0.05 ～ 0.2 [mm] 程度の一般的な塗装と、膜厚を 1 ～ 2 [mm] として更に耐食性を向上させた有機ライニングとに大別される。塗膜は紫外線などによって劣化するので、定期的な塗装替えによるメンテナンスを行うことが重要である。
- B 電気防食は、電流を金属に流入させることにより腐食を防止する方法である。電流を流す方法には、専用の電源装置を用いる方法と、亜鉛やマグネシウムなどの流電陽極を取り付けて、金属間の電磁誘導を利用して電流を流す方法とがある。電気防食は、水中や土壌中での金属の腐食防止に有効である。
- C 塗装や電気防食以外の腐食防止方法の一つとして、腐食に強い材料を用いる方法がある。ステンレス鋼やアルミニウムなどは、不働態といわれる極めて緻密な皮膜が形成されることにより、ほとんど腐食しないという性質があるため、これを腐食防止に利用している。ただし、この不働態皮膜を形成するタイプの金属は、孔食と言われる局所的な腐食が発生する場合があるので注意が必要である。

〈(キ)の解答群〉

A のみ正しい	B のみ正しい	C のみ正しい
A、B が正しい	A、C が正しい	B、C が正しい
A、B、C いずれも正しい	A、B、C いずれも正しくない	

() 腐食以外の設備劣化について述べた次の文章のうち、正しいものは、(ク) である。

〈(ク)の解答群〉

所外設備へ生物被害を及ぼす加害生物は、げっ歯類、昆虫類、鳥類に大別される。これらのうち、げっ歯類による被害は、門歯でケーブル外被などをかじられるものであり、対策方法の一つとして、ケーブルコアに W B テープを巻き付けることにより外被を補強したケーブルを使用する方法がある。

寒冷地においてケーブル引き上げ点、橋梁添架^{りょう}、スラブ下越などの管路が大気中に露出している箇所では、管路内の溜水が凍結すると、体積膨張により、ケーブルに過大な力が働き、傷や座屈が発生することがある。対策方法の一つとして、P E パイプを挿入することにより、凍結圧を P E パイプで吸収する方法がある。

管路に布設されたケーブルが移動する原因として、車両通行に起因する振動やケーブルの温度伸縮などがある。このケーブルが移動する現象は、ケーブルダンシングといわれる。この対策として、機械的にケーブル移動を止める方法やケーブル移動量に見合ったケーブル余長を設ける方法などがある。

架空ケーブル及び地下管路ケーブルのうち特に橋梁添架^{りょう}管路区間など、温度変化の激しい区間では、ケーブルの温度伸縮によりケーブル接続部が破損する場合がある。この対策として、ケーブルクロージャのケーブル挿入部に、ケーブルの伸縮を吸収するための伸縮継手を設ける方法が採られている。

- (1) 次の文章は、光ファイバによる中継伝送について述べたものである。 内の(ア)～(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。 (2点×4=8点)

光ファイバによる中継伝送系を設計する場合の光ファイバのパラメータには、伝送損失と伝送帯域がある。伝送損失は、光ファイバの長さに比例して増加し、これによる制限は、損失制限といわれる。また、光ファイバの伝送損失は、光の波長により大きく異なり、一般的な石英ガラス光ファイバでは、 (ア) 付近で最も損失が小さくなり、 $0.2 \sim 0.3$ [dB / km]程度の値を示す。

伝送帯域を制限する要因は、主に分散によるものであり、これらによる制限は、帯域制限又は分散制限といわれる。各種分散のうち、 (イ) による影響が最も大きく、したがって、マルチモード光ファイバは、シングルモード光ファイバと比較して大きな帯域制限を受ける。

光ファイバによる中継伝送における中継可能距離は、これら損失制限と帯域制限によって決定されるが、中継間隔は、このほかにマージンを考慮して決定される。

一般に、損失制限系におけるパラメータには、光出力電力、最小受光電力、局内接続損失、システムマージン、光ファイバケーブル損失などがある。これらのうち、光出力電力 P_s は、発光素子から光ファイバに有効に入射した光電力であり、発光素子と光ファイバの (ウ) によって決まる損失を L 、発光素子自身の発光電力を P_e とすると、 $P_s = P_e - L$ となる。

また、最小受光電力は、受光素子も含めた受信増幅回路のSN比と要求される (エ) によって決定される。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

0.85 [μm]	1.31 [μm]	1.55 [μm]
可視光帯	モード分散	材料分散
構造分散	偏波モード分散	反射係数
結合効率	ポンピング効率	ヘテロ接合
透過係数	符号誤り率	雑音指数
ロスバジェット		

(2) 次の文章は、光ファイバ伝送システムについて述べたものである。 内の(オ)～(ク)に適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。 (3点×4=12点)

() 光ファイバ伝送システム設計について述べた次の文章のうち、誤っているものは、 (オ) である。

〈(オ)の解答群〉

伝送可能距離を決める要因は、光ファイバの損失、S/N比、伝送速度、送信出力などであるが、伝送速度が大きい場合や光源の発振スペクトル幅が広い場合は、光ファイバの分散によってパルス波形が遅延ひずみを受けるため、分散による制限を考慮する必要がある。

線形中継伝送システムにおいては、光増幅器の利得を出来るだけ大きくするとともに、光増幅器の出力を大きくすることによりS/N比を改善することができる。しかし、光増幅器の出力を大きくし過ぎると、光ファイバの非線形効果により信号波形劣化が発生するので、伝送距離や中継間隔などを考慮した最適な設計を行う必要がある。

線形中継伝送システムにおける雑音電力には、信号光によるショット雑音、受信回路の熱雑音、自然放出光によるショット雑音、信号光と自然放出光の間のビート雑音、自然放出光と自然放出光の間のビート雑音などがある。これらのうち、信号光と自然放出光の間のビート雑音は、光増幅中継器数に比例し、自然放出光と自然放出光の間のビート雑音は、光増幅中継器数の2乗に比例して増大する。

光ファイバケーブルの接続間隔は、光ファイバケーブル布設区間において、地下線路線形の直線部、屈曲部、曲線部及び架空線路線形の傾斜部などの各区分ごとに、あらかじめ張力予測計算を実施してピース割り案を作成し、最終的に、その接続点数が適切かどうか損失計算を実施して確認する。

() 光中継伝送方式について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 再生中継伝送に用いられる再生中継器は、リタイミング(Retiming)、リシェーピング(Reshaping)、リジェネレーティング(Regenerating)の3Rといわれる機能を持っているが、線形中継伝送に用いられる線形中継器は、リジェネレーティングのみの1Rといわれる機能を持つ。
- B 再生中継伝送では、リシェーピング、リジェネレーティングなどの機能によって、各中継区間における伝送損失の補償を行うとともに波形のひずみを除去することができるが、各中継器における雑音の累積を抑制することはできない。
- C 線形中継伝送方式は、光増幅器で生ずる自然放出光雑音の累積によるS/N比の劣化、光ファイバの分散によって生ずる波形ひずみの累積による波形の劣化などの伝送特性の劣化があるが、中継器が再生中継伝送方式と比較して簡単な構成で信頼性に優れ、また、伝送速度や信号形式に制約されない柔軟性のある中継伝送方式である。

〈(カ)の解答群〉

Aのみ正しい	Bのみ正しい	Cのみ正しい
A、Bが正しい	A、Cが正しい	B、Cが正しい
A、B、Cいずれも正しい	A、B、Cいずれも正しくない	

() 光ファイバケーブル布設について述べた次の A ～ C の文章は、(キ)。

- A 光ファイバケーブルは、従来のメタリックケーブルと比較して、細径、軽量という特徴を有しているため、長尺のケーブル布設が可能であるが、同軸ケーブルと比較すると可とう性に劣っているため、直径 20 [mm] 程度の光ファイバケーブルをマンホール内に布設する場合、^{くせ}癖取りを油圧ベンダーなどの工具を用いて行う必要がある。
- B 光ファイバケーブルの布設においては、過度の張力による光ファイバの損傷を防ぐため、事前に布設張力を計算して、許容張力の範囲内で布設する必要があるほか、許容曲率半径も考慮する必要がある。日本で広く使用されているテープスロット構造の光ファイバケーブルの場合、許容曲率半径は、一般に、施工時と比較して施工後の固定時の方が大きい。
- C 地下管路に光ファイバケーブルを布設する場合、既設の管路を有効に利用したいときに、既設の管路内にインナーパイプを複数本挿入することにより、多条布設する方法がある。

＜(キ)の解答群＞

- | | | |
|---------------|-----------------|----------|
| A のみ正しい | B のみ正しい | C のみ正しい |
| A、B が正しい | A、C が正しい | B、C が正しい |
| A、B、C いずれも正しい | A、B、C いずれも正しくない | |

() 光アクセスネットワークについて述べた次の文章のうち、正しいものは、(ク) である。

＜(ク)の解答群＞

H F C (Hybrid Fiber and Coaxial)方式は、同軸ケーブルと光ファイバケーブルを併用する構成であり、基幹系に同軸ケーブルを使用し、配線系に光ファイバケーブルを使用している。

F T T C (Fiber to the Curb)方式は、通信事業者の設備センタからユーザ近くの道路脇などに設置した O N U (Optical Network Unit)まで光ファイバで配線し、O N U からユーザの間を光ファイバケーブル又は同軸ケーブルで配線する方式である。

A D S (Active Double Star)方式は、通信事業者の設備センタとユーザとの間に光 / 電気変換機能及び多重分離機能を有する装置を設置した形態であり、設備センタと装置間は、光ファイバが用いられる。また、A D S 方式による F T T H (Fiber to the Home)は、さらに伝送方式により、S T M - P O N と A T M - P O N に分類される。

P D S (Passive Double Star)方式は、通信事業者の設備センタとユーザとの間に光分岐回路などの受動回路を設置し、設備センタからの光信号を分岐して複数のユーザに接続する形態である。また、この方式は、ユーザに対するアクセス制御プロトコルなどが必要となる。