

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15
		通信土木	8	8	8	8	8	線16～線28
		水底線路	8	8	8	8	8	線29～線42
	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43～線46

- 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
●	○	A	A	○	○	○	○	○	○
①	●	B	B	①	①	●	①	①	①
②	●	C	C	②	②	②	●	②	②
③	●	D	D	③	③	③	③	●	③
④	●	E	E	④	●	④	④	④	●
⑤	●	F	F	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤
⑥	●	G	G	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥
⑦	●	H	H	⑦	⑦	⑦	⑦	⑦	⑦
⑧	●	I	I	⑧	⑧	⑧	⑧	⑧	⑧
⑨	●	J	J	⑨	⑨	⑨	⑨	⑨	⑨

生 年 月 日									
年 号	5	0	0	3	0	1			
平成	○	●	●	○	○	○			
昭和	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、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は、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、複合線路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)

特性インピーダンス及び (ア) 定数が異なる幾つかの線路を縦続接続することによって得られる線路は、複合線路といわれる。

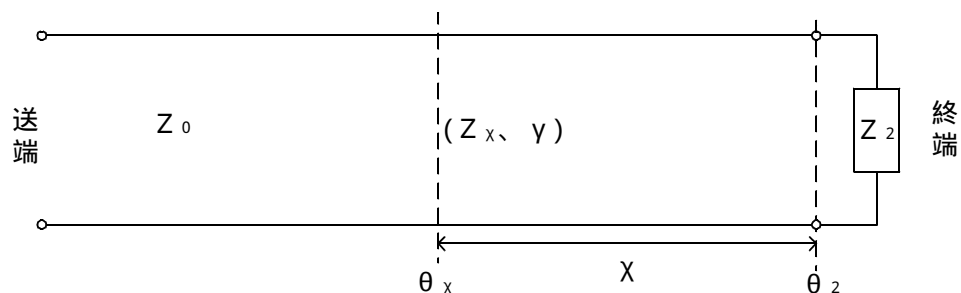
複合線路は、一様線路の考え方を基礎として、位置角の考え方をを用いることにより容易に解析することができる。図において、特性インピーダンス Z_0 の線路をインピーダンス Z_2 で終端した場合、 Z_2 における位置角 θ_2 は、

$\theta_2 =$ (イ) で表される。

また、終端点からの距離 x の位置におけるインピーダンスを Z_x 、(ア) 定数を y とすると、インピーダンス Z_x は、

$Z_x = Z_0 \tanh($ (ウ) $)$ で表される。

このように、位置角を用いると複合線路の電圧、電流、インピーダンスを計算する際に便利であり、電圧の場合、複合線路の任意の2点における電圧の比は、それぞれの位置角の (エ) の比で表すことができる。



＜(ア)～(エ)の解答群＞

プランク

$$\tanh \frac{Z_0}{Z_2}$$

$$y x + \theta_2$$

cosh

誘導

$$\tanh^{-1} \frac{Z_2}{Z_0}$$

$$y x - \theta_2$$

cos

時

$$\tanh^{-1} \frac{Z_0}{Z_2}$$

$$y x \theta_2$$

sinh

伝搬

$$\tanh(Z_0 Z_2)$$

$$\frac{y x}{\theta_2}$$

sin

(2) 次の文章は、伝送線路の電氣的諸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)

() 一様線路の電氣的諸定数の特性、性質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〉

電磁結合は、回線相互間の相互誘導により発生し、電磁結合による漏話は、誘導回線の特性インピーダンスに比例する。電磁結合の影響は、同一ケーブル内のすべての対に及ぶので、電磁結合の影響を少なくするため、全対を同じピッチ、かつ、相互位置を考慮して撚りなどの対策が行われている。

静電結合は、回線相互間の静電容量の不均衡により発生し、静電結合による漏話は、被誘導回線の特性インピーダンスに比例する。静電結合は、回線相互間に他の導体があるとその遮へい効果により結合量を著しく低下させることができることから、静電結合の影響を少なくするため、遮へいなどの対策が行われている。

一般に、ケーブルの場合、誘導回線及び被誘導回線の特性インピーダンスは等しいので、特性インピーダンスが高くなる低周波では静電結合による漏話の影響を考慮する必要があり、特性インピーダンスが低くなる高周波では電磁結合による漏話の影響も考慮する必要がある。

被誘導回線において、誘導回線の信号伝送方向と逆方向(送端側)に生ずる漏話は近端漏話、誘導回線の信号伝送方向と同一方向(受端側)に生ずる漏話は遠端漏話といわれる。

() 漏話の種類と特徴について述べた次のA～Cの文章は、 (力) 。

- A 近端漏話は、静電結合漏話と電磁結合漏話の和となる。また、伝送路長に比例し、周波数の2乗に比例して増加する。
- B 遠端漏話は、静電結合漏話と電磁結合漏話の差となる。また、伝送路長に依存せず周波数の2分の3乗に比例して増加する。
- C 漏話減衰量は、誘導回線の送端電力と、被誘導回線の漏話電力の比の対数で表され、漏話電力(漏話量)が大きいほど漏話減衰量は大きく、漏話電力が小さいほど漏話減衰量は小さい。

〈(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	

- () 伝送系のひずみ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、(キ) である。

〈(キ)の解答群〉

減衰ひずみは、伝送系の減衰量が距離に対して一定でないため生ずるひずみである。伝送周波数帯域内の減衰ひずみは、中継器に線路の等化機能を付加することにより補償される。

位相ひずみは、伝送系の位相量が周波数に対して比例関係にあるため生ずるひずみであり、周波数によって群伝搬時間が異なることにより生ずることから、遅延ひずみともいわれる。

非直線ひずみは、伝送系の入力と出力が比例関係にないために生ずるひずみである。搬送多重回線においては、非直線ひずみによる高調波及び混変調波の発生により、ある通話路から他の通話路への漏話及び雑音の原因となる。

無ひずみ伝送の条件は、伝送に用いる周波数帯域内において、特性インピーダンスが一定であること、減衰定数が一定であること、位相定数が周波数に反比例することである。

- () 雑音の種類と特徴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〉

基本雑音は、増幅器などで発生する雑音で、導体中の自由電子の熱的じょう乱運動による熱雑音であり、特定の周波数帯域に存在している。基本雑音は、通話の有無とは無関係であることから、S/N比は信号電力と比例関係となる。

準漏話雑音は、非了解性漏話の一つである。準漏話雑音は、位相ひずみを有する部分において、高調波のほかに和及び差周波数の種々の組合せからなる相互変調積による結合波が発生し、各部分で発生したこれらのひずみが逐次累積されることにより発生する。

多重漏話雑音は、誘導回線が多数ある場合に、同時に漏れてくる各回線からの漏話が同程度のものであるとき、互いに干渉することにより生ずる了解性の雑音であり、バブル雑音ともいわれる。

誘導雑音としては、雷及び電気鉄道などの強電流施設から静電的あるいは電磁的に通信路に侵入する雑音、放送波が架空線を介して侵入する雑音などがある。

- (1) 次の文章は、光の性質など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)

光は、電磁波の一種であり、電界と磁界が振動しながら伝搬する波と考えることができる。一般に、光通信で使用する波長は、肉眼で見ることができる可視光の波長 (ア)。

図に示すように、屈折率の異なる二つの媒質 (屈折率： n_1)、媒質 (屈折率： n_2)が接した状態で、媒質 から媒質 へ光が入射すると、光の一部は境界面で反射し、一部は境界面を透過する。また、透過光は直進せず、境界面で屈折する。

このとき、次式が成り立ち、これをスネルの法則という。

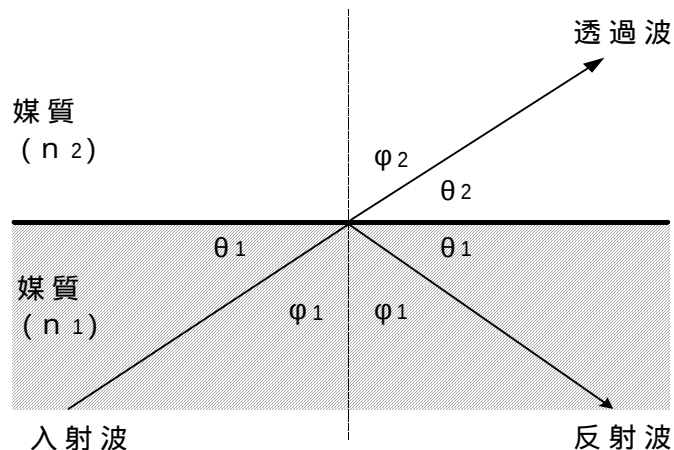
$$\frac{\cos \theta_1}{\cos \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad , \quad \frac{\sin \phi_1}{\sin \phi_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

図において、 $n_1 > n_2$ の場合、 (イ) となり、入射角 θ_1 を小さくして境界面に平行に近づけると、ある角度で $\theta_2 = 0$ となり、入射光が境界面で反射される全反射が生ずる。

境界面で全反射が生ずるときの入射角 θ_c は臨界角といわれ、 $\theta_c =$ (ウ) で表される。

光通信で使用する光ファイバでは、臨界角より小さい角度で入射した光が、コアとクラッドの境界面で全反射を繰り返しながら光ファイバ内を伝搬していく。

光通信の光源として使われるレーザは、ほとんどが半導体レーザ及び固体レーザである。光通信でレーザが使われる理由として、レーザは発光波長が狭帯域であり、かつ、位相がそろっている (エ) な光であるため高速変調信号の伝送に適していることが挙げられる。



〈(ア)～(エ)の解答群〉

$$\cos^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

$$\theta_1 < \theta_2$$

よりも長い

インコヒーレント

$$\sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

$$\theta_1 = \theta_2$$

よりも短い

$$\cos \frac{n_1}{n_2}$$

$$\theta_1 > \theta_2$$

コヒーレント

ハイブリッド

$$\tan^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

と等しい

エバネセント

- (2) 次の文章は、光ファイバ、受発光素子の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)

- () 光ファイバの種類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>

光ファイバを導波原理で分類すると、全反射形光ファイバとブラッグ反射形光ファイバに大別される。全反射形光ファイバは、コアとクラッドの屈折率差を利用して光をコアに閉じ込めている。屈折率差を実現する代表的な手段としては、添加剤(ドーパント)による屈折率制御がある。

石英系光ファイバは主成分である石英(SiO_2)のほかに、屈折率を変化させるためのドーパントとして、ゲルマニウム(Ge)、ホウ素(B)、フッ素(F)などが添加されている。

プラスチック光ファイバの材料としては、ポリメチルメタクリレート(PMMA)などが使用されている。プラスチック光ファイバの特徴は、石英系光ファイバと比較してコア径が小さく、単位長当たりの光損失が大きいことが挙げられる。

グレーデッドインデックス形光ファイバは、コアの屈折率分布形状が緩やかに変化しているものであり、各伝搬モード間の伝搬時間差をできるだけ小さくする最適な屈折率分布形状は、おおむね放物線形状である。

- () 光ファイバの構造などについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 光ファイバの構造パラメータの一つであるモードフィールド径とは、光ファイバの径方向の光強度分布がガウス分布に近似できるとき、光強度が最大値に対して $\frac{1}{e^2}$ (eは自然対数の底)になる範囲の直径のことである。
- B 波長により伝搬速度が異なることによって生ずる分散を波長分散という。波長分散は、材料分散と構造分散の和であり、材料分散は、屈折率の波長依存性に起因し、構造分散は、コアとクラッドの光強度分布の波長依存性に起因する。
- C 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伝送帯域が狭いため、一般に、構内のLANや機器間の短距離伝送に用いられている。一般に、プラスチック光ファイバはマルチモード光ファイバである。

<(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 | |

- () 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、(キ) である。

＜(キ)の解答群＞

レーザダイオード(LD)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(LED)は、一般に、LD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、LD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、電極を狭い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構造には幾つかの方式があり、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したものには、独立したレンズを用いる個別レンズ方式、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。

- () 受光素子の特性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＞

受光素子には、受光した光信号を直接電気信号に変える光電効果によるものと、光エネルギーをいったん熱エネルギーに変換した後、電気信号に変える感熱効果によるものなどがある。光電効果を用いた検出器では、半導体に光を照射したときに生ずる電流、起電力などの変化を検出する。

半導体受光素子は、外部に印加する電圧の大きさによりホトダイオード(PD)とアバランシホトダイオード(APD)の二つに大別される。APDはPDと比較して感度が高いが、必要とされる印加電圧は低い。

APDでは逆バイアス電圧を印加することにより、光の吸収によって生成された電子などのキャリアが電界から十分なエネルギーを得て加速され、新たにキャリアを生成する。新たに生成されたキャリアが更に新たにキャリアを生成するので、これを順次繰り返して光カー効果といわれる現象が発生し、キャリアの数がなだれのように急激に増加する。

受光素子で生ずる雑音として熱雑音、ショット雑音などがあるが、熱雑音は、光電変換過程において電子が時間的あるい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起因するものである。

- (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)

光ファイバどうしを接続したとき、様々な要因によりミスマッチが生じて、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。

シングルモード光ファイバとマルチモード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可能なモード数が異なることから、光パワーの伝達に異方性が生ずる。また、マルチモード光ファイバどうしを接続した場合でも、伝搬可能なモード数が異なる光ファイバが接続されるとき、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)又は反射されて光損失となる。したがって、光ファイバの接続は、同種類の光ファイバどうし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、一直線に接続されていないことによっても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＞

NA	MT	SN	照射
コア	屈折率	高次	低次
クラッド	放電	変調	放射
1次被覆	干渉	奇数次	0次

- (2) 次の文章は、光ファイバ通信システムの構成部品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)

- () 光増幅器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＞

光増幅器には、光ファイバ増幅器と半導体増幅器があり、光ファイバ増幅器には希土類元素を光ファイバに添加し、希土類イオンのエネルギー準位間の誘導放出を利用したものがある。

光ファイバに添加することで光増幅特性を示す元素としては、アルミニウム(Al)、ネオジム(Nd)、ツリウム(Tm)などの希土類元素があるが、光ファイバの最低損失帯域である1.55 μm帯で光増幅特性を示すAlが最もよく用いられている。

低損失かつ、波長分散も小さい1.3 μm帯においては、フッ化物ガラスにプラセオジム(Pr)を添加した光ファイバ増幅器が開発されており、PDFAといわれる。

半導体素子による光増幅器においては、外部からの電流によって半導体中に生じたエネルギーを持つ電子がそのエネルギーを失う際に、外から半導体中に入射した光波と同じ位相の光波を放出する現象(誘導放出)が利用されている。

- () 光ファイバ増幅器の機能と特徴などについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、(カ) である。

＜(カ)の解答群＞

エルビウム添加光増幅器(EDFA)は、光ファイバの導波路構造が軸対象であるため、利得の偏波依存性はない。

エルビウムイオンを励起するための励起用光源には、一般に、エルビウムイオンの吸収スペクトルに対応する1.48 (μm)又は0.98 (μm)の波長が利用されている。

EDFAは、光ファイバのコアにエルビウムが添加されており、増幅作用はエルビウムイオンの励起準位と基底準位の間での誘導放出によって行われるが、これと並行して入射光(信号光)に比例した自然放出光も発生し信号増幅に寄与している。

EDFAは、活性媒質を含む導波路として光ファイバを用いているので、一般に、光ファイバどうしの接続や他の光部品との整合性が良いため、接続損失を低く抑えることができる。

() 光合波・分波器などについて述べた次の A ~ C の文章は、(キ)。

- A 干渉膜フィルタ型光合波・分波器は、ガラス基板上に屈折率の異なる誘電体材料を 4 分の 1 波長又は 2 分の 1 波長の整数倍の厚さで交互に積み重ねた多層膜の干渉を利用したもので、特定の波長域の信号光のみを通過させるものである。
- B 光ファイバを用いた光合波・分波器は、2 本の光ファイバを束ね、加熱溶解し、融着延伸させた部分のコア間での光のやり取りを利用するものである。
- C 光導波路上にグレーティングを形成したもののの中で、平面回路を用いたアレイ導波路回折格子(AWG)型光合波・分波器が実用化されているが、これは二つの干渉膜フィルタで挟み込んだ、長さの異なる複数のアレイ導波路群からの回折光の共振を利用したものである。

〈(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 | |

() 光スイッチ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〉

機械式光スイッチには、光ファイバ自体を機械的に移動させる光ファイバ駆動式があるが、この方式においては、光軸の並進ずれによる損失はなく、端面における屈折率不整合、光軸の傾きに起因する損失が支配的である。

強誘電体結晶の一種であるニオブ酸リチウム(LiNbO₃)を用いたLiNbO₃光スイッチは、高速な動作が可能であるが、LiNbO₃は、偏向によって電気光学定数が大きく異なるため偏波依存性が生ずる特性を持つ。

インジウム・リン(InP)やガリウム・ヒ素(GaAs)系の化合物半導体を用いた半導体光スイッチは、LiNbO₃光スイッチ同様に導波路の長さを変化させて切り替えるもので、LiNbO₃光スイッチと比較して、偏波依存性は小さく、かつ、超高速な光スイッチング動作が可能である。

導波路型スイッチにおいて、石英ガラスは、他の導波路材料と比較して極めて安定した材料であり、石英ガラスの電気光学効果を利用したスイッチは、一般に、半導体光スイッチと比較して高速であるが、高損失である。

(1) 次の文章は、環境による架空・地下線路設備の劣化要因など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)

屋外設備を構成する物品の材料は、主として金属、プラスチック、コンクリートなどであるが、これらは自然環境に直接さらされており、日照、潮風、風雪雨、地震、雷などの自然現象の影響を受ける。例えば、日照では紫外線によるプラスチックの劣化、潮風では金属などの腐食促進による (ア) 特性の劣化、電気的には絶縁低下などがある。また、風雪雨では、風圧荷重、風圧振動及び着雪、積雪の沈降力による影響などが挙げられる。このような自然環境条件に対して、屋外設備は長期信頼性を確保するための対策が必要である。例えば、地震は予見することが困難な自然現象であるため、 (イ) により屋外設備を含めたネットワークの信頼性を向上させることが考えられる。

また、社会環境条件として、硫化化合物、 (ウ) などを含む工場の排煙や自動車からの排気ガスのような腐食性の有害ガスや廃水によっても、金属類の腐食などの影響がもたらされる。また、車両通行に起因する振動によりケーブルに (エ) 現象が発生する場合もある。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

ネオンガス	ルート分散	光 化	多対化
光学的	ダンシング	機械的	ヘリウムガス
アルゴンガス	クリーピング	周波数	浸 水
I P 化	ハロゲン化物	誘 導	波 長

- (2) 次の文章は、通信線路設備の劣化要因とその対策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)

- () 架空構造物の劣化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〉

コンクリート柱では、コンクリート中に含まれる水分が凍結及び融解を繰り返すことでコンクリートが緩んで劣化し、表面に亀甲状のひびや縦ひび割れが生ずる。一般に、このような劣化現象は凍害といわれる。

高耐食鋼より線は、亜鉛 - アルミニウム合金をめっきした鋼線をより合わせたものであるが、塩害環境の厳しいところでは赤錆^{さび}などが発生し腐食するので、亜鉛めっき鋼より線と同様に劣化限度見本などによる不良判定指標を用いた管理が有効である。

鋼管柱の化学腐食は、酸素の存在や溶解塩の存在が局部電池作用を活発化させることから、一般に、土壌中の水はけが良く、通気性が良いほど促進される傾向が強い。

コンクリート柱では、過大な不平衡荷重が加わると横ひび割れ(円周方向のひび割れ)が発生することがある。横ひび割れが生じると、条件によっては鉄筋が多数破断して折損に至ることがあるため、過大な不平衡荷重を除去するとともに適切な更改を行うことが必要である。

- () 電食の原因などについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 電食とは、地中に埋められた金属体に迷走電流が流入出して電気分解が起こり、電極金属に相当する金属体が腐食する現象をいい、一般に、迷走電流が金属体から大地へ流出する箇所では、金属体が陽極となり金属原子はイオンとなって地下水中へ溶出する。
- B 電食の防止対策には、外部電源装置、選択排流器、あるいは強制排流器を用いる方法があるが、これらを施したものの近傍に設置されている別の埋設金属体に防食電流の一部が流出し、流出部において腐食を引き起こすことがある。これは、干渉による電食といわれる。
- C 交流電気鉄道からの漏れ電流や、送配電系統から誘起される電流などの交流電流は、一般に、直流電流と比較して金属を腐食させる電流の効率が非常に高いため、特に交流電流に対しては直流電流よりも十分かつ広範な防食対策が必要である。

〈(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 | |

- () プラスチック系材料の劣化などについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、(キ) である。

〈(キ)の解答群〉

ＣＣＰ、ＰＥＣケーブルなどの外被や絶縁体に用いられるポリエチレンは、耐薬品性、高周波電気特性に優れている特徴を有するが、可とう性が悪く、低温で割れやすいという欠点を持つ。

軟質ポリ塩化ビニルは、柔軟で電気絶縁性も良いので、屋外線、屋内線の被覆やビニルテープなどに広く使用されているが、屋外環境や高温状態で長期間使用すると、柔軟性を付与するために添加した可塑剤が次第に蒸散し、脆^{もろ}くなる欠点を持つ。

ポリプロピレンは、機械的強度、耐熱性に優れているため、接続端子函や地下クロージャなどに使用されているが、ポリエチレンと比較して低温で割れやすく、塗装や接着は困難である。

プラスチック系材料は、撤去品の材料を一部混入したりサイクルが可能であり、端子函カバーやケーブル外被などで実施されている。今後は、コスト面だけでなく地球環境保護の立場からも可能な限りリユース、リサイクルすることが望まれている。

- () 生物被害などによる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ＷＢ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、スラブ下越などの管路が大気中に露出している箇所、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、ＰＥパイプを挿入することにより、凍結圧をＰＥパイプで吸収する方法がある。

地下ケーブルのポリエチレン外被に生ずる環境応力亀裂(ＥＳＣ)は、一般に、ケーブルの円周方向に発生する。ＥＳＣの発生要因としては、高温、塩素イオンが挙げられる。

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る。

- (1) 次の文章は、光ファイバ通信システムにおける光ファイバケーブル線路設計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)

光ファイバケーブル線路設計においては、法的規制を十分に考慮した設計が必要となる。有線電気通信設備令施行規則においては、光架空区間における架空電線の高さは、架空電線が横断歩道橋の上にあるときを除き、道路上(交通に支障を及ぼすおそれが少ない場合で工事上やむを得ない場合を除く。)にあるときは、路面から (ア) [m]以上と定められている。また、光ファイバケーブル支持物と架空強電流電線との離隔距離は、架空強電流電線の使用電圧が低圧であるとき、 (イ) [cm]以上と定められている。

また、当該区間に適用する光ファイバ通信システムの許容損失を満足させることが重要であり、光ファイバケーブル区間の線路損失、 (ウ) 、光ファイバと受発光素子との結合損失などの総計値が光ファイバ通信システムの許容損失を超えないことが必要である。ここで、 (ウ) とは、送受信器の温度変化などによるレベル変動、光ファイバ再接続による損失増加などを見込んだ値をいう。

光ファイバケーブル損失設計において、光ファイバケーブル区間における許容線路損失が20[dB]、1接続点当たりの接続損失が0.1[dB]、接続箇所が20か所、光ファイバケーブル損失が0.5[dB/km]であり、その他の損失は考慮しないとき、最大中継伝送距離は、 (エ) [km]となる。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

2	3	4.5	5
6	15	30	36
40	44	60	100
融着接続損失		コネクタ接続損失	
システムマージン		レイリー散乱損失	

- (2) 次の文章は、アクセス設備における光ファイバケーブルの配線設計方法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)

- () アクセス設備の線路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〉

管路不足のルート区間については、既設管路の有効利用を図るため、可能な場合において既設メタリックケーブルを撤去、光ファイバケーブルへの統合などを図り、経済性の観点から、できるだけ増管工事を抑制することが望ましい。

選定された光ファイバケーブルルートにおける管路区間において光ファイバケーブルの心線数を決定する場合、一般に、道路管理上の制約などによって将来的に管路増設が困難か否かを踏まえ、将来のサービス需要を加味して心線数を決定する。

光ファイバケーブルピース割り設計においては、あらかじめ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ケーブル布設区間ごとに、張力予測計算を実施してケーブルの許容張力の範囲内でピース割り案を作成し、最終的に、その接続点数が適切か否か損失計算を実施してピース割りを決定する。

とう道区間に布設する新設光ファイバケーブルは、火災による延焼を最小限にとどめることができるように、一般に、IFケーブルを適用している。また、ユーザビルのシャフト内の縦系配線などにおいても、法令で必要な場合などは、IFケーブルを適用する。

- () 光アクセス設備の配線方法について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A ループ無逓減配線法は、設備センタを中心として既設管路ルートが放射状に構築されている大都市ビジネスエリアに適した配線方法であり、設備の信頼性やサービス需要の変動にも適応性を有している。
- B スター逓減配線法は、ユーザが広い範囲に点在し、需要変動が小さく安定しているエリアに適した配線方法である。しかし、突発的な需要が発生した場合、スター無逓減配線法と比較して、心線の融通性が劣っている。
- C スター無逓減配線法は、既存管路ルートの制約などからループ化が困難な需要密度が高いエリアに適した配線法である。また、設備センタから最遠端のユーザまで心線を逓減せずに配線するので、スター逓減配線法と比較して、心線の融通性に優れている。

〈(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 | |

- () アクセス設備における光ファイバケーブルの布設張力設計について述べた次の文章のうち、正しいものは、(キ) である。

〈(キ)の解答群〉

管路区間における光ファイバケーブル布設において、布設区間の中間に屈曲部がある場合、先端けん引による布設張力は、光ファイバケーブル繰出し点の初期張力を考慮しないとき、 $(\text{摩擦係数}) \times (\text{光ファイバケーブル重量}) \times (\text{光ファイバケーブル布設長})$ で求められる。

管路区間における長尺布設において、先端けん引方法では光ファイバケーブルの許容張力を超えるおそれがある場合、けん引装置を布設区間の先端のほかに布設区間の途中に設置して光ファイバケーブル張力を分散することにより、布設張力を光ファイバケーブルの許容張力の範囲内にする方法が用いられる。

光ファイバケーブルの布設速度は、ケーブル繰出し時のドラムの回転速度と作業の安全性により決められ、けん引開始・停止時などの布設速度の変化に伴う光ファイバケーブルへの過度の張力と外傷の予防、布設張力の変化(サージング)の軽減などを考慮する必要はない。

架空区間における光ファイバケーブル布設は、一般に、ドラムから繰り出される光ファイバケーブルをけん引装置で先端けん引することにより行われる。架渉時には、柱間及び曲柱部(内角 $150 \sim 175$ 度)に金車、始端柱及び終端柱並びに曲柱部(内角 $90 \sim 150$ 度)にカーブガイドを用いることにより布設張力を分散することができるので、光ファイバケーブルの許容張力は、無視することができる。

- () アクセス設備の中長期計画などについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、(ク) である。

〈(ク)の解答群〉

一般に、アクセス設備の中長期計画は、設備センタや地下構造物設備の長期的な所要量を方向づける設備グランドデザインなどを参考にして、中長期的なアクセス設備の整備拡充、高度化計画などを定め、これに基づいて年度建設計画を策定する。

アクセス設備の年度建設計画は、工事対象地域で翌年度あるいは翌々年度に繰返し工事が発生することを可能な限り避けるよう工事集約を行うとともに、その地域内における不良設備の整備工程を年度建設工程に含めて実施するよう計画することが重要である。

アクセス設備は、公共道路や住民所有の土地などを借用して屋外環境下に設置することが多い。電気通信事業者は、自らの意思に基づいて公共道路や住民所有の土地などの使用を決定できる権利を有しているため電気通信事業者にとって効率的な設備作りを進めることができるが、社会環境との調和を図りながら、利用者ニーズに即応できる設備作りを行うことが重要である。

アクセス設備の中長期計画の基本検討においては、光アクセス設備の光損失や適用する光アクセスシステムなどの技術的諸条件を十分に考慮するとともに、光ファイバケーブルルート選定に当たっては、安定性、経済性のほか占用位置の確保などについて総合的に検討して最適ルートを選定することが重要である。