

**Aktenführende Stelle:**

**Aktenzeichen:**

**Akzentitel bzw. Akteninhalt:**

Vorbereitung Produktionsauftragne  
CCD - Keramikgehäuse für MOE2

451 0486 -

**Bandnummer:**

**Zeitlicher Umfang:**

**Aufzubewahren bis:**

**Archivsignatur:**

08/1131

08/1131

Zentralinstitut für Information und Dokumentation  
117 Berlin, Köpenicker Straße 325

# Deckblatt

## zum Forschungs- und Entwicklungsbericht bzw. zur Dissertation

<p><b>1</b> Übergeordnetes Wirtschafts- bzw. zentrales Organ:</p> <p>VEB Werk für Fernseh elektronik im VEB KME</p>	<p><b>4</b> Vertraulichkeitsgrad: 1)</p> <p>offen <input type="checkbox"/> VD <input type="checkbox"/></p> <p>NfD <input checked="" type="checkbox"/> VVS <input type="checkbox"/></p>
<p><b>2</b> Anschrift des Betriebes / Institution; Hochschule / Sektion (bei Diss. auch Name des Autors)</p> <p>VEB Werk für Fernseh elektronik Ostendstraße 1 - 5 Berlin 1160 Betriebsnummer: 00142003</p>	<p><b>5</b> Einstufung: 2), 1)</p> <p>Gruppe A: <input type="checkbox"/> Gruppe B: <input type="checkbox"/></p> <hr/> <p>Nur für VD-Arbeiten: Titel und Referat für den internationalen Austausch (RGW-Länder) freigegeben</p> <p>ja: <input type="checkbox"/> nein: <input type="checkbox"/></p>
<p><b>3</b> Auftraggeber (nur für Aufgaben, die im Rahmen vertragl. Vereinbarungen gelöst wurden):</p> <p>Betriebsnummer:</p>	<p><b>6</b> Dokumentenart: 1)</p> <p>Abschlußbericht: <input checked="" type="checkbox"/> Bericht zum Teilergebnis: <input type="checkbox"/></p> <p>Abbruchbericht: <input type="checkbox"/> Diss. A } <input type="checkbox"/> 3)</p> <p>Zwischenbericht: <input type="checkbox"/> Diss. B } <input type="checkbox"/></p>
<p><b>7</b> Aufgabe bzw. Thema: (Bezeichnung)</p> <p>Vorbereitung Produktionsaufnahme CCD - Keramikgehäuse für MOEZ</p> <p style="text-align: center;">457</p>	
<p><b>8</b> Abschluß der Arbeit: (Jahr) 1987</p>	<p><b>9</b> Erreichte Arbeitsstufe: A 4</p>
<p><b>10</b> Unterschrift des Leiters der F/E-Stelle bzw. Aufgabenverantwortlichen im Hochschulwesen</p> <p>Dr. Schimko Direktor für Forschung und Tech- nologie</p>	<p><b>12</b> Unterschrift des für die F/E-Aufgabe zuständigen Leiters 4)</p> <p>Krešner Betriebsdirektor</p>
<p><b>11</b> Unterschrift des Auftraggebers (soweit erforderlich)</p> <p><i>[Signature]</i></p>	<p><b>Erläuterungen:</b></p> <p>1) Zutreffendes ist anzukreuzen</p> <p>2) Erläuterungen zu Position 5: Die Einstufung in Gruppe A und Gruppe B dient der differenzierten Behandlung der F/E-Ergebnisse im internationalen Austausch zwischen den RGW-Ländern.</p> <p>A ist die Bezeichnung für F/E-Berichte, deren Ergebnisse nicht unmittelbar in der Produktion nutzbar sind und die zwischen den RGW-Ländern unmittelbar ausgetauscht werden können. Dazu gehören z. B. Instruktionen über Arbeitssicherheit, den Arbeitsschutz, Standards und Normen, allgemeine Lösungsalgorithmen, Berechnungen und Studien sowie Ergebnisse, die keine Aussagen über volkswirtschaftliche Entwicklungstendenzen sowie Betriebs- und Industriezweiguntersuchungen enthalten.</p> <p>B) ist die Bezeichnung für F/E-Berichte, deren Ergebnisse produktionstechnisch genutzt werden können und die nur nach direkten Verhandlungen zwischen Urheber und Interessenten ausgetauscht werden. Dazu gehören u. a. Arbeiten, die Erfindungen beinhalten, die durch Patent geschützt sind bzw. für die ein Patent angemeldet wurde sowie Arbeitsergebnisse mit Produktionserfahrungen, Forschungsberichte und Dissertationen die Aussagen zu konkreten Ergebnissen von Betriebs- und Industriezweiguntersuchungen sowie prognostische Aussagen enthalten.</p> <p>3) entsprechend der Einstufung der Promotionsordnung A und B, Gbl. Teil II, Nr. 14 vom 19. 2. 1969</p> <p>4) Das sind Generaldirektoren der Kombinate, Betriebsdirektoren bzw. Leiter anderer Einrichtungen, denen F/E-Stellen unterstehen, sowie Direktoren der Sektionen im Hochschulwesen bei Aufgaben aus Forschungsplänen oder Dissertationen.</p>

## zum Forschungs- und Entwicklungsbericht bzw. zur Dissertation

1 Übergeordnetes Wirtschafts- bzw. zentrales Organ:

VEB Werk für Fernseh elektronik  
im VEB KME

4 Vertraulichkeitsgrad: 1)

offen  VD   
NfD  VWS

2 Anschrift des Betriebes / Institution; Hochschule /  
Sektion (bei Diss. auch Name des Autors)

VEB Werk für Fernseh elektronik  
Ostendstraße 1 - 5  
Berlin  
1160  
Betriebsnummer: 00142003

5 Einstufung: 2), 1)

Gruppe A:  Gruppe B:

Nur für VD-Arbeiten:  
Titel und Referat für den internationalen  
Austausch (RGW-Länder) freigegeben

ja:  nein:

3 Auftraggeber (nur für Aufgaben, die im Rahmen  
vertragl. Vereinbarungen gelöst wurden):

Betriebsnummer:

6 Dokumentenart: 1)

Abschlußbericht:  Bericht zum  
Teilergebnis:   
Abbruchbericht:  Diss. A }   
Zwischenbericht:  Diss. B } <sup>3)</sup>

7 Aufgabe bzw. Thema: (Bezeichnung)

Vorbereitung Produktionsaufnahme CCD - Keramikgehäuse für MOEZ

8 Abschluß der Arbeit: (Jahr) 1987

9 Erreichte Arbeitsstufe: A 4

10 Unterschrift des Leiters der F/E-Stelle bzw.  
Aufgabenverantwortlichen im Hochschulwesen

Dr. Schimko  
Direktor für Forschung und Tech-  
nologie

12 Unterschrift des für die F/E-Aufgabe  
zuständigen Leiters 4)

Kreßner  
Betriebsdirektor

11 Unterschrift des Auftraggebers  
(soweit erforderlich)

### Erläuterungen:

1) Zutreffendes ist anzukreuzen

2) Erläuterungen zu Position 5: Die Einstufung in Gruppe A und Gruppe B dient der differenzierten Behandlung der F/E-Ergebnisse im internationalen Austausch zwischen den RGW-Ländern.

A ist die Bezeichnung für F/E-Berichte, deren Ergebnisse nicht unmittelbar in der Produktion nutzbar sind und die zwischen den RGW-Ländern unmittelbar ausgetauscht werden können. Dazu gehören z. B. Instruktionen über Arbeitssicherheit, den Arbeitsschutz, Standards und Normen, allgemeine Lösungsalgorithmen, Berechnungen und Studien sowie Ergebnisse, die keine Aussagen über volkswirtschaftliche Entwicklungstendenzen sowie Betriebs- und Industriezweiguntersuchungen enthalten.

B) ist die Bezeichnung für F/E-Berichte, deren Ergebnisse produktionstechnisch genutzt werden können und die nur nach direkten Verhandlungen zwischen Urheber und Interessenten ausgetauscht werden. Dazu gehören u. a. Arbeiten, die Erfindungen beinhalten, die durch Patent geschützt sind bzw. für die ein Patent angemeldet wurde sowie Arbeitsergebnisse mit Produktionserfahrungen, Forschungsberichte und Dissertationen die Aussagen zu konkreten Ergebnissen von Betriebs- und Industriezweiguntersuchungen sowie prognostische Aussagen enthalten.

3) entsprechend der Einstufung der Promotionsordnung A und B, Gbl. Teil II, Nr. 14 vom 19. 2. 1969

4) Das sind Generaldirektoren der Kombinate, Betriebsdirektoren bzw. Leiter anderer Einrichtungen, denen F/E-Stellen unterstehen, sowie Direktoren der Sektionen im Hochschulwesen bei Aufgaben aus Forschungsplänen oder Dissertationen.

08/1131

VEB Werk für Fernsehelektronik  
im VEB Kombinat Mikroelektronik

ETL 1, den 15. 05. 1987  
May/Hey - 2107

Themenabschlußbericht  
des Themas "Vorbereitung Produktionsaufnahme  
CCD - Keramikgehäuse für MOEZ"

*Mayr*  
.....  
Themenleiter

Berlin, den 15. 05. 1987

*Schimko*  
.....  
Dr. Schimko  
Direktor für Forschung  
und Technologie

*sch.*  
*Hi. EV*

## Inhaltsverzeichnis

1. Zielstellungen
  - 1.1. Ökonomisch-volkswirtschaftliche Zielstellung
    - 1.1.1. Abdeckung des Bedarfs an Keramikgehäusen
    - 1.1.2. Vermeidung von NSW - Importen
    - 1.1.3. Untersuchungen zu kostengünstigen Herstellungsvarianten
  - 1.2. Wissenschaftlich-technische Zielstellung
    - 1.2.1. Vorbereitungen zum Aufbau der Siebdruckfertigungsline
    - 1.2.2. Optimierung der Siebdrucktechnologie zur Erzielung bestimmter Schichtstärken
    - 1.2.3. Optimierung des Mo - Leiterpastensystems
    - 1.2.4. Wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit mit dem VEB KWH
    - 1.2.5. Erprobungen von Teilausrüstungen- und Technologien für das Keramikzentrum im VEB WFB
    - 1.2.6. Weltstandsvergleich
2. Bearbeitungsablauf, Variantenvergleich
  - 2.1. Erhöhung der Kapazität der "Hiki" - Siebdruckmaschine
  - 2.2. Komplettierung der "Hiki" - Siebdruckmaschine
  - 2.3. Drucksiebherstellung

- 2.4. Mo - Leiterpastensystem
- 2.5. Tampondruck
- 3. Ergebnis der Arbeit
  - 3.1. Technische Lösungen
    - 3.1.1. Vorbereitungen zum Aufbau einer Siebdruckfertigungslinie auf Basis "Hiki"
    - 3.1.2. Lösungswege zur Optimierung der Siebdrucktechnologie
    - 3.1.3. Lösungswege zur Optimierung des Pastensystems
    - 3.1.4. Ergänzungen zum Aufbau einer Siebdruckfertigungslinie
    - 3.1.5. Tampondruck
    - 3.1.6. Meßtechnik
    - 3.1.7. Stand der Erprobungen von Teilausrüstungen und Technologien für das Keramikzentrum
    - 3.1.8. Stand der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit mit dem VEB KWH
    - 3.1.9. Wissenschaftlich-technische Beschreibung des Isolationsdruckes
  - 3.2. Ökonomische Ergebnisse
    - 3.2.1. Untersuchungen über kostengünstige technologische Varianten zur Herstellung von CCD - Keramikgehäusen
    - 3.2.2. Realisierung der Produktionskapazität
    - 3.2.3. Arbeitszeitaufwand

- 3.2.4. Spezifischer Materialeinsatz
- 3.2.5. NSW - Ablösung
- 3.3. Erfinderische Lösungen und Darstellung der Schutzrechtssituation
- 4. Literaturnachweis
- 5. Anhang
  - 5.1. Tabellen
  - 5.2. Untersuchungen zu kostengünstigen Varianten von CCD-Keramikgehäusen.

## 1. Zielstellungen

### 1.1. Ökonomisch-volkswirtschaftliche Zielstellung

#### 1.1.1. Abdeckung des Bedarfs an Keramikgehäusen

International werden Gehäuse optoelektronischer Bauelemente aus Aluminiumoxid-Keramik in Mehrlagentechnologie hergestellt, weswegen die Entwicklungsforderungen für Gehäuse an den VEB KWH gerichtet wurden. Der VEB KWH ist aber gegenwärtig nicht in der Lage, weder Aluminiumoxid-Keramikgehäuse zu fertigen noch den steigenden Bedarf im Perspektivzeitraum bis 1992 abzusichern.

Deshalb wurde im VEB WF das Keramikzentrum gebildet mit der Zielstellung, die im WF entwickelte Einlagen-Technologie auf Basis der Forsteritkeramik weiterzuentwickeln und im vorliegenden Thema die produktionsseitigen Voraussetzungen zu schaffen, die Bedarfsabdeckung sowohl qualitativ als auch quantitativ abzusichern. Für die Durchführung der Entwicklungsarbeiten wurde kurzfristig ein F/E-Thema mit einer Themenlaufzeit von nur 8 Monaten eröffnet.

#### 1.1.2. Vermeidung von NSW-Importen

Der Schwerpunkt bei der Schaffung produktionsseitiger Voraussetzungen zur Fertigung größerer Gehäusestückzahlen liegt, neben der Vergrößerung der Spritz-, Ausdampf-, Schleif-, Einbrenn- und Lötkapazität, hauptsächlich in der Überleitung der Dickschichttechnologie, die die Siebdrucktechnologie und die Herstellung des Pastensystems einschließt. Zur Vermeidung von NSW-Importen an Siebdruckmaschinen, z. B. Zeiko, wird die Überleitung der Siebdrucktechnologie auf Basis der "Hiki"-Siebdruckmaschine aus der UVR durchgeführt.

### 1.1.3. Untersuchungen zu kostengünstigen Herstellungsvarianten

Untersuchungen zu kostengünstigen Herstellungsvarianten von Keramikgehäusen erstrecken sich sowohl auf die Konstruktion als auch auf die Technologie der Gehäuse. Insbesondere werden Untersuchungen durchgeführt mit dem Ziel, die im WF praktizierte Einlagen-Forsteritkeramikgehäuse-Fertigung kostengünstiger zu gestalten.

## 1.2. Wissenschaftlich-technische Zielstellung

### 1.2.1. Vorbereitungen zum Aufbau der Siebdruckfertigungslinie

Die im WF vorhandene Hiki-Siebdruckmaschine hat gegenüber der Zeiko-Siebdruckmaschine mehrere Nachteile für die Fertigung hoher Stückzahlen und für Teile, die mehrmals bedruckt werden und deren aufgebrauchte Leiterschichtstärke eng toleriert ist:

- Die Gehäuseteile werden einzeln von Hand eingelegt. Die Hin- und Herbewegung des Arbeitstisches und die Rakelgeschwindigkeit sind nicht beliebig schnell wählbar, so daß die Kapazität der Maschine für hohe Stückzahlen wesentlich geringer ist als bei der Zeiko-Siebdruckmaschine, die mit einem Transportband ausgerüstet ist.
- Das Einrichten der Maschine kann einzig über die Tischverstellung vorgenommen werden, das bedeutet, daß die Parallelität Tisch-Drucksieb und der Abstand Substrat-Drucksieb (Snappoff) gleichzeitig eingeregelt werden müssen, was ohne Meßmittel, nur über die Beurteilung des Druckergebnisses, sehr langwierig und zeitraubend ist, zumal für ein funktionstüchtiges Gehäuseteil 7 Druckvorgänge nötig sind.

- Zur leichteren und schnelleren Koordinateneinstellung Drucksieb-Substrat kann ähnlich wie in der ehemaligen Thyristorfertigung die Maschine mit Kamera und Monitor ausgerüstet sein.
- Die Hiki-Siebdruckmaschine besitzt keine Vorrakel zum gleichmäßigen Füllen des Drucksiebes.

Aus den o.g. Nachteilen ergibt sich die wissenschaftlich-technische Aufgabenstellung zur Vorbereitung des Aufbaues einer Siebdruckfertigungslinie auf Basis "Hiki":

- Komplettierung der Hiki-Siebdruckmaschine mit Vorrakeleinrichtung und Kamera mit Monitor
- Schaffung einer Meßeinrichtung zum schnelleren Einrichten von Tisch, Siebdruckaufnahme und Drucksieb.
- Erweiterung der Kapazität der Hiki-Siebdruckmaschine

#### 1.2.2.

Optimierung der Siebdrucktechnologie zur Erzielung bestimmter Schichtstärken. Neben dem Einrichten der Siebdruckmaschine muß auch dem Drucksieb große Aufmerksamkeit gewidmet werden. Das Drucksieb ist ein mit Siebgewebe aus Edelstahl bespannter Rahmen. Das Siebgewebe wird mit einer lichtempfindlichen Emulsionsschicht überzogen, in der über eine Fotoschablone die zu druckende Struktur abgebildet wird.

Je feiner die Struktur, je feiner muß das Gewebe sein, desto geringer wird die gedruckte Schichtstärke. Eine Erhöhung der Schichtstärke ist bei vorgegebenem Gewebe in geringen Maßen durch eine zusätzliche Emulsionsbeschichtung möglich.

Die zu druckende Schichtstärke ist weiterhin vom Feststoffgehalt des Pastensystems und in zweiter Linie von dem an der Maschine eingestellten Parameter abhängig. Die Aufgabe zur Optimierung der Siebdrucktechnologie besteht also im folgendem:

- Richtige Auswahl des Siebgewebes entsprechend der Feinheit der zu druckenden Struktur und der geforderten Schichtstärke
- Bestimmung der zusätzlichen Siebgewebebeschichtung zur Erreichung der geforderten Schichtstärke bei vorgegebenem Pastensystem.

### 1.2.3. Optimierung des Mo-Leiterpastensystem

Erfahrungen beim Metallisieren von Keramikisolierteilen liegen im WF vor, sind aber für das strukturierte Metallisieren mittels Siebdruck nur bedingt brauchbar. Von der Leiterpaste werden neben der Haftfestigkeit die Bondbarkeit, ein bestimmter elektrischer spezifischer Widerstand und für das Siebdrucken ein pseudo-plastisches thixotropes Verhalten gefordert.

In der Tabelle 1 wird eine Übersicht über die Abhängigkeiten zwischen den Eigenschaften der Pastenkomponenten und den nach dem Einbrennen zu erwartenden Schichteigenschaften gegeben. Daraus ist zu erkennen, daß zur Erzielung bestimmter Schichteigenschaften viele Optimierungsvorgänge und Entwicklungsarbeiten bei der Pastenzusammensetzung notwendig sind und daß auch den Mischungs- und Homogenisierungsprozessen bei der Pastenherstellung große Aufmerksamkeit geschenkt werden muß. Siebdruckpastenentwicklungen für mikro-elektronische Bauelemente rechtfertigen eine eigene selbständige Themenbearbeitung.

Im Rahmen dieses Themas wird versucht, die zur Zeit in der Laborproduktion von CCD-Keramikgehäusen verwendete Mo-Leitersiebdruckpaste in einigen Eigenschaften zu verbessern.

Ziel ist es:

- Die Rauigkeit durch Einsatz von klassifiziertem Mo-Metallpulver zu verbessern.

- Das Verhältnis klassifizierte Mo-Leitkomponente zu F 8 - Forsteritwirkstoffkomponente zu optimieren, was einer Optimierung zwischen Leitfähigkeit und Haftfestigkeit gleichkommt.
- Das organische Trägersystem V 200 vom Kombinat Elektrische Bauelemente Teltow (EBT) wegen des besseren rheologischen Verhaltens beim Siebdrucken einzusetzen.
- Das maschinelle Homogenisieren der Paste bei der Überleitung der Siebdrucktechnik in die Produktion einzuführen.

1.2.4. Wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit mit dem VEB KWH

Entsprechend dem Rahmenvertrag vom 10. 03. 1981 und der Anlage 4 zum Rahmenvertrag vom 10. 12. 1985 ist durch eine K-Entwicklung ein Keramikgehäuse für die Typen L 133C, L 216C und L 220C auf Basis  $Al_2O_3$  zu realisieren.

1.2.5. Erprobungen von Teilausrüstungen und Technologien für das Keramikzentrum im VEB WFB.

Zur qualitativen und quantitativen Bedarfsabdeckung werden neue und bessere Ausrüstungen für das Keramikzentrum bestellt, die bei Anlieferung erprobt werden.

1.2.6. Weltstandevergleich

Das Gehäuse eines mikroelektronischen Bauelementes hat die Aufgabe

- den Mikrochip vor Umwelteinflüssen zu schützen,
- die Verlustwärme abzuführen und
- die Verbindung von der Mikrostruktur zur Makrostruktur herzustellen.

Beim Weltstandevergleich werden im allgemeinen Daten von Bauelementen miteinander verglichen. In diesem Zusammenhang wird über das Gehäuse nur mitgeteilt, aus welchem Material es besteht und wie hoch die Pinzahl ist, weil die Konstruktion des Gehäuses davon beeinflußt wird. Eindeutig ist, daß der internationale Trend bei der  $Al_2O_3$  - Keramik liegt. Für spezielle Anwendungen wird das teure ALN als Primärstoff eingesetzt (Siehe Anhang 5. 2).

Zur besseren Beurteilung für weitere Bauelementeentwicklungen im WFB ist in Tabelle 2 ein Vergleich der beiden Ausgangsmaterialien  $Al_2O_3$  - Keramik und Forsteritkeramik durchgeführt worden.

## 2. Bearbeitungsablauf, Variantenvergleich

### 2.1. Erhöhung der Kapazität der "Miki - Siebdruckmaschine

Für das Siebdrucken großer Stückzahlen stehen zwei Varianten zur Debatte:

- a) Drucken von vielfach angeordneten Einzelstrukturen auf ein großflächiges Substrat
- b) Drucken von Einzelstruktur auf Einzelsubstrat

Zu a) Diese Variante kann auf Grund der im WF vorhandenen Forsterittechnologie nicht angewendet werden. Das hierfür geeignete Maschinenprinzip entspricht dem der "Miki" - Siebdruckmaschine

Zu b) Diese Druckart ist für die im WF vorhandene Forsterittechnologie geeignet. Das Maschinenprinzip entspricht aber dem der "Zeiko" - Siebdruckmaschine.

Da aus ökonomischen Erwägungen heraus, die "Miki" - Siebdruckmaschine vorgegeben ist, besteht zur Erhöhung der Kapazität nur die Möglichkeit, mehrere einzelne Substrate gleichzeitig in einem Druckvorgang zu metallisieren. Hier-

für wird in weiteren der Ausdruck Mehrfachdruck verwendet. Nachteilig bei diesem Verfahren ist, daß die Dickentoleranz der Einzelsubstrate auf die Toleranz der gedruckten Schichtstärke und auf die Güte des Druckbildes Einfluß hat, da mit der Dickentoleranz der Abstand Substratoberfläche - Drucksieb (Snappoff) schwankt und, weil konstant eingestellt, der Rakeldruck für jedes Substrat verschieden groß wird.

Der Mehrfachdruck muß also über eine größere Stückzahl erprobt und ausgewertet werden.

Durch die Komplettierung der "Hiki" - Maschine mit einer Vorrakel wird das Füllen der offenen Siebgewebemaschen vor dem eigentlichen Strukturrakeln erreicht. Auf diese Weise werden die gedruckten Schichtstärken reproduzierbar und gleichmäßiger, was zur Erprobung des Mehrfachdruckes und zu seiner eindeutigen Auswertung notwendig ist. Zugleich kann dadurch die Rakelgeschwindigkeit gesteigert werden, was sich auf die Maschinenkapazität auswirkt.

Weitere Möglichkeiten zur Erhöhung der Maschinenkapazität werden nicht gesehen (Siehe auch Pkt. 1.2.1. a).

## 2.2. Komplettierung der "Hiki" - Siebdruckmaschine

Die Komplettierung der "Hiki" - Siebdruckmaschine ist für den Mehrfachdruck notwendig und begründet. Sie ist entsprechend der Forderungsliste vom 02. 12. 85 zu 3/87 geplant, die Aufgabenstellung dazu wurde am 15. 03. 86 herausgegeben.

Die Einordnung und Bilanzierung bei T erfolgte am 22. 01. 87 mit der Zielstellung, die Konstruktion bis 10/87 und die erste Stufe (Vorrakel) bis 03/88 abzuschließen. Vervollständigt wird die Komplettierung mit dem Anbau von Kamera und Monitor bis 06/88, sofern die beiden Geräte vom Hersteller bis dahin geliefert wurden.

Diese Verzögerung bedeutet, daß neben der Erprobung des Mehrfachdruckes auch das Ziel, die Siebdrucktechnik bis 12/88 an R in die Produktion überzuleiten (Siehe PH vom 25. 07. 86 Pkt. 2.1.3.), sich auf 12/89 verschiebt. Damit

wird die Bearbeitung im folgenden V-Thema abgeschlossen ( V5/O = 12/89).

### 2.3. Drucksiebherstellung

Die Optimierung der Drucksiebtechnologie zur Erzielung bestimmter Schichtstärken wird durch die Herstellung geeigneter Drucksiebe erreicht.

Innerhalb des Werkes werden Siebe in RL 3 hauptsächlich für die LCD-Fertigung hergestellt, deren Ausrüstungen und Material (auch NSW-Material) für die Aufgaben des Themas vollgenutzt wurden und sowohl für das Nachfolgethema als auch für die Überleitung in die Produktion genutzt werden.

Ablösekonzeptionen für das NSW-Material bestehen in R. Eigene Überlegungen zur Einsparung von NSW-Material bestehen in der Einführung von DDR-Siebdruckgeweben beim Nickeldruck. Beim Strukturdruck werden vorerst noch keine Ablösemöglichkeiten gesehen.

### 2.4. Mo - Leiterpastensystem

Die Optimierung des Mo-Leiterpastensystems mit dem Ziel, die Rauigkeit der eingebrannten Schicht zu verbessern, kann durch den Einsatz eines dafür geeigneten Mo-Pulverkornepektrums erreicht werden.

Ausgangsmaterial ist das Mo-Metallpulver Sorte 1 nach TGL 13 791 vom VEB Chemiekombinat Bitterfeld, dessen Kornepektrum zwischen 1....60 µm liegt.

Mit dem "Alpine Multiplex Zickzacksichter 100 MZR" der Bergakademie Freiberg wurde aus dem Ausgangsmaterial ein Kornepektrum klassifiziert, in dem 80 % der Körnung zwischen 3 und 5 µm liegen.

Mit diesem Mo-Pulver werden Pasten hergestellt, die bei der Keramikgehäusefertigung für CCD-BE zur Metallisierung der Keramikteile eingesetzt werden. Als Ergebnis wurde bei der eingebrannten Metallisierungsschicht fol-

gende Werte gemessen:

Rauhigkeit	5...9 $\mu\text{m}$	
mittlere Rauheit	4,5 - 6,5 $\mu\text{m}$	bei
Schichtstärken von	11...16 $\mu\text{m}$	

Um die Rauhigkeit unter dem im PH vorgeschlagenen Wert von 5  $\mu\text{m}$  zu drücken, muß versucht werden, verschiedene Kornfraktionen hoher Trennschärfe zu erzeugen und sie gegebenen Falles in bestimmten Verhältnissen miteinander zu mischen.

Die Ablösevariante Schwerkraftwindsichter des V-Thomas 441 mit den Abschlüssen V 2 - 6/87 und V 5/0 - 6/88 und mit dem Aufbau einer Sichteranlage für den VEB WFB im III. Quartal 1987 erreicht vorläufig nicht die Ergebnisse des Zickzacksichters:

Kornspektrum 75 % im Bereich 1...5  $\mu\text{m}$

In wie weit eine Kornfraktion hoher Trennschärfe (z.B. 1...3  $\mu\text{m}$ ) mit dem Schwerkraftwindsichter verwirklicht werden kann, ist noch nicht abzusehen und nach unserer Meinung auf Grund des Schwerkraftprinzips nicht sehr wahrscheinlich.

## 2.5. Tampondruck

Aus den Untersuchungen zu kostengünstigen Herstellungsvarianten ergab sich der Tampondruck als eine technologische Variante zum Arbeitsgang Versenkstreichen bei den Keramikteilen. Der Tampondruck wurde deshalb als zusätzliche Aufgabe in's Thema übernommen.

Das Versenkstreichen wird unter einem Binokular ausgeführt und erfordert von der Arbeitskraft hohe Konzentration. Die Arbeitszeit des Versenkstreichens beträgt je nach Größe und Form des Versenks, ohne Berücksichtigung der Pausen bei Arbeiten unter dem Mikroskop, bis zu zwei Minuten.

Der Tampondruck ist ein Verfahren, bei dem mittels eines Tampons Paste aus einem Klischee über eine Zwangsführung

in das Versenk übertragen werden kann, so daß der subjektive Einfluß der Arbeitskraft wegfällt.

Tampondrucker werden im NSW-Ausland hergestellt. Zum Beispiel die Druckmaschine TC 70 Teca-Print-AG, Schweiz, die im VEB KWH zum Einsatz kommt. Die Kapazität dieser Maschine ist sehr hoch und soll nach Prospekt maximal 1800 Drucke pro Stunde betragen.

Im Vergleich zu den Siebdruckpasten sind für den Tampondruck besondere Pasten notwendig, da sonet keine vollständige Übertragung der Paste vom Klischee zum Substrat erfolgt. Die folgenden Bedingungen machen das anschaulich:

Siebdruck:           Haftfestigkeit der Paste gegenüber dem Sieb <  
                           Haftfestigkeit der Paste gegenüber dem Keramiksubstrat

Tampondruck:       Haftfestigkeit der Paste gegenüber dem Klischee <  
                           Haftfestigkeit der Paste gegenüber dem Tamponmaterial <  
                           Haftfestigkeit der Paste gegenüber dem Keramiksubstrat.

Zur Herstellung des Tampon gibt es im Hause keine Erfahrungen. Durch Konsultationen mit dem VEB KWH ist aber die Grobtechnologie zur Herstellung des Tampons aus Gelatine G4 bekannt. Für experimentelle Versuche wurde trotz der angeführten Schwierigkeiten ein einfacher von handbetriebener Tampondrucker zu 12/87 in Auftrag gegeben. Realisierungstermin wird nach Auskunft von TF 4 05/87 sein.

### 3. Ergebnis der Arbeit

#### 3.1. Technische Lösungen

##### 3.1.1. Vorbereitungen zum Aufbau einer Siebdruckfertigungslinie

Verwendet wird die "Hiki" - Siebdruckmaschine aus der UVR. Das Maschinenprinzip der Hiki hat mehrere Nachteile für die Fertigung hoher Stückzahlen und für schnelles Umrüsten bei einer größeren Anzahl zu druckender Strukturen.

Das schnelle und sichere Umrüsten und Einrichten der Maschine wird gelöst:

- durch das Einrichten der Maschine mittels Meßuhren, bei dem die Drucksiebenebene auf die Tischebene parallel und im richtigen Abstand zum Sieb übertragen wird.
- durch eine einheitliche Konstruktion der Siebdruckaufnahmen, die mit geringen Toleranzen gewährleisten, daß die zu bedruckenden Substratoberflächen für verschiedene Substratabmessungen alle gleiche Höhe haben.
- durch die Komplettierung der Maschine mit Monitor und Kamera.

Die Erhöhung der Kapazität soll durch die Einführung des Mehrfachdruckes erreicht werden. Das bedeutet, daß bei Einhaltung eines für eine längere Lebensdauer des Siebes geeigneten Siebrahmen-Druckfensterflächenverhältnisses von 9:1 gleichzeitig maximal 4 Keramikteile beim Flachdruck strukturiert werden können und beim Seitendruck maximal 10 Teile. Dieses Verfahren bedarf der Erprobung. Eine eindeutige Auswertung ist nur durch die Komplettierung der Maschine mit einem Vorrakel möglich (siehe Pkt. 2.1. und 2.2.).

In das PH des nachfolgenden V-Themas werden folgende Aufgaben übernommen:

- Konstruktion und Bau einer einfachen Meßuhrenhalterung bei Anlieferung der Hiki-Siebdruckmaschinen
- Erstellung der APA zum Einrichten der Hiki-Maschine
- Erprobung und Auswertung des Mehrfachdruckes

### 3.1.2. Lösungswege zur Optimierung der Siebdrucktechnologie

Die Lösung zur Herstellung von Drucksieben liegt in der Nutzung der Anlagen- und Produktionskapazität von RL 3, die Drucksiebe hauptsächlich für die LCD-Fertigung herstellen.

Fotovorlagen für den Mehrfachdruck und Drucksiebe zu seiner Erprobung sind vorhanden.

Die Optimierung der Siebdrucktechnologie in Bezug auf die Schichtstärke  $15 + 5 \mu\text{m}$  bei vorgegebener Feinheit der Struktur ist ebenfalls von der Komplettierung der Maschine mit dem Vorrakel abhängig und wird parallel zur Erprobung des Mehrfachdruckes durchgeführt, was im PH zum V-Thema ausgewiesen wird.

Die Stärke der eingebrannten Leiterschicht hängt von den Pasteneigenschaften Feststoffgehalt und Schrumpfung, von der Gewebedicke, von der offenen Siebfläche und von der zusätzlichen Beschichtungsdicke ab.

Es läßt sich abschätzen, daß die Gewebe für den Strukturdruck im Bereich einer Fadenzahl von ca 120 pro cm mit einer Gewebedicke von ca 65 bis 85  $\mu\text{m}$  liegen müssen. Mit einer zusätzlichen Beschichtung zwischen 5 bis 20  $\mu\text{m}$  wird dann die geforderte Schichtstärke eingestellt. Dünnere Gewebe mit einer zusätzlichen Beschichtung von über 20  $\mu\text{m}$  führen aus technischen und physikalischen Gründen zur Qualitätsverschlechterung der Drucksiebe. Es wird folgende Lösung zur Erhöhung der Schichtstärke und zur Ablösung des japanischen Gewebes vorgeschlagen:

- Für den Mo-Strukturdruck vorerst Japan-Gewebe 300 mesh, statt 400 mesh einzusetzen.
- Für den Rückseiten- und Seitendruck das Japan-Gewebe durch Gewebe aus DDR-Aufkommen abzulösen.

Das Problem besteht nicht in der technischen Durchführung der Optimierung, sondern im Beschaffen von Geweben mit einwandfreier Qualität in Mindestlängen von 2,10 m aus dem VEB Metallweberei Neustadt (Orla).

### 3.1.3. Lösungswege zur Optimierung des Pastensystems

- Geht man davon aus, daß die Mo-Teilchen angenähert Kugelform besitzen und sie in der gedruckten Schicht eine Kugelpackung bilden, dann wird die Rauhmigkeit offensichtlich geringer, wenn die Zwischenräume in der Kugelpackung bei vorgegebenem Größtkorn mit kleineren Teilchen ausgefüllt werden.

So ist zum Beispiel bei einer Kugelpackung mit dem Größtkorn von 5  $\mu\text{m}$  der Anteil des Feinkornes unter 1  $\mu\text{m}$  an der Gesamtmenge sehr hoch und liegt im Bereich von 35 bis 50 %. Die Kornfraktionen 1 bis 3  $\mu\text{m}$  und 3 bis 5  $\mu\text{m}$  sind ungefähr zu gleichen Teilen in dieser Menge enthalten.

Für die Erniedrigung der Rauhmigkeitswerte müßte zur derzeitig verwendeten Kornfraktion wahrscheinlich eine Kornfraktion von 0,25 bis 1,5  $\mu\text{m}$  in einem bestimmten Verhältnis hinzugefügt werden oder aber es genügt vielleicht eine Kornfraktion herzustellen, die im Bereich von 0,5 bis 3  $\mu\text{m}$  liegt. Wie in Pkt. 2.4. ausgeführt, sind die zur Zeit erreichbaren Ergebnisse für die

Rauhmigkeit            5 - 9  $\mu\text{m}$     und für die  
mittlere Rauhmigkeit 4,5 - 6,5  $\mu\text{m}$ .

Auf Grund fehlender Ausrüstungen besteht erst ab 06/88 bei positiver Erprobung des Schwerkraftwind-sichters die Möglichkeit, verschiedene Kornfraktionen herzustellen und sie gegebenen Falles miteinander zu mischen.

- Die Erhöhung des Feinanteiles kann zur Veränderung der Haftfestigkeit zwischen der Leiterschicht und dem Keramiksubstrat führen und auch die Leitfähigkeit der Schicht beeinflussen.  
Die Ursache liegt erstens darin, daß der oxidierte Mo-Pulveranteil mit dem Feinkornanteil steigt und

zweitens sich die spezifische Oberfläche des Pulvers vergrößert, was im Zusammenhang mit der Schmelzphase der F 8 - Forsterit - Wirkstoffkomponente als Haftvermittler und deren Kornepektrum gesehen werden muß.

Unter Umständen muß das Verhältnis Haftfestigkeit - Leitfähigkeit der Schicht durch Änderung des Mengenverhältnis von Leit- und Wirkstoffkomponente nachträglich entsprechend korrigiert werden.

- Zur Verbesserung der rheologischen Eigenschaften für das Siebdrucken wurde der Pastenansatz mit dem organischen Trägersystem V 200 vom VEB Kombinat Elektronische Bauelemente Teltow (EBT) hergestellt und angeteilt.

Das Trägersystem enthält 4,5 % Ethylzellulose, das in Terpeneol gelöst ist. Die Siebdruckbarkeit und die Linienauflösung waren gut. Das Austrocknen der Paste durch Verdunstung der Lösemittel ist geringer als bei der WF-Mo-Paste, so daß mit einem Pastenauftrag länger siebgedruckt werden kann.

Das organische Trägersystem, vom VEB EBT "Verdünner V 200" genannt, wird bei der Kondensatorherstellung gebraucht und kann handelsüblich bezogen werden. Es wurde 1 kg V 200 über Wirtschaftsvertrag bestellt. Die Menge reicht vorerst für die Laborjahresproduktion 1987.

- Die Pastenansätze für die Laborproduktion betragen im Durchschnitt ca 15 - 25 g je nach zu druckender Chargengröße. Die Menge kann von Hand in einem Achat-Mörser homogenisiert werden.

Für eine spätere Produktion hoher Stückzahlen ist es günstiger, eine größere Pastenmenge herzustellen, um einen Vorrat für ca 1 bis 2 Wochen zu schaffen, was ungefähr einem Pastenansatz von 300 bis 500 g entspricht. Diese Menge kann man noch von Hand verrühren und mischen, aber nicht mehr homogenisieren.

Dafür wird der Dreiwalzenstuhl benutzt, bei dem größere Pastenteile wie Klumpen, Agglomerate u.a. durch entgegengesetztes Drehen der Walzen mechanisch aufgespalten werden. Nach zweimaligem Wiederholen dieses Vorganges ist die Paste als homogen zu betrachten. Die Paste muß nach dieser Prozedur mindestens 2 Stunden "ruhen", damit sich die durch die Beanspruchung zerstörte rheologische Struktur wieder neu aufbauen kann.

Erfahrungen beim maschinellen Homogenisieren liegen in RV 5 vor, die Ni-Pasten in größeren Mengen herstellen.

Da das Homogenisieren eine notwendige Voraussetzung für die Siebdruckfähigkeit der Pasten und deren Lagerfähigkeit ist, wird das Dreiwalzenstuhlverfahren mit der Siebdrucktechnologie in die Produktion übergeleitet und im PH zum V-Thema ausgewiesen. Ein Dreiwalzenstuhl ist in ETL 1 vorhanden.

3.1.4. Ergänzungen zum Aufbau einer Siebdruckfertigungslinie  
Die Hauptprobleme beim Aufbau einer Siebdruckfertigungslinie sind

- die Siebdruckmaschine
- das Pastensystem                      und
- die Herstellung der Drucksiebe.

Daneben existieren Randbedingungen, die notwendige Voraussetzungen für den technischen Siebdruck sind:

1. Klimatisierte und staubfreie Räume für das Herstellen der Paste, für das Siebdrucken und Tampondrucken
2. Besondere Kleidung und Verhaltensweise der AK
3. Das Vorhandensein eines Systems zur Reinigung der Drucksiebe

Wie wichtig diese Randbedingungen sind, ist aus der LCD-Fertigung bekannt. Da die Keramikgehäuse im Ver-

gleich zu optoelektronischen Bauelementen keine besonders komplizierten elektrischen Funktionen zu erfüllen haben, können die beiden ersten Randbedingungen etwas gelockert werden:

- Statt klimatisierte und staubfreie Räume werden teilklimatisierte und staubfreie Räume gefordert.
- Keine besondere Kleidung. Das Verhalten der AK im Arbeiteraum wird in einer APA festgelegt.

Die Teilklimatisierung wird gefordert, weil sich die Viskosität der Pasten exponentiell mit der Temperatur ändert. Das heißt, daß geringe Temperaturschwankungen große Viskositätsänderungen nach sich ziehen und der Siebdruck damit zum Problem wird.

Da beim Siebdrucken und Tampondrucken große ungeschützte Pastenoberflächen existieren, wird der vorhandene Staub in die Paste eingebettet und mit verarbeitet, was zu

- Verstopfungen von Maschen des Siebgewebes und
- Fehlerhaften Strukturen

führt.

Der Einfluß grober Staubpartikel auf den Einbrennprozeß der Schicht soll hier nicht diskutiert werden.

Bei der Reinigung der Drucksiebe kommt es darauf an, mit Lösungsmitteln das offene Siebgewebe von der Paste rückstandslos zu säubern. Die einfachste Methode wäre, das Drucksieb in das Lösungsmittel zu tauchen und ohne andere Hilfsmittel zu säubern. Bei den im Hause verwendeten üblichen hochpolaren Lösungsmitteln wie Butylacetat, Aceton u. a. wird sowohl die Emulsionsschicht als auch der Kleber, der das Gewebe mit dem Rahmen verbindet, angegriffen, so daß das Sieb schnell unbrauchbar wird. Um das Sieb weitgehende zu schonen, wird die Paste mit in Lösungsmittel getauchten Pinsel, Zellstoff und Leinenlappen entfernt. Zurück bleiben Fussel, Haare und grobe Staubanteile, die nicht mit Preßluft herausgeblasen werden dürfen, da sich sonst die Emulsionsschicht vom Siebgewebe löst. Das schonenste, einfachste und saue-

berste Reinigungssystem von Drucksieben wird in der LCD-Fertigung praktiziert und sollte wegen des geringen Arbeitszeitaufwandes genutzt werden:

- Reinigen mit hochpolaren Lösungsmittel Methylisobutylketon (MIBK)
- Unter Verwendung der staub- und fusselfreien Wischtücher

Beides NSW-Materialien, die bisher nicht abgelöst werden konnten.

### 3.1.5. Tampondruck

Das Ersetzen des Versenkstreichens durch den Tampondruck ist sowohl ökonomisch als auch technisch eine gute Lösung, da

- der subjektive Einfluß der AK wegfällt,
- sich die Qualität der Metallisierung erhöht,
- die Mikroskoperbeiten wegfallen und
- sich die Kapazität beim Versenkmetallisieren wesentlich erhöht.

Für experimentale Untersuchungen wurde vorerst ein von Hand zu bedienender Tampondrucker konstruiert, der zu 05/87 von TF 4 fertiggestellt wird.

Die Untersuchungen werden sich auf die Herstellung geeigneter Tamponformen für verschiedene Versenkabmessungen und auf das Pastenproblem beziehen. Trotz der zu erwartenden recht umfangreichen experimentellen Arbeiten, wurde der Tampondruck wegen seiner Vorteile zusätzlich in's Thema einbezogen. Die Erhöhung der Kapazität des Tampondruckens läßt sich durch eine Automatisierung bestimmter Bewegungsabläufe beim Drucken erreichen.

### 3.1.6. Meßtechnik

In der Zielstellung wurde die Meßtechnik nicht erwähnt, weil es nicht notwendig war, im Rahmen des Themas besondere Meßtechnik zu entwickeln. Dessen ungeachtet wird bei zwei Prüfvorgängen Meßtechnik eingesetzt:

- Zur Kontrolle der Haftfestigkeit der siebgedruckten Mo-Struktur nach dem Einbrennen, in dem je Charge an einigen Gehäuseteilen Pinstreifen angelötet werden und diese bei QMK unter definierten Bedingungen einer Abreißprobe unterzogen werden. Die Abreißfestigkeit muß  $\geq 10$  N betragen, damit der Posten frei gegeben werden kann.
- Zur Kontrolle der Leiterbahnen jedes Gehäuses, in dem nach dem Löten der Pinstreifen an das Gehäuse die Leiterbahnen von der Bondstelle bis zum Pin auf elektrischen Durchgang geprüft werden, der durch ein akustisches Signal angezeigt wird.

Der im Rahmen des Thomas bestellte Spitzenmeßplatz ist eine Erweiterung des akustischen Durchgangeprüfers. Er gestattet, Widerstandswerte digital abzulesen, was für Überwachungs- und Entwicklungsaufgaben erforderlich ist.

### 3.1.7. Stand der Erprobungen von Teilausrüstungen und Technologien für das Keramikzentrum im VEB WF.

Außer Spritzen und Siebdrucken werden gegenwärtig alle Arbeiten der Keramikgehäuseherstellung für die CCD-Bau-elemente L 110C und L 133C an R übergeben.

Im Anhang Tabelle 3 sind die Ausrüstungen für das Keramikzentrum aufgelistet. Es sind bis auf die Viskosimeter Rheotest 2 noch keine Ausrüstungen außer VWP's geliefert worden. Der Stand bei den einzelnen Ausrüstungsaufkommen ist wie folgt:

- TGM aus MEE-Aufkommen

Die Bearbeitung zu den Ausrüstungen aus dem MEE-Aufgaben erfolgt gemäß VWS-Richtlinie

- TGM aus dem SW

Zu den bestellten 3 Siebdruckmaschinen (1x1987, 2x1988) liegt seitens des Außenhandels noch keine Bestätigung vor. Die Entwicklungsarbeiten zum Siebdruckkomplex werden derzeit an einer von

CTF 2 ausgeliehenen Hiki-Siebdruckmaschine durchgeführt.

- TGM aus Inland

Die Lieferung der zwei Rheotest erfolgte am 10.03.87. Bis auf die Laminarbox, die ab 04/87 geliefert wird, ist keine Bestätigung der Bestellungen erfolgt. In zwei Fällen sind die geforderten Dringlichkeiten den Lieferterminen zugesandt worden.

- Eigenleistungen T

Es sind 1987 eingeordnet und terminisiert:

der Spitzenmeßplatz bis 11/87

die Komplettierung der "Hiki" bis 06/88

die Steuereinheit als NL bis 12/87 und

1x als TGM 01/88.

Die verschiedenen Standpunkte zur Komplettierung der "Hiki" und zur Steuereinheit sind in einem Differenzprotokoll bei ET 02 festgehalten. Die Aufgabenstellung zur Steuereinheit wurde aktualisiert.

Der Spritzautomat KS 5 wird über die Neuerervereinbarung 87/057 bis 06/89 realisiert. Alle anderen 87er Forderungen sind auf 1988 verschoben und nicht eingeordnet.

- VWP's

Der Tamponhanddrucker wird zu 05/87 realisiert. Alle VWP's wurden termingerecht realisiert.

3.1.8. Stand der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit mit dem VEB KKWH

Grundlage für die Zusammenarbeit zwischen dem VEB WFB und dem VEB KWH ist der Rahmenvertrag über die Koordinierung von Arbeiten zur Entwicklung von keramischen Gehäusen für CCD-Bauelemente vom 10.03.1981. In der Anlage 4 zum Rahmenvertrag, Durchführung von Entwicklungsarbeiten zu Ke-

ramikgehäusen für CCD-Bauelemente im Zeitraum 1986-1988, sind die weiteren Arbeiten terminlich festgelegt worden.

Im Januar 1986 wurden dem VEB KWH die Zeichnungsunterlagen für die Mehrlagengehäuse DIP-MK 24/133, DIP-MK 24/220 und DIP-MK 18/216 übergeben, welche die Grundlage für den Gehäuseentwurf DIP-MK 24/133 des VEB KWH vom 22. 08. 86 bildeten. Abweichungen in den Maßen und Toleranzen wurden in gegenseitigen Konsultationen abgestimmt. Zu 03/86 wurden vom VEB WFB die Entwicklungsforderungen zum Rahmenvertrag übergeben, auf deren Grundlage das Pflichtenheft für das A-Thema "Einsatz der keramischen Mehrlagentechnologie für Gehäuse der Optoelektronik auf der Basis wäßrig verschlickter Folien" erarbeitet wurde. Dem VEB WFB wurde der Literatur- und Patentbericht zum Thema übergeben.

Am 22. 08. 1986 fand im VEB KWH die Eröffnungsverteidigung des A-Themas statt. Das Ziel des Themas ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von 24-poligen Mehrlagengehäusen aus dunkler  $Al_2O_3$  - Keramik. Die Gehäuse sind für optoelektronische CCD-Schaltkreise des VEB WFB vorgesehen.

In Ausführung, Abmessungen, Werkstoffeigenschaften und technologischer Weiterverarbeitbarkeit müssen diese Gehäuse dem internationalen Stand entsprechen.

Die Einführung auf Basis GLE erfolgt im Rahmen einer K-Entwicklung bis 09/88 in dem zentral geplanten Investobjekt "Oxidkeramik", die Serienproduktion soll dort bis 02/89 aufgenommen werden.

Der zeitliche Themenablauf ist wie folgt geplant

A 0	=	06/86
A 1	=	06/86
A 2	=	03/87
A 3	=	06/87
A 4	=	11/87

Zum Abschluß des Themas sollen die Dokumentation eines

Laborverfahrens zur Herstellung von keramischen Mehr-lagengehäusen vorliegen, die Übergabe erster Labor-muster vom Gehäusotyp MK 24 / L 133C zur Erprobung dem VEB WFB übergeben und ein abgestimmtes Pflichten-haft für die K-Entwicklung der Gehäuse L 133C und L 220C erarbeitet werden.

Das A-Thema im VEB KWH läuft z. Z. noch planmäßig.

### 3.1.9. Wissenschaftlich-technische Beschreibung des Isola-tionsdruckes

Im Protokoll zur Verteidigungsstufe A 1 vom 25. 7. 86 wurde eine wissenschaftlich-technische Beschreibung des Isolationsdruckes gefordert, um die Einordnung dieser Aufgabenstellung für spätere Entwicklungsleistun-gen zu erleichtern.

Der Isolationsdruck für die CCD-Keramikgehäuse wird ge-braucht, wenn die Mo-Leiterschicht eine Struktur besitzt, bei der die Bonddrahtbrücke vom Chip zur Leiterbahn über eine andere Leiterbahn führt. Es besteht die Gefahr, daß der Bonddraht diese berührt und das CCD-BE unbrauchbar wird. Deshalb soll die Mo-Leiterschicht durch eine Isola-tionschicht abgedeckt werden. Der Einfachheit halber wird das ganze Substrat mit dieser Schicht überzogen, so daß eine bis auf die Bondinseln geschlossene Isolationschicht entsteht. Sie wird wie die Mo-Leiterstruktur durch Sieb-drucken aufgetragen und es können die in diesem Bericht aufgeführten Technologien und Ausrüstungen genutzt werden. Jede Schicht wird einzeln hergestellt und eingebrannt, wobei jede Schicht eine andere Einbrenntemperatur zur Er-zeugung der Haftfestigkeit besitzt.

Das Problem des Isolationsdruckes besteht im wesentlichen darin, einen geeigneten isolierenden Feststoffanteil zu-entwickeln und diesen durch bekannte Mittel zu einer Paste anzurühren.

Der vor dem Ansetzen der Paste pulverisierte Feststoffan-teil besteht hauptsächlich aus glasschmelzbildenden Me-

talloxiden, die in einer bestimmten chemischen und mengenmäßigen Zusammensetzung in ihm enthalten sind. Diese Zusammensetzung hat folgende Bedingungen zu erfüllen:

- Einbrenntemperatur (Schmelztemperatur) des Feststoffes soll unterhalb der Schmelztemperatur des Substrates und der Einbrenntemperatur der Mo-Leiterschicht liegen
- Chemische Verträglichkeit gegenüber dem Substratmaterial und der leitenden Schicht
- Vernetzbarkeit an den Grenzschichtflächen zur Erzeugung einer Haftfestigkeit
- Anpassung des linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten an das Substrat- und Leiterschichtmaterial, derart, daß in der dünnen geschlossenen Isolationsschicht eine Druckspannung erzeugt wird, um Ribbildungen zu vermeiden.

Die Entwicklung eines für Forsteritkeramiksubstrate geeigneten Feststoffanteiles zur Erzeugung von Isolationspasten ist sehr aufwendig, sowohl im Hinblick auf die Entwicklungsarbeiten als auch für den Ausrüstungsbedarf. WF-Kapazitäten sind nicht vorhanden. Es müssen eine erhebliche Anzahl von glasartigen Schmelzen hergestellt werden, die dann pulverisiert als Feststoffanteil zu Pasten verarbeitet und entsprechend den oben genannten Bedingungen untersucht werden. Glasschmelzbildende Metalloxide werden im Rahmen des F/E-Themas "Neue Technologien für Metall-Keramik-Verbindungen" bearbeitet.

Eine Konsultation VEB WF mit dem VEB Elektronische Bauelemente Teltow ergab, daß wegen des hohen Bleioxidgehaltes (ca 60 %) die dort hergestellten Isolationspasten für Forsteritkeramik nicht geeignet sind und die Einordnung von Entwicklungsarbeiten für andere Isolationspastensysteme wegen mangelnder Kapazität nicht möglich ist.

### 3.2. Ökonomische Ergebnisse

#### 3.2.1. Untersuchungen über kostengünstige technologische Varianten

ten zur Herstellung von CCD-Keramikgehäusen.

Im Rahmen der Untersuchungen zu kostengünstigen technologischen Herstellungsvarianten von CCD-Keramikgehäusen wurde eine Übersicht über die internationalbekanntesten Gehäusetypen gegeben und Technologievarianten aufgeführt sowie die Gehäusematerialien miteinander verglichen. Im weiteren wurde eine Gegenüberstellung der jetzigen Laborproduktion mit der zukünftigen überzuleitenden Technologie angefertigt, so daß eine von Ü 3 gewünschte Grobkonzeption für die Technologie vorliegt. Die Einzelheiten sind im Anhang 5.2. einzusehen.

### 3.2.2. Realisierung der Produktionskapazität

Die Produktionskapazität zur Herstellung von CCD-Gehäusen wird durch

- die Ausrüstungen des Keramikzentrum
- die Einführung des Mehrfachdruckes auf der komplettierten Hiki-Siebdruckmaschine
- die Anwendung des Tampondruckes für das Versenkstreichen realisiert.

### 3.2.3. Arbeitszeitaufwand

Der Arbeitsaufwand verringert sich gegenüber der Laborproduktion durch die Einführung

- des Mehrfachdruckes
- des Tampondruckes
- des einseitigen Polierens des Keramikteiles.

### 3.2.4. Spezifischer Materialeinsatz

- Forsteritkeramikmasse
- Mo-Leiterpaste: ca 20 kg für 100 T Stck. Gehäuse
 

davon	60 %	Mo-Pulver z. Z. gesichtet 3-5 µm	: ca 12 kg
	30 %	Trägersystem V 200	: ca 6 kg
	10 %	F8 - Wirkkomponente	: ca 2 kg

Verluste beim Siebdrucken und beim Ansetzen der Paste

werden für die angegebene Menge abgeschätzt zu

0,6 kg Mo-Pulver, gesichtet

0,3 kg V 200

0,1 kg F8 - Pulver

Es wird darauf hingewiesen werden, das für das Klassifizieren des Mo-Pulvers mit dem Kornspektrum 3-5  $\mu\text{m}$  ca 50 - 80 kg Mo-Pulver Sorte 1 TGL 13791 beim Windsichten verarbeitet werden müssen.

- Drucksiebherstellung

- Epoxid-Harz-Kleber, Japan
- 300 mesh, Siebgewebe, Japan
- Gewebe vom VEB Metallweberei Neustadt/Orla  
Edelstahl 0,063 x 0,045 oder ähnliche Gewebe  
nach TGL 39404

- Gelantine G 4 von Elguwa, Leipzig

- Methylisobutylketon (MIBK) und staub- und fessel-freie Wischtücher, Japan nach Verbrauchsnormen der LCD-Fertigung.

### 3.2.5. NSW-Ablösung

Aus den vorgeschlagenen Lösungen für die Drucksiebherstellung und für die Reinigung der Siebe, die Einrichtungen und Materialien der LCD-Fertigung mitzubedenken, ergibt sich die Notwendigkeit, diese noch nicht abgelösten NSW-Materialien für eine spätere Produktion bei der Planung mit zu berücksichtigen. Ablösekonzeptionen dafür bestehen in R.

### 3.3. Erfinderische Lösungen und Darstellung der Schutzrecht-situation

Wesentliche Patente zur Metallisierung von Keramiken und zur Siebdrucktechnik sind in den Jahren 1960 - 1975 und zu Pastensystemen von 1970 - 1985 angemeldet worden. Die Patente zur Metallisierung von Keramiken sind im F/E-Thema 409 "Forsteritkeramiktechnologie" enthalten.

Die Patente zur Siebdrucktechnik, zum Tampondruck und zu Pastensystemen findet man in der internationalen Patentklassifikation

B 41 F 15/00 und Untergruppen  
B 41 M 1/00 und Untergruppen  
B 41 N 1/00 und Untergruppen  
H 05 K 3/00 und Untergruppen  
H 01 B 5/00 und Untergruppen  
C 04 B 41/14,

wobei den Klassifikationen H05 K 3/12, H 01 B 5/16 und C 04 B 41/14 besondere Bedeutung zu kommen.

Es wurden keine fremden Patente benutzt. Es werden auch keine fremden Patente berührt.

Für eine erfinderische Lösung haben sich im Rahmen dieses Themas Ansatzpunkte ergeben, die zu einer Patentanmeldung führen werden.

#### 4. Literaturverzeichnis

- 1.) Literatur- und Patentberichte zum F/E-Thema  
"Forsteritkeramiktechnologie"
- 2.) W. Funk      Dickschichttechnologie      FK 63712  
                 Philips, techn. Rdsch, 35 Nr.: 5
- 3.) H.G. Scheer Einfluß des Schablonenträgers auf die  
                 Druckbarkeit feiner Strich- und Raster-  
                 dekore im Siebdruck  
                 Sprechsaal, Vol 115, N<sup>o</sup> 10, 1982
- 4.) H. Ober      Ein Problem und seine Lösung: Der Rakel-  
                 schliff  
                 Der Siebdruck, 27. Jahrg., N<sup>o</sup> 6 / 1981
- 5.) Barry E. Taylor, John J. Felten, John R. Larry  
                 Progress in and Technology of Low-Cost  
                 Silver Containing  
                 Thick-Film Conductors  
                 IEEE Transactions on Components, Hybrids,  
                 and Manufaktering Technology N<sup>o</sup> 4 Dez. 1980
- 6.) Volker G. Bartelmäs  
                 Hautschäden und Hautschutz im Siebdruck  
                 Der Siebdruck 27. Jahrg. N<sup>o</sup> 5 / 1981
- 7.) O. Zeman      Verfahren zur Erzielung extrem dicker Schicht-  
                 aufträge bei Direktschablonen  
                 Der Siebdruck 27. Jahrg. N<sup>o</sup> 1 / 1981
- 8.) P. J. Holmes, R. G. Loasby  
                 Handbook of Thick Film Technologie  
                 Elektrochemical Publications Limeted, 1976,  
                 Scotland
- 9.) G. Guerrieri  
                 Grundlagen des Siebdruckes, Teil 1      FK 76024  
                 Sprechsaal Vol 115 N<sup>o</sup> 8      1982

## 10.) Beckert / Hartmann

Nichtmetallische Werkstoffe - allgemeinverständlich  
VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1976

5. Anhang

5.1. Tabelle 1 : Auswirkungen der Pastenkomponenteneigenschaften auf die homogenisierte Paste und auf die eingebrannte siebgedruckte Schicht

Tabelle 2 : Vergleich  $Al_2O_3$  - Keramik und Forsteritkeramik

Tabelle 3 : Aufstellung der Ausrüstungen für das Keramikzentrum im VEB WFB

5.2. ( Untersuchungen zu kostengünstigen Varianten von CCD-Keramikgehäuse.

**Siebdruckleiterpaste**  
Auswirkungen der Komp.-Eigenschaften auf

Zusammensetzung Komponente Bestandteil Komponenteneigenschaften Homogenisierte Paste Schichteigenschaften

**Feststoffanteil**

Leitkomponente	1. Edelmetallpulver	Metallart	1. Leitfähigkeit
	2. Nichtedelmetallpulver	Korngrößenverteilung Kornform spez. Oberfläche	(Bondbarkeit) 2. Lotbenetzbarkeit 3. Rauigkeit (Dichte, Bondbarkeit)

ca. 70 %

Wirksamkomponente	Isolations- und Haftkomponente	Chem. Zusammensetzung lin. Wärmeausdehnung	1. Verträglichkeit m.d. Substrat Risse, Blasenbildung, chem. Veränderungen
	(Stoffgemisch aus Metall-oxiden Glas-schmelzbildner)	Korngrößenverteilung spez. Oberfläche	2. Haftfestigkeit u. Isolationsfähigkeit

**Trägersystem**

Resinkomponente	org. Binder z.B. Ethylcellulose, Lacke, Harze	Siedepunkt Festpunkt	Keine org. Stoffe müssen vor Erreichen der Brenntemperatur verdampft bzw. oxidiert sein
		rheologische Eigenschaften	

ca. 30 %

Lösungsmittelkomponente	org. polare Lösungsmittel	Viskosität	
-------------------------	---------------------------	------------	--

Tab. 5.1: Auswirkungen der Pastenkomponenteneigenschaften auf die homogenisierte Paste und auf die eingebrannte siebgedruckte Schicht.

Anhang 5.1 Tabelle 2a Seite 1 Eigenschaften von Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Keramik

Eigenschaft	Einheit	Internationale Werte	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - Keramik KER 710 TGL 7533/7	WF
Zusammensetzung	%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 92 % 96 %	Korund	99,5 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 0,06 SiO <sub>2</sub> < 0,001 CaO < 0,01 Alkalien
Sinterempertur	°C			1300
Rohdichte	kg/dm <sup>3</sup>	3,9	3,7 - 3,9	3,68
Elastizitätsmodul	GPa	300 - 350	280 - 350	380
Leckrate	Pa m <sup>3</sup> /g			
Lineare Wärmeausdehnung	10 <sup>-6</sup> /K	20-100 5,5 20-600 7,7 20-1000 8,5	0... 100°C: 2,8-3,8 20... 600°C: 7 - 8 20... 1000°C: 7,5-8,5	20... 300°C 6,6 20... 500°C 7,3 20... 700°C 7,8

2

Wärmeleitfähigkeit	$\frac{W}{m \cdot K}$	10 - 35	10,4 - 15,1	33,5
Spez. Wärme	$\frac{I}{kg \cdot K}$		754 - 964	
Elektr. Widerstand	$\Omega \cdot cm$	$> 10^{14}$ bei 20 °C	b. 400 °C $10^{10} - 10^{12}$	
Relative Dielektrizitätskonstante bei 20 °C		6,5 - 9,3	1 MHz: 10 - 12	10 GHz: 9,8
Dielektrischer Verlustfaktor	$10^{-4}$		1 MHz: 5 - 10	10 GHz: < 2
Biegefestigkeit $\sigma_{bb}$	MPa	250 - 240	200	$\geq 320$

Anhang 5.1 Tabelle 2 b Seite 1 Eigenschaften von Forsterit-Keramik

Eigenschaft	Einheit	Bereich intern. Werte	Forsterit - Keramik KER 250 TGL 7838/03	WF
Zusammensetzung	%	34 - 45 SiO <sub>2</sub> 44 - 55 MgO 2 - 20 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 6,4 - 7,8 BaO < 0,6 CaO < 0,3 Alkalien	Forsterit 42,1 SiO <sub>2</sub> 47,8 MgO 4,9 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 4,3 BaO 0,6 CaO < 0,3 Alkalien	
Sintertemperatur	°C	1350 - 1585		1300 - 1375
Rohdichte	$\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$	2,8 - 3,0	2,6 - 2,8	
Biegefestigkeit 5 bb	MPa	110 - 170	160	130

<p>Elektrizitätsmodul</p>	Gpa		110 - 130	
<p>Leckrate</p>	$\frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{s}}$			$1,3 \cdot 10^{-10}$
<p>Lineare Wärmeausdehnung</p>	$10^{-6} \text{K}^{-1}$	<p>0... 100°C 7,3-10,5</p> <p>0... 1000°C 9,7-10,9</p>	<p>0... 100°C 8,5-9,5</p> <p>20... 600°C 9 - 10</p> <p>20... 1000°C 9 - 10</p>	<p>8,8</p> <p>8,8</p> <p>10,6</p>
<p>Wärmeleitfähigkeit</p>	$\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$	3,35 - 5,03	2,3 - 4,64	4,2
<p>Spez. Wärme</p>	$\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$		796 - 922	
<p>Elektr. Widerstand</p>	$\Omega \cdot \text{cm}$	b. 300°C $2,5 \cdot 10^{11}$	b. 400°C $10^{13} - 10^{14}$	
<p>Relative Dielektrizitätskonstante bei 20°C</p>		<p>1 MHz: 6 - 7</p> <p>10 GHz: 5,7 - 6,3</p>	1 MHz: 7,5	10 GHz: 6,4
<p>Dielektrischer Verlustfaktor</p>	$10^{-4}$	<p>1 MHz: 1 - 16</p> <p>10 GHz: 5,5 - 10</p>	1 MHz: 4 - 8	10 GHz: 6

Aufkommen	TGM-Typ	Stück	Termin		Bemerkung
			Geford.	Realisierung Lieferung	
SW	Siebdruckmaschine	1	1987		
	Hiki UVR	2	1988		
Eigen- leistung	Doppeldurchlaufofen	1	1988		
	Keramikspritzauto- mat KS 5	1	1988	06/89	NVE 87/057
	Komplett. Hiki	1	1987	06/88	
		2			10 Monate nach Lieferung
T	Durchlaufreinigungs- anlage für aggressive Medien	1	1988		nicht eingeord- net
	Steuereinheit für WSU 200	1		12/87	AME
		1	1987	01/88	TGM
		3			TGM nicht einge- ordnet
	Spitzenmeßplatz	1	1987	11/87	AME
	Mo-Einbrennaggre- gat mit Gasreini- gung	1	1988		nicht eingeord- net

Anhang 5.1.: Tabelle 3 Seite 1

Aufstellung der Ausrüstungen für Keramikzentrum im  
VEB WFB

Aufkommen	TGM-Typ	Stück	Termin		Bemerkung
			geford.	Realisierung Lieferung	
	Staubarme Arbeitskabine	1	1987		
Inland	Meßmikroskop BK 70 x 50/I	1	1987		
	Binokular "Technival"	6	1987		
	Auflichtmikroskop "Jenavert HD"	1	1987		
	Kamera TPK 1010	4	1987		
	Fernbildschreiber	4	1987		
	Kammerofen	1	1987		
	Pyrovar MPH	2	1987		Dringlichkeitsnachweis
	Rheotest mit Kegelpl.-Einrichtung	2	1987	10.03.87	
	Wärmeschrank WSU 200	4	1987		
	Zerreißmaschine "Tiratest"	1	1987	1988/89	Dringlichkeitsnachweis
	Laminarbox 1446 GVGL	1	1987	06/87	
	Abzugsschrank	4	1987		
	Klimatruhe KST 063	1	1987		

Anhang: Tabelle 3 Seite 2

Aufstellung der Ausrüstungen für Keramikzentrum im VEB WFB

## Anhang

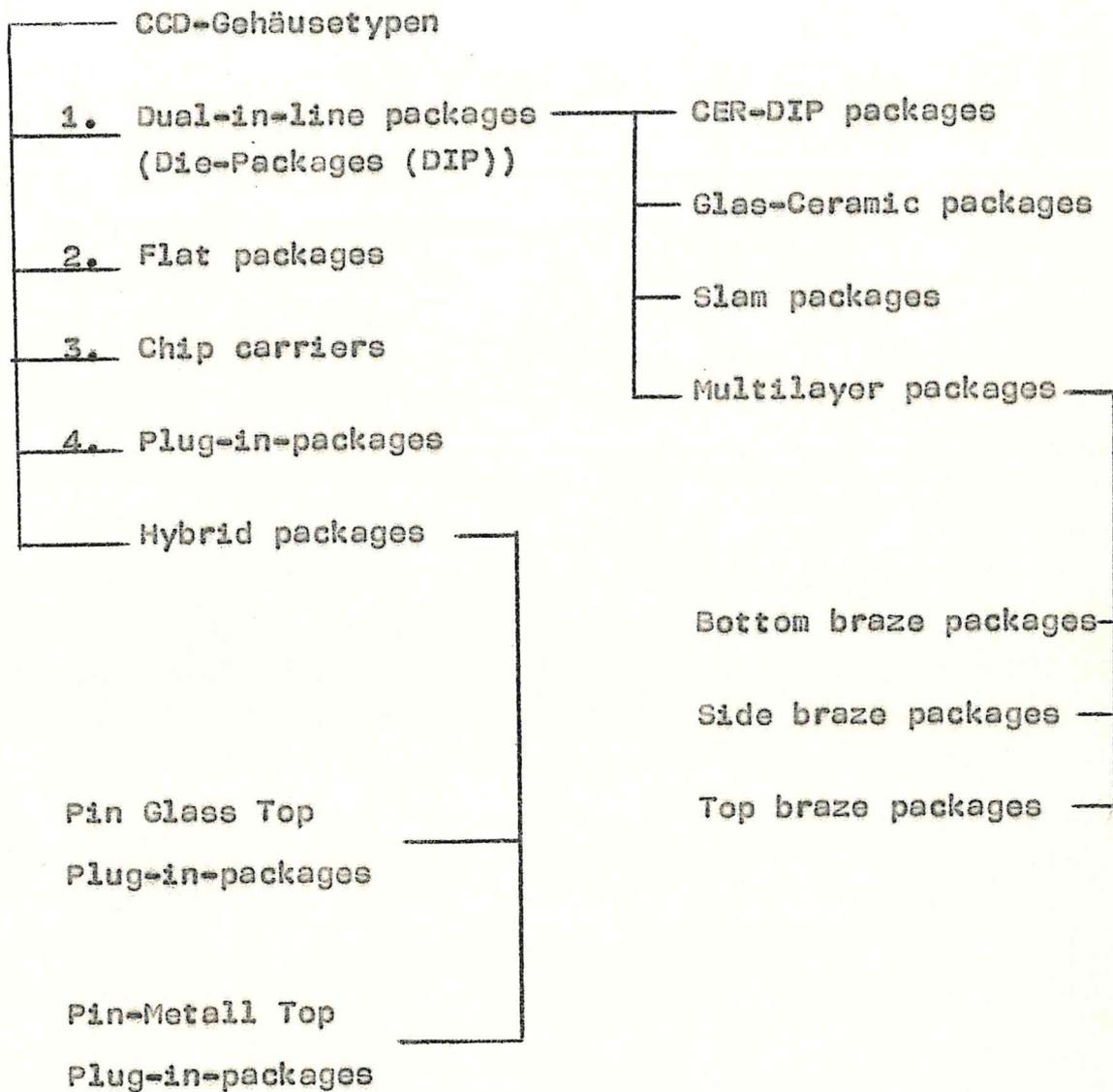
### 5.2. "Untersuchungen zu kostengünstigen Varianten von CCD-Keramikgehäusen"

#### Inhaltsverzeichnis

- 5.2.1. Vergleich konstruktiver Varianten von CCD-Gehäusen
  - 5.2.1.1. Recherche der Patent- und Fachliteratur
  - 5.2.1.2. Beschreibung von Gehäusevarianten
  - 5.2.1.3. Vergleich der in der DDR und international verwendeten Gehäusematerialien
- 5.2.2. Vergleich der Technologievarianten zur Herstellung von CCD-Gehäusen
  - 5.2.2.1. Internationale technologische Varianten
  - 5.2.2.2. In der DDR angewendete technologische Varianten
- 5.2.3. Vorschläge zu einem billigeren Herstellungsverfahren für CCD-Gehäuse im WF
  - 5.2.3.1. Änderungen, die ohne großen Aufwand durchgeführt werden können
  - 5.2.3.2. Änderungen, die mit größerem Aufwand möglich wären, aber noch näherer Untersuchungen bedarf
  - 5.2.3.3. Konstruktive Änderungen
- 5.2.4. Literaturnachweis

5.2.1. Vergleich konstruktiver Varianten von CCD-Gehäusen

5.2.1.1. Recherche der Patent- und Fachliteratur



## 5.2.1.2. Beschreibung von Gehäusevarianten

### 1. Dual-in-Line-packages (DIL - Gehäuse)

#### - CER - DIP - Gehäuse

Die Gehäuse bestehen aus Boden und Deckel. Beim Verschließen wird der Anschlußrahmen (d.h. Anschlußpins und Leiterbahnen in einem Metallrahmen) zwischen den beiden Keramikteilen eingeglast und parallel zueinander um  $90^\circ$  abgewinkelt.

#### - Glas - Keramik - Gehäuse

Die Gehäuse ähneln dem Aufbau der CER - DIP - Gehäuse.

Zwischen dem Grundsubstrat mit vertiefter Chip-Fläche und einem Deckelsubstrat mit einem Durchbruch sind die Anschlußrahmen (d.h. Anschlußpins und Leiterbahnen) mit einem niedrigschmelzendem Glas eingeglast. Das Deckelsubstrat ist mit einem Verschlüßring versehen, um diese Gehäuse mit einem Metallring verschließen zu können. Dadurch ist der Chip nicht der hohen Temperaturbeanspruchung, wie beim Verschluß der CER - DIP - Gehäuse, ausgesetzt.

#### - Einschichtgehäuse

Das Gehäuse besteht aus einem Grundsubstrat, auf dem Leiterbahnen aufgedruckt sind. Zum Schutz gegen Verschmutzung und sonstigen Umwelteinflüssen können die Leiterbahnen mit einer dünnen Isolierschicht, die aus dem gleichen Material wie das Grundsubstrat (z. B.  $Al_2O_3$ ) besteht, abgedeckt sein. Grundsubstrat, Leiterbahn und Deckschicht wurden durch Sinterung miteinander

der verbunden. Die Anschlüsse, die aus Kovar oder Vacon bestehen, sind seitlich am Gehäuse hart angelötet.

Die Anschlüsse und Leiterbahnen sind mit einer Goldschicht versehen. Bei diesen Gehäusen wird das Chip vorzugsweise aufgeklebt. Der Verschluss erfolgt durch das Aufkleben eines Keramik- bzw. Plastdeckels. Die Gehäuse können auch mit vertiefter und vergoldeter Chip-Fläche sowie mit einem metallisiertem vergoldetem Verschlussring versehen sein.

#### - Mehrschichtgehäuse

Der Aufbau dieser Gehäuse gleicht im wesentlichen dem der Einschichtgehäuse.

Sie bestehen aus mehreren Schichten keramischer Folie, die je nach Art in verschiedenen Ebenen mit Leiterbahnen bedruckt sind.

Die Schichten sind zu einem monolithischem Block verbunden, d. h. hermetisch dicht zusammengesintert. Die Anschlüsse, die aus Kovar oder Vacon bestehen können seitlich, auf der Gehäuseoberseite oder auf der Gehäuseunterseite hart angelötet sein.

Alle Metallteile und Leiterbahnen sowie die Chip-Fläche sind mit einer Goldschicht versehen.

Der Verschluss erfolgt mittels Deckelteil.

## 2. Flat packages

Diese Gehäuse ähneln im Aufbau den Dual-in-line-Gehäusen. Der Unterschied besteht in der Anordnung der Anschlüsse. Sie können gleichmäßig auf alle 4 Seiten oder auf 2 Seiten des Gehäuses verteilt sein.

## 3. Chip carriers

Der Chip carrier kann als Mittelteil des Dual-in-line-Gehäuses angesehen werden. Er besteht aus einer oder mehreren Schichten keramischer Folie, die je nach Art in verschiedenen Ebenen mit Leiterbahnen bedruckt sind und auf allen 4 Seiten des Gehäuses verteilt sind. Die Schichten sind hermetisch dicht zusammengesintert. Der Anschluß dieser Gehäuse erfolgt ohne Anschlußpins. Die Leiterbahnen und die Chip-Fläche sind mit einer Goldschicht versehen. Der Verschluß erfolgt durch ein Deckelteil.

Die keramischen Einschlacht - Chip carrier, bei denen auf der Vorderseite ein Rahmen aufgesetzt ist, sind eine besonders preisgünstige und zuverlässige Gehäusevariante. Sie können ebenfalls hermetisch dicht verschlossen werden und besitzen hohe mechanische Festigkeit, hervorragende Temperaturwechselbeständigkeit, gute Wärmeleitfähigkeit, gutes elektrisches Isolationsvermögen und niedrige Widerstandswerte der Leiterbahnen. [4]

## 4. Plug - in - packages

Plug - in - packages sind Gehäuse mit Stiftdurchführungen. Man unterscheidet dabei Gehäuse, deren Stifte mit einem Glaslot eingeglast sind oder Gehäuse bei denen die Stifte mit Hilfe eines metallischen Lotes eingelötet sind. Bei diesen Gehäusen dienen die Stifte auf der Oberseite des Trägerkörpers als bondfähige Leiterzüge und an der Unterseite als Anschlußpins. Man unterscheidet heute hauptsäch-

lich 3 Gehäusetypen, die für die Verkapselung von Halbleiterbauelementen verwendet werden:

Dies sind die Dual - in - line Gehäuse, die Chip carrier und die Pin - Grid - Gehäuse.

Die Dual - in - line Gehäuse können 18, 24, 48 oder 64 Anschlüsse haben, die in zwei Reihen mit dem Raster 2,54 mm angeordnet sind. Diese Gehäuse werden aber bei mehr als 48 Anschlüssen unhandlich und benötigen die größte Leiterplattenfläche pro Pinzahl.

Bei den Chip carriers sind die Anschlüsse auf allen 4 Seiten im Raster 1,27 mm angeordnet. Da die Fläche der Gehäuse mit dem Quadrat der Zahl der Anschlüsse zunimmt, werden sie bei mehr als 100 Anschlüssen unhandlich. Nachteilig für diese Gehäuse ist, daß die Fläche der Leiterplatte unter dem Gehäuse wegen des engen Anschlußrasters von 1,27 mm nicht für Verbindungsleitungen genutzt werden kann.

Bei den Pin - grid - Gehäusen sind die Anschlüsse in Form von sehr stabilen Anschlußstiften in einem zweidimensionalen Raster von 2,54 mm angeordnet. Die Gehäusefläche ist proportional der Anschlußzahl. Bei hohen Anschlußzahlen sind diese Gehäuse die technisch günstigste Lösungsvariante. Der Vorteil von diesen Gehäusen ist, daß die Leiterplattenfläche unter dem Gehäuse voll für Verbindungsleitungen ausgenutzt werden kann. Für hohe Pinzahlen benötigen die Pin - grid - Gehäuse die kleinste Leiterplattenfläche. Außerdem fangen die Anschlußstifte Längenänderungen auf ohne das dadurch unzulässig hohe mechanische Spannungen entstehen. Der wesentliche Nachteil dieser Gehäuse ist der hohe Preis.

Der zukünftige Trend geht international dahin, keramische Gehäuse zu erweitern, um die Aufnahme von mehreren Chips zu ermöglichen. Um solche Lösungen kostengünstig zu machen ist es notwendig, ein reparaturfähiges Verbindungssystem mit hoher Leitungsdichte auf dem Substrat wirtschaftlich herzustellen. Das bedeutet z. B., das die Chips auf dem Substrat ohne großen Aufwand und ohne Beeinträchtigung der Zuverlässigkeit auswechselbar sind.

Es ist zu erwarten, daß die Verwendung von Keramiksubstraten

mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit und der Einsatz von Vielschicht-Verbindungssystemen unter Verwendung von Isoliermaterialien mit einer niedrigen Dielektrizitätskonstante in Zukunft dazu beitragen wird, eine Verkapselungstechnik mit guten elektrischen Eigenschaften, mit hoher Zuverlässigkeit und niedrigen Kosten zu entwickeln.

[ 3 ]

### 5.2.1.3. Vergleich der in der DDR un international verwendeten Gehäusematerialien

Das derzeit wichtigste Material, welches international für die Herstellung der Gehäuse von Halbleiterschaltkreisen verwendet wird, ist  $Al_2O_3$  - Keramik. Daneben würde sich auch  $BeO$  - Keramik mit seiner hohen Wärmeleitfähigkeit für die Verkapselung von Schaltkreisen eignen. Dieses Material wird aber wegen seiner Giftigkeit kaum eingesetzt.

Aus der Literatur geht hervor, daß neuerdings auch Keramikmaterialien auf der Basis von Aluminiumnitrid (ALN) entwickelt worden sind. Diese haben einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten ähnlich wie Silizium und eine 5 x höhere Wärmeleitfähigkeit als  $Al_2O_3$ . Aluminiumnitrid hat einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten, der im Temperaturbereich von 20 bis 200 °C dem von  $SiO_2$  ausgeglichen ist. Bis heute wurde ALN als Substrat in der Elektronik und Halbleiterindustrie wegen der hohen Herstellungskosten und der Restporosität des Materials nicht verwendet. Es kann heute noch nicht gesagt werden, ob sich diese Materialien bei Gehäusen für integrierte Schaltungen durchsetzen werden. [ 6 ]

Tabelle 1

Einige Eigenschaften der wichtigsten in der DDR und international verwendeten Gehäusematerialien

	DDR	international	
	MgO - SiO <sub>2</sub> (Forsterit- keramik)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Aluminium- oxidkeramik)	ALN (Aluminiumnitrid- keramik)
Biegefestigkeit N/mm <sup>2</sup>	130 - 160	240 - 250	280 - 350
Wärmeleitfähigkeit W/ m · K	4,2	10 - 35	110 - 170
thermischer Aus- dehnungskoeffi- zient 10 <sup>-6</sup> · K <sup>-1</sup>	8,8 - 10,6	5,50	2,65
Härte Mohs	-	9	8
Dichte g/cm <sup>3</sup>	-	3,9	3,26
Farbe	weiß	dunkelviolet	grau
Brenntemperatur °C	ca. 1300	ca. 1700	-

[6]

Die Vorteile des im Hause verwendeten Keramikmaterials gegenüber den internationalen Materialien sind in der niedrigeren Brenntemperatur und der Verwendung einheimischer Rohstoffe wie MgO (als Nebenprodukt der Kaliindustrie) und SiO<sub>2</sub> zu sehen, wodurch

Energie- und Rohstoffimportkosten gespart werden. Durch die Verwendung der weißen Forsteritkeramik werden Änderungen bestimmter Keramikeigenschaften, zum Beispiel Wärmeleitfähigkeit oder thermischer Ausdehnungskoeffizient, wie sie beim Einfärben des Keramikmaterials auftreten können, vermieden.

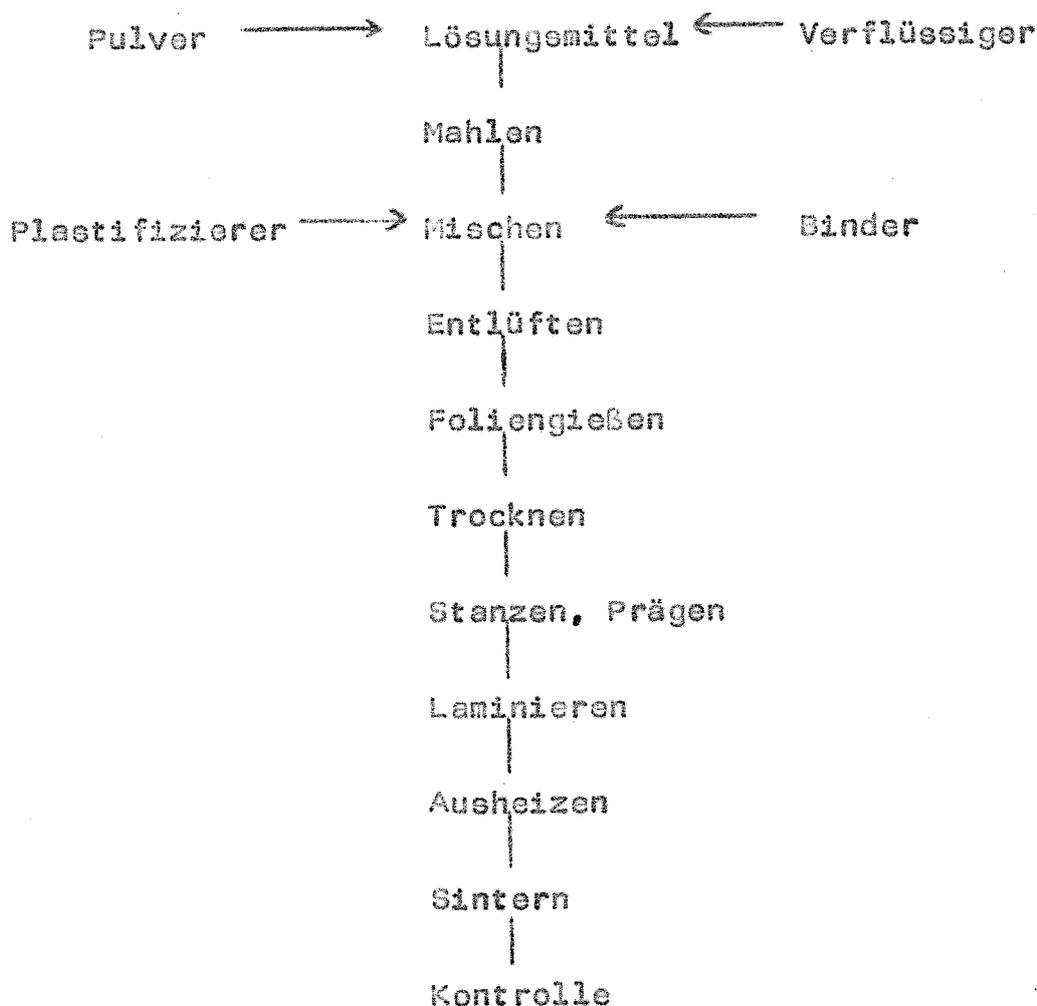
#### 5.2.2. Vergleich der Technologievarianten zur Herstellung von CCD-Gehäusen:

##### 5.2.2.1. Internationale technologische Varianten

International werden zwei Verfahren bei der Herstellung von Gehäusen für integrierte Halbleiterschaltkreise angewendet. Dies sind einmal die Herstellung von Mehrlagengehäusen mit Hilfe des Foliengießverfahrens und zum anderen die Herstellung von Gehäusen aus bereits dicht gesinteter Keramik.

Das Foliengießverfahren ist ein Verfahren zur Herstellung großflächiger, dünner Folien mit einer Dicke zwischen 0,2 und 1,5 mm und wird international vorrangig angewendet. Das dabei am häufigsten verwendete Keramikpulver ist  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Es wird mit organischen Bindemitteln unter Zuhilfenahme von Lösungsmitteln angeteigt und auf einem Gießband zu Endlosfolien gegossen (Doctor-blading). Anschließend wird die  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Folie getrocknet und zu größeren Substraten geschnitten. In diese werden Löcher für die Positionierung und Durchkontaktierung eingebracht. Danach werden die Substratfolien mittels Siebdruck metallisiert und in richtiger Reihenfolge in mehreren Lagen übereinander gestapelt. Unter Einwirkung von Druck und erhöhter Temperatur werden diese Substratfolienstapel laminiert. Anschließend werden sie vereinzelt. Die Sinterung erfolgt in feuchter  $\text{H}_2$ -Atmosphäre bei einer Temperatur von  $1500^\circ\text{C}$ . Nach der Vernickelung der Gehäuse erfolgt das Hartlöten der Anschlüsse am Gehäuseboden mittels Silber-Kupfer-Lot oder Silberlot. Anschließend werden alle metallischen Teile galvanisch vernickelt und vergoldet.

## Verfahrensschema für Foliengießprozeß:



Bei der Herstellung von Gehäusen aus bereits dichtgesinterteter Keramik (Einlagentechnologie) werden die Substrate vorher gepreßt oder gespritzt und dann gesintert. Danach werden sie mit Mo-Mn-Paste metallisiert. Die anschließende Nacheinterung der Keramik erfolgt zwischen 1350 und 1500 °C, bei der die Metallisierung eingesintert wird.

Der Unterschied zwischen beiden Verfahren besteht darin, daß bei der Herstellung von Mehrlagengehäusen die Sinterung der Keramik bezüglich der Verdichtung optimiert ist. Bei den Gehäusen aus bereits dichtgesinterteter Keramik wird dagegen die Haftfestigkeit der Metallisierung auf die Keramik optimiert. Die gesinterte Mo-Mn-Metallisierung besitzt aber eine sehr rauhe Oberfläche, die normalerweise eine zweite Sinterung nach der Erstvernickelung erforderlich macht, um eine gute

Haftfestigkeit zu gewährleisten,

Die übrigen Verfahrensschritte entsprechen denen der ersten Herstellungsvariante.

Für die Fertigstellung von Gehäusen werden oft die Anschlüsse aus Kupfer statt aus Kovar verwendet, wegen seiner hohen Wärmeleitfähigkeit. Das bedeutet aber einen Kompromiß zwischen der mechanischen Stabilität, den Kosten der Gehäuse und der Zuverlässigkeit und den Eigenschaften der Bauelemente. Nachteilig für Gehäuse mit Kupferanschlüssen sind der niedrige Wärmewiderstand und der große Unterschied im Temperaturexpansionskoeffizienten von Keramik und Kupfer. Neben Kovaranschlüssen werden bei der Gehäuseherstellung auch Anschlüsse aus Alloy 42 verwendet. [1]

#### 5.2.2.2. In der DDR angewendete technologische Varianten

In der DDR werden zur Zeit zwei Verfahren bei der Herstellung von MK-Gehäusen angewendet. Dies sind das Spritzgießverfahren, welches im WFB und im KKWH praktiziert wird und das Folien-gießverfahren, das nur im KKWH angewendet wird. Bei dem Spritzgießverfahren im WFB wird aus aufbereitetem Forsteritpulver und Paraffin-Bienenwachs-Zusätzen eine Spritzmasse hergestellt. Nach dem Spritzen der Rohteile werden die organischen Zusätze unter Stickstoffspülung im 8 Stunden - Temperaturprogramm bei 250 °C ausgeheizt. Anschließend erfolgt die Sinterung bei ca. 1330 - 1350 °C je nach Spritzmasseansatz.

Da die Gehäuseteile im dichtgebrannten Zustand rampig und durchgebogen sind, müssen sie geschliffen und poliert werden, um die für den nachfolgenden Metallisierungsprozeß erforderliche Oberflächenqualität zu gewährleisten.

Das Aufbringen der Leiterbahnen und die Metallisierung für das Anlöten der Anschlußpins erfolgt mittels Siebdruck.

Anschließend wird die Metallisierung bei 1280 - 1330 °C in reduzierender Atmosphäre eingesintert. Nach dem Aufbringen einer 2. Metallisierung, die als Flußmittel beim Löten fungiert, werden die Gehäuseteile montiert und bei ca. 1000 °C in reduzierender Atmosphäre gelötet.

(Vergleich von Verfahren / Tabelle 2)



Technologie

1. Spritzmassenaufbereitung
2. Wärmespritzen
3. Ausheizen
4. Sintern
5. Schleifen, Polieren
6. Metallisieren (Siebdruck)
7. Versenkmattalisieren (von Hand)
8. Sintern der Metallisier- rung (reduz. Atmosphäre)
9. Vernickeln
10. Montieren (der Anschlüsse)
11. Hartlöten der Anschlüsse
12. Plattieren (Vernickeln, Vergolden)

Entwicklung einer Technologie zur Gehäuseherstellung erfolgt zur Zeit im Rahmen eines A - Themas  
Abschluß A4 vorgesehen 11/87

1. Aufbereitung der Glasmasse
2. Foliengießen
3. Trocknen der Folie
4. Schneiden der Substrate
5. Metallisieren (Siebdruck)
6. Stapeln der Substrate
7. Laminiieren
8. Vereinzeln
9. Sintern (feuchte H<sub>2</sub> - Atmosphäre)
10. Vernickeln
11. Hartlöten der Anschlüsse
12. Plattieren (Vernickeln, Vergolden)

Metallisierung

- Molybdän - Struktur, Rückseite (Hauptmetallisierung)  
Nickeloxid - Seite, Rückseite (Nachmetallisierung)

- Wolfram - Struktur (Leiterbahnmatt- lisierung)  
Molybdän- Seite, Rückseite (Anschlußmetall.)  
Nickel - Nachmetallisierung

Plattierung

Gold auf Untervernickelung

Gold auf Untervernickelung

Lot

Silberlot

Eutektikumlot,  
Silberlot

### 5.2.3. Vorschläge zu einem billigeren Herstellungsverfahren für CCD - Gehäuse im WF

#### 5.2.3.1. Änderungen, die ohne großen Aufwand durchgeführt werden können

Um die Herstellung von Gehäusen für optoelektronische Bauelemente effektiver und somit kostengünstiger zu gestalten, gibt es für die im Haus angewendete Technologie nur die Möglichkeit Arbeitsgänge einzusparen bzw. zu rationalisieren, da weitestgehend von den vorhandenen Materialien und Ausrüstungen ausgegangen werden muß.

Es besteht z. B. die Möglichkeit bei der Keramikteilbearbeitung den Arbeitsgang "Polieren" teilweise einzusparen. Das heißt, die Keramikteile werden auf der Vorder- und Rückseite geschliffen und nur noch auf der Rückseite poliert. Die Untersuchung hat ergeben, daß die teilweise Einsparung des Arbeitsganges keinen nachteiligen Einfluß auf die nachfolgenden Arbeitsschritte ausübt. Es wird eingeschätzt, daß sich dadurch eine Arbeitszeit- und Grundlohneinsparung von jeweils 50 % ergibt.

Auf Grund der Ablösung von NSW-Ausrüstungen ist das WFB gezwungen, eine Änderung der Technologie beim Arbeitsgang "Metallisierung", d. h. speziell beim Siebdrucken vorzunehmen. Sie besteht darin, den Einfachdruck (auf dem "Zeico electronic" - Siebdrucker) durch den Mehrfachdruck (auf dem "Hikki" - Siebdrucker) zu ersetzen, in dem statt 1 Stück Gehäuseteil gleich 4 bis 10 Stück Gehäuseteile in einem Druckvorgang metallisiert werden.

Durch diese Änderung ist eine Erhöhung der Kapazität beim Siebdrucken möglich. Es wird eingeschätzt, daß sich daraus eine Arbeitszeit- und Grundlohneinsparung von jeweils 40 % ergibt.

Eine weitere Änderung der Technologie ist beim Arbeitsgang Versenkmetallisierung vorgesehen. Das umständliche und zeitaufwendige Aufbringen der Metallisierungspaste auf das Gehäuseversenk mit dem Pinsel soll durch den Tampondruck ersetzt werden. Dadurch ist auch hier eine Erhöhung der Kapazität möglich. Die Tampondruckeinrichtung wird von Hand bedient und soll eine schnelle und gleichmäßige Versenkmetallisierung gewährleisten. Bei steigenden Bedarfszahlen für Gehäuse ist jederzeit die Automatisierung der Tampondruckeinrichtung möglich. Nach Schätzungen ergibt sich bei diesem Verfahren eine Arbeitszeit- und Grundlohneinsparung von ca. 30 %. Mit der verbesserten Technologie für die Herstellung von Gehäusen ergibt sich somit für den Gesamtprozeß je nach Gehäusotyp eine Arbeitszeiteinsparung von 12 bis 15 % und eine Grundlohneinsparung von 14 - 16 %. (Für die Einschätzung der Arbeitszeit und des Grundlohnes wurde die APSK L 110C und L 133C herangezogen). (Vergleich zwischen bisheriger und verbesserter Gehäusetechnologie ↗ Tab. 3).

Eine grundlegende und kurzfristige Änderung der Technologie zur Gehäuseherstellung ist im Haus nicht möglich, da dies die Kosten für WF-Gehäuse erheblich erhöhen würde. Der Grund dafür sind fehlende Ausrüstungen und Technologien.

#### 5.2.3.2. Änderungen, die mit größerem Aufwand möglich wären, aber noch näherer Untersuchungen bedürfen

Um billige CCD-Gehäuse herzustellen, muß auch ein Material verwendet werden, daß billig ist. Das dafür im Haus verwendete Forsteritpulver ist ein billiger Werkstoff, aus dem Gehäuse aber nur dann billig hergestellt werden, wenn die Technologie dem Werkstoff angepaßt ist.

##### 1. Einsparung des Arbeitsganges "Schleifen":

Durch eine Brenntechnologie, bei der ebene und maßgerechte Keramikteile mit einer niedrigen Oberflächenrauigkeit entstehen, kann z. B. der Arbeitsgang "Schleifen" eingespart werden. Dadurch würde eine Arbeitszeit- und Grundlohneinsparung erfolgen.

## 2. Metallisierung der Gehäuseteile im "grünen" (ausgeheizten) Zustand:

Die Realisierung dieser Technologie kann nur unter bestimmten Bedingungen erfolgen. Die Metallisierung der Keramikteile und der Verschluß der Gehäuseteile muß dem veränderten Zustand der Rohteile angepaßt sein. Würde man den Arbeitsgang "Sinterung der Keramik" nur weglassen und die Teile im bisher ausgeheizten Zustand metallisieren und einbrennen, dann würde der im Keramikrohteil noch verbliebene Rest an Bindemittel beim Metallisierungseinbrand unter reduzierender Atmosphäre verkoken und somit die elektrischen Eigenschaften der Keramikteile verschlechtern.

Über eine Zwischenstufe, dem Verglühen der Keramikrohteile bei 1000 °C, würde diese Verunreinigung der Teile vermieden werden. Die nachfolgende Metallisierung der Gehäuseteile müßte dann mit einem in der Schmelzphase angepaßten Metallisierungssystem erfolgen, wodurch die Haftfestigkeit der Metallisierung auf der Keramik gewährleistet werden soll. Dazu ist jedoch eine Pastenentwicklung erforderlich. Die so metallisierten Gehäuseteile könnten dann bei entsprechender Magazinierung und Lagerung im Schutzgassinteraggregat gesintert werden.

Der Vorteil von dieser veränderten Technologievariante wäre eine Erhöhung der Kapazität.

## 3. Verwendung neuer Leiterpasten mit niedriger Einbrenntemperatur:

Die derzeit verwendete Paste für Leiterbahnstrukturen erfordert eine sehr hohe Einbrenntemperatur (1280 - 1330 °C). Da diese Temperaturen an die der Keramiktteilsinterung heranreichen, entsteht Ausfall. Durch eine Verringerung der Einbrenntemperaturen für die Leiterpaste kann der Ausfall gesenkt und somit die Ausbeute gesteigert werden.

Tabelle 3

Vergleich zwischen der bisherigen und der verbesserten Technologie zur Gehäuseherstellung im WF

Technologische Arbeitsschritte	Bemerkungen zur bisher verwendeten Technologie	Material	Bemerkungen zur verbesserten Technologie
1. Spritzmassenaufbereitung		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aluma-F-Sinterforsterit</li> <li>- Paraffin, Bienenwachs</li> </ul>	
2. Warmspritzen der Keramikformteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Keramikspritzeinrichtung KSE 2</li> </ul>	Aluma-F-Spritzmasse	Keramikspritzautomat KS 5
3. Ausheizen der Keramikformteile	Ausdampfstrecke		
4. Sintern der Keramikformteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plattendurchschubofen</li> <li>ca. 1335 - 1350 °C</li> </ul>		
5. Prüfung Maß und Dichte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Meßschieber</li> <li>- Dichteprüfung in Eosin</li> </ul>	Eosin	
6. Schleifen und Polieren (Läppen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorschleifen von Hand</li> <li>- Meßschleifen von Hand</li> <li>- Polieren beidseitig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SiC F6, F8</li> <li>- SiC F800/7</li> <li>- Cer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- maschinelles Schleifen</li> <li>- Polieren einseitig</li> </ul>
7. Keramikteilreinigung	ET <sub>1</sub> 3 - Handbetrieb	Chromschwefelsäure	Durchlaufreinigungsanlage für aggressive Medien
8. Glühen	Kammerofen bei 1000 °C		
9. Metallisierung - Mo -	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kontinuierl. Bestückung des "Zeico elektronik Siebdruckers"</li> <li>- Einfachdruck (4-mal)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mo-Siebdruckpaste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- diskontinuierliche Bestückung des "Hikki-Siebdruckers"</li> <li>- Mehrfachdruck</li> <li>-(4-mal)</li> </ul>

10. Versenkmetallisierung - Handarbeit mit Pinsel - Mo-Siebdruckpaste - Tampondruck Einzelteilbearbeitung diskontinuierl. Bestückung der Druckeinrichtung vollständige Automatisierung bei steigenden Bedarfswerten ist möglich
- 
11. Sinterung der Metallisierung - Schutzgasedurchlauf-Ofen ca. 1300 - 1320 °C
- 
12. Bestimmung der Güte der Metallisierung - Ritztest mit Reibnadel
- 
13. Metallisierung -NiO- - kontinuierliche Bestückung des "Zeico elektronik Siebdruckers" - NiO-Siebdruckpaste - diskontinuierliche Bestückung der "Hikki-Siebdruckmaschine" - Einfachdruck (3-mal) - Mehrfachdruck (3-mal)
- 
14. Sichtkontrolle
- 
15. Montage - Einzelteilmontage - Ag-Lot - Anschlußsetreifen aus FeNi48-vern.
- 
16. - Silberlötung °C ca. 980-1000 H<sub>2</sub> - Durchlaufofen
- 
17. Baugruppenprüfung - Sichtkontrolle

### 5.2.3.3. Konstruktive Änderungen

Durch die Änderung der Konstruktion können ebenfalls Kosten und Arbeitszeit bei der Herstellung von Gehäusen eingespart werden. Ein Beispiel dafür ist die Einsparung der Seiten- und Rückseitenmetallisierung der Keramikteile durch das Lötens der Trägerstreifen auf der Strukturseite der Gehäuse. Die Trägerstreifen müssen anschließend umgebogen werden. Der Verschluß dieser Gehäusevariante könnte mit Keramikdeckel und Glasscheibe erfolgen, die in der Breite verringert sind, oder durch das Aufbringen einer Deckelschicht, in die Abstandshalter eingebracht worden sind. Eine Einsparung von Kosten und Arbeitszeit könnte auch durch das Aufbringen der Seiten- und Rückseitenmetallisierung in einem Arbeitsgang erfolgen, indem man dafür das Tampondruckverfahren anwendet. Die Keramikteile müssen dazu auf der Rückseite angefast sein.

Die beste Lösung für ein kostengünstiges Gehäuse wäre die Herstellung eines Pin - freien Gehäuses, dem Einlagen - Chips - carrier aus Forsterit mit einer dazugehörigen Fassung. Die Realisierung eines solchen Chip carriers würde nach der im Haus angewendeten Technologie erfolgen. Der Grundkörper wird gespritzt und dichtgebrannt und mit einer edelmetallhaltigen Siebdruckpaste metallisiert. Dieser Einschicht - Chip carrier hat gegenüber den bisher im Haus verwendeten Gehäusen für CCD-Bauelemente einige wesentliche Vorteile, die sich kostengünstig auf den Herstellungsprozeß auswirken.

1. Einsparung der Rückseitenmetallisierung
2. Probleme auf Grund der Anschlußpins entfallen  
(Anschlußmaterial, Lot, Festigkeit d. Anschlußpins)
3. Ersatz des Hartlötens durch das Weichlöten
4. Einsparung der Galvanisierung (Vernickelung, Vergoldung)

5. US - Bonden

6. Verschluß über Epoxydharz

Der Nachteil dieses Gehäuses besteht darin, daß es nur mit einer dazugehörigen Fassung verwendbar ist.

5.2.4. Literaturverzeichnis

- / 1/ J. Heinrich, Selb : Foliengießen oxidischer und nichtoxidischer keram. Pulver  
Keram. Zeitschrift, 38. Jahrg.,  
Nr. 2, 1986
- / 2/ B. Schwartz : Microelectronics Packaging: II  
Vol. 63, Nr. 4 (1984),  
S. 577 - 581
- / 3/ M. Hundt, P. Fosco : Packaging deserves more atten-  
tion  
Microwave System News, Boston  
(1977) 6, S. 73 - 78
- / 4/ Selb : Keramische Einschicht - Chip  
Carrier  
Prospekt, Hoechst Ceramtec, 198
- / 5/ H. Reiner : Verkapselung von VLSI-Schal-  
tungen  
Elektrisches Nachrichtenwesen,  
Bd. 98, Nr. 4, 1984 S. 440-446
- / 6/ W. Werdecker, : Aluminium Nitride - Au Alter-  
F. Aldinger : native Ceramic Substrate for  
High Power Applications in  
Microcircuits  
IEEE Transactions on Compo-  
nents, Hybride and Manufac-  
turing Technology,  
Vol. CHMT - 7, Nr. 4, Dec. 1984